प्राविधिक शिक्षा परिषद्, उत्तर प्रदेश द्वारा स्वीकृत,
नवीन "NSQF" आधारित संशोधित पाठ्यक्रमानुसार

मशीन अभिकल्पन

(MACHINE DESIGN)

[For Third Year, Fifth Semester of Three Year Diploma
Course in Mechanical Engineering]

अंशुल अग्रवाल
प्रवक्ता
डी० एन० पॉलिटैक्निक, मेरठ

✦

एस० अग्रवाल
परामर्शक

2020-2021

AKC TECHNICAL CLASSES

DETAILED CONTENTS

1. Introduction **(08 Periods)**

Design-Definition, Type of design, necessity of design, Comparison of designed and undersigned work, Design procedure, Characteristics of a good designer, Design Terminology : factor of safety, factors affecting factor of safety, stress concentration, methods of reduce stress concentration, fatigue, endurance limit, General design consideration, Codes and Standards (BIS standards), Selection of materials, criteria of material selection, Ergonomics and Aesthetic Consideration in design, Ergonomics of design-main-machine relationship. Design of equipment for control, environment and safety, Aesthetic consideration regarding shape, size, color and surface finish.

2. Design Failure **(08 Periods)**

Theories of failure, Classification of loads, Design under tensile, Compressive and torsional loads.

3. Design of Shaft **(12 Periods)**

Type of shaft, shaft materials, Type of loading on shaft, standard sizes of shaft available, Shaft subjected to torsion only, determination of shaft diameter (hollow and solid shaft) on the basis of : Strength criterion, Rigidity criterion, Determination of shaft diameter (hollow and solid shaft) subjected to bending, Determination of shaft diameter (hollow and solid shaft) subjected to combined torsion and bending.

4. Design of Key **(08 Periods)**

Types of key, materials of key, functions of key, Failure of key (by Shearing and Crushing), Design of key (Determination of key dimension), Effect of keyway on shaft on shaft strength (Figures and problems).

5. Design of Joints **(02 Periods)**

Types of joints : Temporary and permanent joints, utility of various joints, Temporary joint : Knuckle joints : Different parts of the joints, material used for the joint, type of knuckle joint, design of the knuckle joint (Figures and problems), Cotter joint : Different parts of the spigot and socket joints, design of spigot and socket joint, Permanent joint : Welded joint : Welding symbols, Types of welded joint, strength of parallel and transverse fillet welds, Strength of combined parallel and transverse weld, Riveted joints : Rivet materials, rivet heads, leak proofing of riveted joint caulking and fullering, Different modes of rivet joint failure, Design of riveted joint : Lap and butt, single and multi riveted joint.

6. Design of Flange Coupling **(10 Periods)**

Necessity of a coupling, advantages of a coupling, types of couplings, design of muff coupling, design of flange coupling (Both protected type and unprotected type).

7. Design of Screwed Joints **(12 Periods)**

Introduction, Advantages and Disadvantages of screw joints, location of screw joints, Important terms used in screw threads, designation of screw threads, Initial stresses due to screw up forces, stresses due to combined forces, Design of power screws (Press, screw jack, screw clamp).

INSTRUCTIONAL STRATEGY

1. Use moulds of various parts/components.
2. Presentation should be arranged for various topics.

AKC TECHNICAL CLASSES

विषय-सूची

क्र० सं०	अध्याय	पेज
1.	परिचय (Introduction)	1-33
2.	अभिकल्पन की असफलता (Design Failure)	34-55
3.	शाफ्ट का अभिकल्पन (Design of Shaft)	56-94
4.	कुँजी का डिज़ाइन (Design of a Key)	95-104
5.	जोड़ों का डिज़ाइन (Design of Joints)	105-181
6.	फ्लैंज कपलिंग का अभिकल्पन (Design of a Flange Coupling)	182-202
7.	चूड़ीदार जोड़ों का अभिकल्पन (Design of Screwed Joints)	203-258
	प्रश्न-पत्र (Examination Paper)	259-259

AKC TECHNICAL CLASSES

अध्याय 1

परिचय
(Introduction)

Inside this Chapter

Design : Definition, Type of design, necessity of design, Comparison of designed and undersigned work, Design procedure, Characteristics of a good designer, Design terminology : factor of saftety, factor affecting factor of safety, stress concentration, methods of reduce stess concentrattion, fatigue, endurance limit, General design consideration, Codes and Standards (BIS Standards), Selection f materials, criteria of material selection, Ergonomics and Aesthetic Consideration in design, Ergonomics of design-man-machine relationship, Design of equipment for control, environment and safety, Aesthetic consideration regarding shape, size, color and surface finish.

AKC TECHNICAL CLASSES

1.1 अभिकल्पन (Design)

''अभिकल्पन का कार्य मुख्य रूप इंजीनियरिंग द्वारा किए विभिन्न उत्पादों तथा निर्माण कार्यों को मनुष्य की आवश्यकता के अनुरूप बनाना है।''

''अभिकल्पन'' या ''डिज़ाइन'' का अर्थ है मानवीय आवश्यकता को सन्तुष्ट करने के लिए एक नीति का निर्माण करना।

"Design" can be defined as the formulation of a plan for the satisfaction of human need. It means to create something new or arrange existing things in a new order to satisfy a recognized need of society."

1.1. (a) मशीन अभिकल्पन (Machine Design)

मशीन डिज़ाइन या यान्त्रिक डिज़ाइन (Mechanical Design), इंजीनियरिंग डिज़ाइन की ही एक शाखा है जिसके अन्तर्गत हम नई तथा उपयोगी मशीनों का निर्माण करते हैं तथा पूर्व में उपलब्ध मशीनों को ओर अधिक उन्नत (improved) तथा उपयोगी (useful) बनाते हैं। डिज़ाइन की सहायता से ही नई तकनीक तथा इंजीनियरिंग ज्ञान का उपयोग मानव सेवा के लिए होता है।

परिभाषा (Definition)—**वर्तमान में उपलब्ध विचारों (ideas) से, नया विचार अपने मस्तिष्क में उत्पन्न करके तथा उसका ड्राइंग के द्वारा विभिन्न सम्भव आकृति बनाकर अध्ययन करना तथा उसका निर्माण करना, जिससे कि वह वांछित क्रिया कर सके तथा मानव की आवश्यताओं को पूरा कर सके, मशीन डिज़ाइन कहलाता है।**

Machine Design deals with the design of machines, machanism and their elements. It is the process of prescribing the sizes, shapes, material compositions and arrangement of mechanical elements so that the resultant machine will perform the prescribed task.

मशीन डिज़ाइन करते समय अनेक विषयों जैसे भौतिक शास्त्र, गणित, यान्त्रिकी, द्रव्यों की सामर्थ्य, कर्मशाला तकनीकी, द्रव इंजीनियरिंग, ड्राइंग, ऊष्मा गतिकी आदि के सिद्धान्तों का भी प्रयोग किया जाता है।

1.1. (b) मशीन अभिकल्पन के प्रकार (Types of Machine Design)

मशीन डिज़ाइन निम्न प्रकार से किया जा सकता है—

1. पहले से उपलब्ध डिज़ाइन का नवीनीकरण करके (Adaptive design)—अधिकतर परिस्थितियों में डिज़ाइनर का कार्य पहले से उपलब्ध डिज़ाइनों में नवीनीकरण करके उसे और अधिक मानव सेवा के लिए उपयोगी बनाना है। इस प्रकार के डिज़ाइन में डिज़ाइनर का अधिक योग्य तथा तकनीकी ज्ञान वाला होना आवश्यक नहीं है।

2. उन्नत डिज़ाइन (Development Design)—इस प्रकार के डिज़ाइन का मूल विचार तो पहले से ही उपलब्ध विचार से लिया जाता है परन्तु अन्तिम डिज़ाइन पहले से बिल्कुल अलग तथा नई तकनीक तथा नए पदार्थों से बना हुआ हो सकता है। इस प्रकार के डिज़ाइन के लिए डिज़ाइनर का अधिक योग्य तथा तकनीकी ज्ञान वाला होना आवश्यक है।

3. नया डिज़ाइन (New Design)—इस प्रकार के डिज़ाइन के लिए डिज़ाइनरों को बहुत सा अनुसन्धान (Research), तकनीकी योग्यता (Technical ability) तथा रचनात्मक विचारों वाला होना आवश्यक है। इसके लिए डिज़ाइनरों को उच्च श्रेणी का विचारशील, सहनशील तथा सृष्टा (Creative) होना चाहिए।

1.1. (c) डिज़ाइन की आवश्यकता (Necessity of Design)

इन्जीनियरी अध्ययन की सर्वोच्च अवस्था इन्जीनियरी अभिकल्पन या डिज़ाइन है। इसकी सहायता से इन्जीनियरी अध्ययन एवं खोजी गई नई बातों का उपयोग मानव सेवा के लिए किया जाता है। डिज़ाइन की सहायता से ही कारखानों आदि में नई वस्तुओं का निर्माण सम्भव होता है तथा समाज प्रगतिशील बनता है। एक नई व अच्छी मशीन के निर्माण का उद्देश्य है कि उससे बनने वाला उत्पाद (Product) कम लागत का हो तथा उस मशीन का प्रयोग मितव्ययी (Economical) तथा मानव सेवा के लिए श्रेष्ठ हो। एक अच्छे डिज़ाइन से मशीन भविष्य में अमुक उत्पाद के निर्माण में आने वाली चुनौती का सामना करने में भी सक्षम हो पाती है।

1.1.1 डिज़ाइन किए गए तथा न किए गए उत्पादों की तुलना

(Comparison of Designed and Undesigned Work)

डिज़ाइन किए गए उत्पाद, बिना डिज़ाइन किए गए उत्पाद की तुलना में बहुत बेहतर, सुन्दर तथा सुरक्षित होते हैं। दोनों उत्पादों की तुलना के प्रमुख बिन्दु निम्न हैं—

1. डिज़ाइन किया गया उत्पाद अधिक भरोसेमन्द व टिकाऊ होगा।
2. डिज़ाइन किया गया उत्पाद मानकों (Standards) के अनुरूप होगा।
3. डिज़ाइन किए गए उत्पाद में जटिलता तथा अचानक बदलाव (Abrupt changes) नहीं होंगे जिससे कि जोड़ों पर प्रतिबलों के एकत्र होने (Stress concentration) की समस्या नहीं होती है।
4. डिज़ाइन किए गए उत्पाद देखने में सुन्दर होंगे तथा बाजार की आवश्यकताओं के अनुरूप होंगे।
5. डिज़ाइन किए गए उत्पाद में स्नेहन आदि की उचित व्यवस्था होगी।
6. डिज़ाइन किए गए उत्पाद का चालन, नियन्त्रण, संयोजन (assembly) तथा संस्थापन (installation) सरल रहता है।
7. डिज़ाइन किए गए उत्पाद में सुरक्षा आदि का भी ध्यान रखा जाता है।
8. डिज़ाइन किए गए उत्पाद का पदार्थ सर्वोत्तम तथा लागत कम होगी।

AKC TECHNICAL CLASSES

1.1.1 (a) मशीनी अंगों के अभिकल्पन में सामान्य विचार (General Consideration in Machine Parts Design)

मशीन या उसके किसी अंग का अभिकल्पन करते समय अनेक कारकों अथवा लक्षणों पर विचार करना आवश्यक होता है क्योंकि ये अमुक अवयव अथवा समपूर्ण निकाय के डिज़ाइन को प्रभावित करते हैं। एक डिज़ाइन इन्जीनियर किसी मशीन या उसके अंग का डिज़ाइन करते समय उससे सम्बन्धित विभिन्न विचारों की पहचान करता है तथा महत्व के आधार पर डिज़ाइन में उन विचारों का समावेश करता है। डिज़ाइन सम्बन्धी कुछ सामान्य विचार निम्न प्रकार हैं—

(i) अंग का प्रकार (Type of the element)—सर्वप्रथम यह निर्धारित किया जाता है कि अंग किन परिस्थितियों में कार्य करेगा अर्थात् डिज़ाइन किए जाने वाला अंग यान्त्रिक, विद्युत, द्रविक (hydraulic) अथवा वायवीय (pneumatic) है।

(ii) अंग पर लगने वाला भार तथा उसके कारण उत्पन्न प्रतिबल (Type of load and stresses caused by the load)—अंग पर लगने वाले बल अथवा भार तथा उनके कारण होने वाले प्रतिबलों का मान तथा उनकी प्रकृति को ध्यान में रखकर ही अंग का डिज़ाइन किया जाता है।

(iii) अंग की गति अथवा मशीन की शुद्ध गतिकी (Motion of the element or kinematics of the machine)—अंग द्वारा वांछित गति तथा उस गति का प्रभाव जैसे कम्पन आदि को ध्यान में रखकर ही किसी अंग अथवा विन्यास का अभिकल्पन किया जाता है। इसके साथ ही विभिन्न अंगों को इस प्रकार संयोजित किया जाना चाहिए कि मशीन वांछित कार्य सफलतापूर्वक कर सके।

(iv) पदार्थ का चयन (Selection of Material)—किसी अंग के लिए उपयुक्त पदार्थ का चयन करते समय पदार्थ की उपलब्धता, अमुक परिस्थिति में पदार्थ की कार्यशीलता, निर्माण में सुगमता, कम लागत, अच्छा सेवा काल आदि अनेक बातों को ध्यान में रखना आवश्यक है। पदार्थों के कुछ आवश्यक गुण निम्न प्रकार हैं—

(a) सामर्थ्य (Strength), (b) दृढ़ता (Rigidity),

(c) विश्वसनीयता (Reliability), (d) लचीलापन (Flexibility)

(e) भार (Weight),

(f) ऊष्मा तथा जंग प्रतिरोधकता क्षमता (Heat and Corrosion resistance capacity),

(g) वेल्डन का गुण (Properties of welding),

(h) कठोरता (Hardness),

(i) मशीननता (Machinability)

(j) विद्युत चालकता (Electrical conductvity)

(v) अंग का साइज तथा आकार (Shape and size of the elements)—अंग का साइज तथा आकार, अंग में उपजने वाले प्रतिबलों, विकृति तथा सुरक्षा को ध्यान में रखते हुए डिज़ाइनर निर्धारित करता है।

(vi) घर्षण प्रतिरोधी एवं स्नेहन (Frictional Resistant and Lubrication)—मशीनी अंगों की सापेक्ष गति के समय सम्पर्क सतहों के मध्य होने वाले घर्षण तथा घर्षण से होने वाले प्रभाव जैसे घिसाई आदि को ध्यान में रखते हुए स्नेहन की उचित व्यवस्था का प्रावधान होना चाहिए।

(vii) आसान एवं मितव्ययी (Convenient and Economical)—मशीन का अभिकल्पन करते समय यह अवश्य ध्यान रखा जाना चाहिए कि वह चलाने में आसान, नियन्त्रण एवं रोकने में आसान तथा मितव्ययी होनी चाहिए।

(viii) मानक पुर्जों का उपयोग (Use of Standard parts)—मानक पुर्जों के प्रयोग से मशीन का मूल्य कम आता है, अत: जहाँ तक सम्भव हो, मानक पुर्जों का ही प्रयोग किया जाना चाहिए जैसे—स्क्रू, बोल्ट, पिन, बियरिंग, चेन, पुली, गियर, पट्टे आदि।

AKC TECHNICAL CLASSES

(ix) सुरक्षा युक्तियाँ (Safety Devices)—किसी उपकरण या श्रमिक को नुकसान पहुँचा सकने वाले अंगों के लिए सुरक्षा साधनों (Safety device) का प्रयोग किया जाना चाहिए। डिज़ाइनर को यह भी सुनिश्चित करना होता है कि ये युक्तियाँ अंगों के कार्य में बाधा न बने।

(x) आधुनिकता एवं सुन्दरता (Aesthetic)—दैनिक उपभोग की वस्तुओं जैसे फ्रिज, टी०वी०, ऑटोमोबाइल, कूलर, एअर कंडीशनर आदि का डिज़ाइन करते समय उसकी आधुनिकता एवं सुन्दर लगने का भी अवश्य ध्यान रखना चाहिए। अंग दक्षतापूर्वक कार्य करने के साथ साथ सुन्दर एवं आधुनिक भी लगना चाहिए।

(xi) उत्पादन प्रक्रिया (Manufacturing Process)—अंग को किस विनिर्माण विधि जैसे—ढलाई, फोर्जन, वेल्डन, मशीनन, रोलिंग आदि से बनाया जाएगा, इस बात की पूर्ण जानकारी तथा वर्कशाप में उक्त सुविधाओं की उपलब्धता की जानकारी डिज़ाइनर को होना आवश्यक है।

(xii) उत्पादित वस्तुओं या नगों की संख्या का ज्ञान होना (Numbers of Article to be manufactured)—किसी मशीन के द्वारा उत्पादित नगों की संख्या, उस मशीन के डिज़ाइन को विभिन्न प्रकार से प्रभावित करती है। यदि मशीन बहुत कम संख्या में उत्पादन करती है तो अनेक ऊपरी खर्चे करना उचित नहीं होगा।

(xiii) लागत (Cost)—अभिकल्पन किए जाने वाले अंग के मूल्य का अभिकल्पन में विशेष ध्यान रखा जाता है तथा निर्माण लागत को, जहाँ तक सम्भव हो, कम रखा जाता है।

(xiv) संयोजन (Assembling)—एक डिज़ाइनर के लिए इस बात का ज्ञान होना आवश्यक है कि उस मशीन या संरचना को किस स्थान पर तथा किन परिस्थितियों में संयोजित (assemble) किया जाना है। डिज़ाइनर को यह भी सुनिश्चित करना होगा कि अंग मशीन में ठीक प्रकार से फिट हो सके तथा उनका रख-रखाव, स्नेहन, निरीक्षण एवं मरम्मत आदि कार्य आसानी से हो सके।

1.1.2 अभिकल्पन की सामान्य विधि (General Procedure in Design)

किसी मशीन या उसके अंगों के डिज़ाइन के लिए कोई चरणबद्ध तरीका (stepped procedure) नहीं होता है। कुछ मूल बातों को ध्यान में रखकर विभिन्न तरीके प्रयोग किए जा सकते हैं। साधारणतया डिज़ाइन के लिए मूल रूप से निम्न पदों में कार्य किया जाना चाहिए—

1. सर्वप्रथम डिज़ाइन किए जाने वाली मशीन अथवा उसके अंगों की सम्पूर्ण जानकारी तथा उनसे सम्बन्धित आँकड़े एकत्र करना तथा उसके उद्देश्य (purpose) तथा सेवा शर्तों का भी पूर्ण ज्ञान आवश्यक है।
2. मशीन के लिए उन यन्त्रविन्यासों (mechanisms) का चयन किया जाना चाहिए जो कि वांछित सापेक्ष गति (relative motion) उपलब्ध करा सकते हैं।
3. मशीन के प्रत्येक अंग पर लगने वाले बलों का मान व प्रकृति तथा प्रत्येक अंग द्वारा संचारित ऊर्जा (Transmitted Energy) ज्ञात करना चाहिए।
4. कार्यरत बलों के अन्तर्गत, मशीन के विभिन्न अवयवों के लिए सर्वोत्तम (Best) पदार्थ का चयन किया जाना चाहिए।
5. अंग को निर्मित किए जाने वाले प्रक्रम पर भी विचार करना चाहिए ताकि वैसा ही उत्पाद बन सके जैसा डिज़ाइन किया गया है।
6. इसके पश्चात् विभिन्न अवयवों पर कार्यरत बलों तथा उनके पदार्थों के द्वारा सहन किए जाने वाले प्रतिबलों के अनुसार अंग का साइज तथा आकार निश्चित करते हैं।
7. प्राप्त विभिन्न अवयवों की विमाओं (dimensions) को अपने अनुभवों तथा निर्णय के आधार पर इस प्रकार सही करते हैं कि उनको आसानी से उत्पादित किया जा सके।
8. अंग की सभी मापें (Dimensions) दिखाते हुए उनकी ड्राइंग बनाते हैं। इसमें उसके पदार्थ तथा निर्माण विधि का भी विस्तृत वर्णन करते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

9. प्रत्येक मशीनों के अवयव एवं मशीन के विभिन्न के संयोजन की सम्पूर्ण जानकारी के साथ ड्राइंग (Assembled drawing) तैयार करते हैं।

10. अन्त में मशीन का संस्थापन (Installation) क्रिया, रखरखाव, स्नेहन (Lubrication), क्रिया के अन्तर्गत सावधानियों तथा उपयोगों का भी वर्णन करते हैं।

उपरोक्त पदों को आवश्यकतानुसार बदला भी जा सकता है।

1.1.3 एक अच्छे डिज़ाइनर के आवश्यक गुण (Characteristics of a Good Designer)

किसी मशीन अथवा उसके अंगों का डिज़ाइन तीन बातों पर आधारित होता है—

1. पिछला अनुभव (Last experience)
2. यथार्थ ज्ञान (Factual knowledge) तथा
3. डिज़ाइन इंजीनियर की योग्यता (ability)।

किसी भी नई वस्तु का वास्तविक निर्माण करने से पहले यह निश्चय करना अनिवार्य है कि वह कार्य करने में सक्षम होगी अथवा नहीं, उसका आकार तथा साइज कैसा होगा, उसे किस पदार्थ का तथा कैसे बनाया जाएगा, कार्यकारी परिस्थितियों (Working conditions) में वह कैसे व्यवहार करेगा तथा बनने के बाद वह कैसा दिखाई देगा आदि। इन सभी बातों का उत्तरदायित्व (Responsibility) एक डिज़ाइनर का ही है। अत: उसमें निम्न गुण आवश्यक रूप से होने चाहिए—

1. कल्पनाशीलता (Inventiveness)—दिए गए उद्देश्यों की पूर्ति के लिए नए तथा उपयोगी विचारों की आवश्यकता होती है जिसके लिए एक डिज़ाइनर का कल्पनाशील होना जरूरी है।

2. इंजीनियरिंग विश्लेषण (Engineering analysis)—डिज़ाइनर में दिए गए अंग, कार्यविधि अथवा निकाय (system) की, इंजीनियरिंग अथवा वैज्ञानिक सिद्धान्तों के आधार पर तर्कपूर्ण विश्लेषण करने की योग्यता होनी चाहिए।

3. इंजीनियरिंग ज्ञान (Engineering knowledge)—डिज़ाइनर को पदार्थों की यान्त्रिकी, द्रव्यों की सामर्थ्य, शुद्ध गतिकी, स्थैतिकी, गति विज्ञान आदि विषयों का पूर्ण ज्ञान होना आवश्यकता है।

4. सुधारवादी (Interdisciplinary ability)—उत्पादन के कार्यकारी दशाओं में व्यवहार, मूल समस्याओं तथा शिकायतों आदि का योग्यतापूर्ण तथा तर्कपूर्ण तरीके से समाधान करने की योग्यता होनी चाहिए।

5. गणित का ज्ञान (Mathematical knowledge)—डिज़ाइनर को गणित के नियमों तथा फार्मूलों का भी ज्ञान आवश्यक है।

6. निर्णायक (Decision maker)—सभी तथ्यों की पूर्ण जानकारी रखते हुए अनिश्चितता (uncertainty) की स्थिति में भी निर्णय लेने की योग्यता होनी चाहिए।

7. निर्माण विधियों का ज्ञान (Knowledge of manufacturing processes)—एक डिज़ाइनर को नई तथा पारम्परिक (conventional) निर्माण विधियों की पूर्ण जानकारी तथा उनकी सीमाओं का ज्ञान भी आवश्यक है।

8. सम्प्रेषण योग्यता (Communication skills)—डिज़ाइनर को अपनी बात को लिखित रूप में ग्राफ (graph) के माध्यम से अथवा मौखिक रूप से स्पष्ट समझा पाने की योग्यता होनी चाहिए।

इसके अतिरिक्त डिज़ाइनर में टीम भावना से काम करने, प्रयोगों से न डरने, आशावादी होने तथा मापन एवं गणना में कुशल होने के गुण भी वांछनीय है।

AKG TECHNICAL CLASSES

1.1.3. (a) डिज़ाइनर को वांछित वातावरण की आवश्यकताएँ अथवा गुण (Characteristics of Environment Required for a Designer)

एक डिज़ाइनर को किसी उत्पाद का अभिकल्पन करते समय ऐसा वातावरण मिलना चाहिए जिसमें वह अपना कार्य ठीक प्रकार कर सके। कार्यकारी वातावरण की वांछित आवश्यकताएँ/गुण निम्न प्रकार हैं—

1. उत्पाद के डिज़ाइन से सम्बन्धित पूर्व अभिलेखों तथा अनुसन्धान के आँकड़ों की उपलब्धता होनी चाहिए।
2. आँकड़ों का विश्लेषण करने तथा नए प्रयोगों को करने की सुविधा होनी चाहिए।
3. उसके साथ ऐसे लोगों की टीम होनी चाहिए जो नवीनता (innovation) के लिए कार्य करते हो।
4. उसके आस-पास ऐसे लोगों की टीम होनी चाहिए जो किसी समस्या का समाधान करने में उसकी मदद कर सके।
5. उसके आस-पास ऐसा वातावरण होना चाहिए जिससे कि वह एकाग्रचित (concentrate) होकर अपना कार्य कर सके।

1.2 डिज़ाइन शब्दावली (Design Terminology)

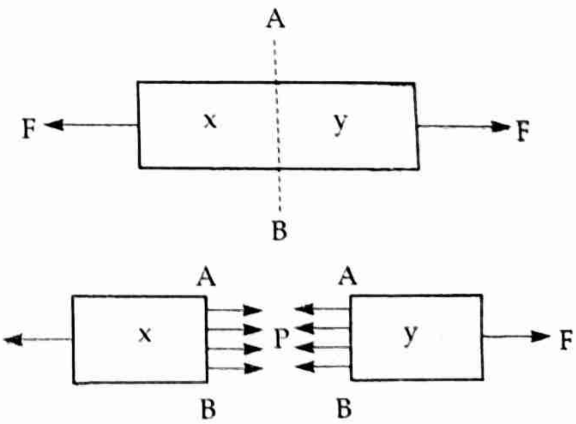
1.2. (a) प्रतिबल (Stress) तथा विकृति (Strain)

जब किसी पिण्ड पर बाहरी बल क्रिया करते हैं तो उसके आकार में परिवर्तन या विरुपण (deformation) होता है। पिण्ड के विरूपण होने का विरोध करने के लिए पदार्थ में प्रतिरोधी बल भी उपजते हैं जिनका मान विरूपण के साथ-साथ बढ़ता जाता है। जब प्रतिरोधी बल का मान बाह्य बल के बराबर हो जाता है तो पदार्थ का विरूपण होना रुक जाता है तथा पिण्ड स्थैतिक सन्तुलन में आ जाता है। पिण्ड के आकार में परिवर्तन या विरूपण को विकृति (strain) तथा इसके विरोध स्वरूप पदार्थ में उपजे प्रतिरोध को प्रतिबल (stress) कहते हैं। जब पिण्ड बाह्य बलों का पूर्ण प्रतिरोध उपजाने में असमर्थ होता है तो उसका विरूपण होता जाता है और अन्त में पिण्ड टूट या असफल (fails) हो जाता है।

1.2. (b) प्रतिबल तथा प्रतिबल तीव्रता (Stress and Intensity of Stress)

हम जानते हैं कि "**किसी वस्तु पर बाहर से बल लगाने पर उसके अन्दर, बाहरी बलों के बराबर प्रतिरोधी बल उत्पन्न हो जाते हैं। इन प्रतिरोधी बलों को प्रतिबल** (stress) **कहते हैं।**" (देखें चित्र 1.1)।

"When a body is subjected to externally applied force, internal resistive force is induced. This internal force is called Stress."



चित्र-1.1

चित्रानुसार किसी छड़ पर बाहरी बल F, तनाव में दोनों सिरों पर लगा रहा है। इस प्रकार पूरी छड़ सन्तुलन में है तथा छड़ का प्रत्येक भाग भी सन्तुलन में होना चाहिए। अब छड़ को काट AB द्वारा दो भागों में विभक्त करते हैं। यदि x भाग सन्तुलन में है तो y भाग पर एक बल P लगेगा जो मान में F के बराबर होगा तथा दिशा में विपरीत होगा।

इसी प्रकार Y भाग पर x द्वारा एक बल P लगता है और इसे सन्तुलन में रखता है। यदि यह माना जाए कि छड़ में एक समान मान के प्रतिबल उपजते हैं और अनुप्रस्थ-काट का क्षेत्रफल a है तो इस प्रतिबल की तीव्रता $\sigma = P/a$ होगी क्योंकि सन्तुलन की स्थिति में $P = F$ है।

AKTECHNICAL CLASSES

$$\text{प्रतिबल तीव्रता } \sigma = F/a = \text{बल/क्षेत्रफल}$$

अर्थात् "**किसी अवयव के इकाई क्षेत्रफल पर कार्य करने वाले आन्तरिक प्रतिरोधी बल को प्रतिबल तीव्रता (Intensity of stress) कहते हैं।**" सामान्यतया प्रतिबल तीव्रता को ही प्रतिबल के नाम से जाना जाता है।

"Stresses induced in an object per unit area is called intensity of stress."

प्रतिबल तीव्रता की इकाई, बल प्रति इकाई क्षेत्रफल होती है। यदि बल F न्यूटन में तथा अनुपस्थ-काट का क्षेत्रफल मिमी^{2} में हो, तब प्रतिबल की इकाई **न्यूटन प्रति मिमी^{2}** या N/mm^2 होगी।

प्रतिबल के प्रकार (Types of stresses)—बाह्य बलों के प्रभाव में उपजे विभिन्न प्रतिबलों को निम्न तीन वर्गों में बाँटा जा सकता है—

1. तनाव तथा सम्पीडन प्रतिबल (Tensile and compressive stresses)—जब भार अथवा बल खिँचाव में लगता है तो वस्तु में उत्पन्न हुआ प्रतिबल "तनाव प्रतिबल" कहलाता है। यदि भार अथवा बल सम्पीडन का है तो यह **"सम्पीडन प्रतिबल"** कहलाता है।

2. सीधे तथा नमन प्रतिबल (Direct and bending stresses)—जब किसी धरन (Beam) पर बाहर से अनुप्रस्थ (Transverse) भार कार्य करता है तो धरन का नमन (bend) होता है जिसके विरोधस्वरूप पदार्थ के अन्दर से उपजे प्रतिबल, **"नमन प्रतिबल"** कहलाते हैं।

जब किसी अवयव पर उत्केन्द्रित भार (eccentric load) क्रिया करते हैं तो अवयव में नमन प्रतिबल के साथ-साथ तनाव तथा सम्पीडन के प्रतिबल भी उपजते हैं जिन्हें **सीधे प्रतिबल (direct stresses)** कहते हैं।

3. कर्तन तथा स्पर्शीय प्रतिबल (Shear or tangential stresses)—यदि किसी पिण्ड पर कर्तन भार कार्य करता है तो उसमें उत्पन्न हुए प्रतिबल, **कर्तन या स्पर्शीय बल** कहलाते हैं। यह प्रतिबल उसी तल में कार्य करते हैं, जिस तल में भार लगता है। यदि कर्तन भार F तथा अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल 'a' हो तो रिवेट में उत्पन्न हुई कर्तन प्रतिबल तीव्रता $\tau = F/a$

1.2 (c) विकृति (Strain)

बाह्य बलों के प्रभाव में पिण्ड का विरूपण होता है या उसके आकार में परिवर्तन होता है। इस परिवर्तन की माप को ही विकृति (strain) कहते हैं।

"There is a deformation takes place in an object under the effect of external forces. The change in the dimensions is called "strain".

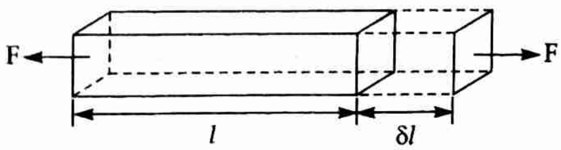
$$\text{विकृति}, e = \frac{\text{माप अथवा आकार में परिवर्तन}}{\text{प्रारम्भिक आकार}}$$

क्योंकि **विकृति एक ही प्रकार की दो राशियों का अनुपात है, इसलिए इसकी कोई इकाई नहीं होती।**

विकृति के प्रकार—विकृति तीन प्रकार की होती है—

1. अनुदैर्घ्य विकृति (Longitudinal strain)—चित्र 1.2 के अनुसार माना किसी छड़ की लम्बाई l तथा F लगाने के पश्चात् बढ़कर $(l + \delta l)$ हो जाती है अर्थात् δl बढ़ जाती है। इस प्रकार लम्बाई में तनाव विकृति,

$$e = \frac{\delta l}{l}$$



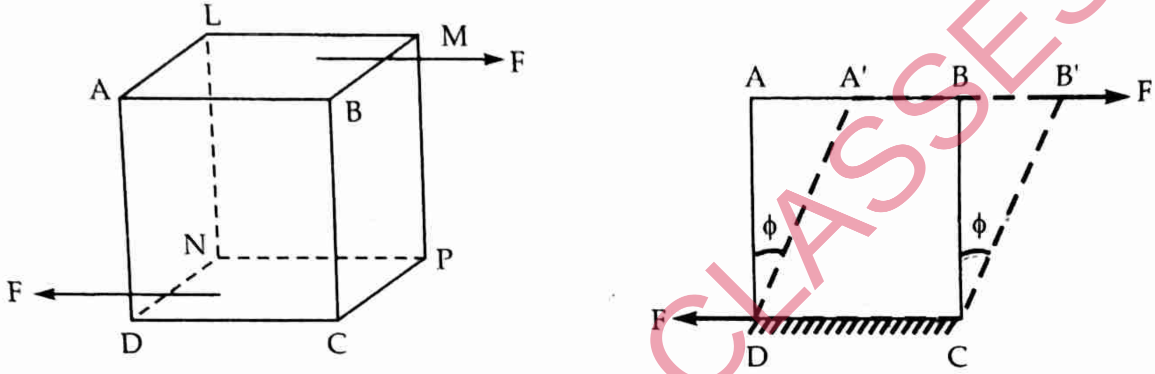
चित्र-1.2

AKC TECHNICAL CLASSES

$$\text{विकृति } e = \frac{\text{लम्बाई में परिवर्तन}}{\text{प्रारम्भिक लम्बाई}}$$

यदि बल सम्पीडन का होगा तो लम्बाई में कमी होगी तथा विकृति सम्पीडन विकृति कहलाएगी।

2. कर्तन या कोणीय विकृति (Shear strain)—चित्र 1.3 के अनुसार एक घन $ABCD$ मानते हैं जिसकी भुजा 'l' है। जब इसके निचले तल को बद्ध करके ऊपरी तल पर एक स्पर्शीय बल F लगाते हैं तो घन की नई स्थिति $A'B'CD$ हो जाएगी। इस स्पर्शीय अथवा कर्तन के बल के कारण घन में कर्तन प्रतिबल तथा कर्तन विकृति उत्पन्न हो जाती है।



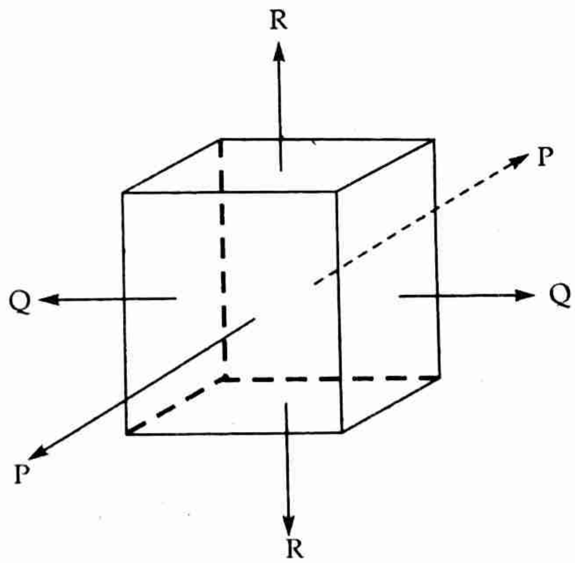
चित्र-1.3

$$\text{कर्तन प्रतिबल तीव्रता } \tau = \frac{F}{\text{तल } ABML \text{ का क्षे०}} = \frac{F}{l \times l}$$

$$\textbf{कर्तन विकृति } e_s = \frac{BB'}{BC} \text{ या } \frac{AA'}{AD} = \tan\phi \qquad \text{(चित्रानुसार)}$$

यदि ϕ बहुत छोटा है तो $\tan\phi = \phi$ माना जा सकता है तब कर्तन विकृति $e_s = \phi$।

3. आयतन विकृति (Volumetric strain)—चित्र 1.4 के अनुसार किसी ठोस पर यदि सभी दिशाओं से कुछ बल लगाया जाए तो उसके आयतन में कुछ परिवर्तन हो जाएगा। यदि यह परिवर्तन δv है तथा प्रारम्भिक आयतन V है तब



चित्र-1.4

$$\text{आयतन विकृति} = \frac{\delta v}{V} = \frac{\text{आयतन में परिवर्तन}}{\text{प्रारम्भिक आयतन}}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

1.2. (d) सुरक्षा गुणांक (Factor of Safety)

किसी भी मशीनी अवयव का डिज़ाइन, उस अवयव द्वारा सहन किए जा सकने वाले अधिकतम भार (Ultimate load) के लिए किया जाता है। प्रत्यास्थता सीमा में, अवयव पर लगाए जाने वाले अधिकतम भार को **अनुज्ञेय भार (Permissible load)** कहा जाता है। वास्तव में अनुज्ञेय भार का मान उस अवयव द्वारा सहन किए गए अधिकतम भार से बहुत कम होता है। कार्यकारी भार (working load), अनुज्ञेय भार के बराबर या कम हो सकता है।

विभिन्न प्रकार के भारों (loads) के अन्तर्गत, विभिन्न पदार्थों के लिए, अभिकल्पन करते समय सुरक्षा गुणांक का मान सारणी 1.1 में प्रदर्शित किया गया है।

सारणी 1.1

क्रम सं०	पदार्थ (Material)	स्थैतिक भार (Static load)	संघट्ट भार (Impact load)	चल भार (Live load)	
				समान प्रतिबल (Uniform stress)	परिवर्तनीय प्रतिबल (Variable stress)
1.	ढलाँवा लोहा (C.I.)	4	15	6	10
2.	पिटवाँ लोहा (W.I.)	4	13	6	8
3.	मृदु इस्पात (M.S.)	4	13	6	8
4.	ढलवाँ इस्पात (C.S.)	5	15	6	8
5.	मृदु धातुएँ तथा मिश्र-धातुएँ (mild metals and metal alloys)	5	12	6	8
6.	भंगुर मिश्र-धातुएँ (Brittle Metal alloys)	5	15	6	10

"**सुरक्षा गुणांक, अवयव द्वारा सहन किए गए अधिकतम भार** (Ultimate load) **एवं अनुज्ञेय भार** (Permissible load) **के अनुपात को कहते हैं।**"

"Factor of safety is the ratio of maximum load bear by a component to the permissible load".

$$\text{सुरक्षा गुणांक (F.O.S.)} = \frac{\text{अधिकतम भार (Ultimate load)}}{\text{अनुज्ञेय भार (Permissible load)}}$$

$$= \frac{\text{अधिकतम प्रतिबल (Maximum Stress)}}{\text{अनुज्ञेय प्रतिबल (Allowable Stresses)}}$$

इसका मान डिज़ाइनर के अनुभव तथा कार्यकारी परिस्थितियों के आधार पर तय किया जाता है। **सामान्यतया इसका मान 4 से 5 रखा जाता है।**

AKC TECHNICAL CLASSES

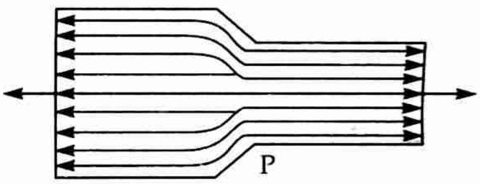
सुरक्षा गुणांक (Factor of safety) **को प्रभावित करने वाले कारक** (Factors affecting F.O.S.)—किसी मशीनी अंग का डिज़ाइन करते समय सुरक्षा-गुणांक का चयन पूर्णत: उपलब्ध जानकारियों तथा पिछले अनुभव के आधार पर डिज़ाइनर द्वारा लिए गए निर्णय पर निर्भर करता है। अगर किसी अंग के असफल होने से जान-माल को हानि होने की सम्भावना हो तो ऐसे अंगों का डिज़ाइन करते समय अधिक सुरक्षा गुणांक रखा जाता है परन्तु इससे अंग की लागत एवं भार आदि में वृद्धि हो जाती है। ऐसे अंगों के लिए राष्ट्रीय या अन्तर्राष्ट्रीय कोड भी निर्धारित होते हैं। अत: डिज़ाइनर लागत और सुरक्षा दोनों में सन्तुलन बनाकर ही सुरक्षा-गुणांक का चयन करता है।

किसी मशीनी अंग का डिज़ाइन करते समय सुरक्षा गुणांक के चयन में अग्र कारक प्रभावित करते हैं—

1. लगाए गए भार की प्रकृति।
2. अंग का निर्माण करते समय उत्पन्न प्रतिबलों का मान व प्रकृति।
3. प्रयोग किए जाने वाले पदार्थ के गुणों तथा वास्तविक कार्यकारी दशाओं में उन गुणों के स्थयित्व रहने की सम्भाना।
4. अंग के असफल (failure) होने की दशाएँ।
5. अंग के डिज़ाइन में मानी गई मान्यताएँ (assumptions)।
6. पुर्जे के असफल होने से होनी वाली हानि।

1.2 (e) प्रतिबलों का सान्ध्रण (Stress Concentration)

जब एक मशीन अंग का अनुप्रस्थ काट बदलता है तो उस अंग में प्रतिबलों का वितरण (distribution) एक समान नहीं रहता तथा कोनों (corners) (जैसा कि चित्र 1.5 में बिन्दु P द्वारा दर्शाया गया है) पर प्रतिबलों का मान बढ़ जाता है। **''आकार में हुए अचानक परिवर्तन (Abrupt changes) के कारण प्रतिबलों के वितरण में होने वाली असमानता को ही प्रतिबलों का सान्द्रण (stress concentration) कहते हैं।''**



चित्र-1.5

"Whenever a machine component changes the shape of its cross section, the simple stress distribution no longer holds good and the neighbourhood of the discontinuity is different. This irregularity in the stress distribution caused by abrupt changes of form, is called stress concentration."

अंग में बने हुए छिद्र (holes), चाबी मार्ग (keyway), नॉच (notches), चूड़ियाँ, गियर दाँतों को जड़ (root), सतह की रुक्षता (surface roughness), खरोंच (scratches) आदि के कारण प्रत्येक प्रकार के प्रतिबलों में यह समस्या पाई जाती है।

चित्र 1.5 के अनुसार अंग के बाँयी तरफ के अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल अधिक होने से प्रतिबल का मान कम रहता है परन्तु जैसे ही दाँयी तरफ यह क्षेत्रफल कम हो जाता है, अंग में लगने वाले बलों व प्रतिबलों का पुन: वितरण (Redistribution) होता है। अंग के किनारों का पदार्थ औसत मान से अधिक प्रतिबल वहन करता है। इस प्रकार प्रतिबलों के एक जगह एकत्र हो जाने को ही **''प्रतिबलों का सान्द्रण''** कहते हैं। इसको **''प्रतिबल सान्द्रण गुणांक'' (Stress concentration factor)** द्वारा व्यक्त किया जाता है।

''सैद्धान्तिक रूप से, अंग के किसी काट पर अधिकतम प्रतिबल (नॉच या फिलेट पर) तथा नामित (Nominal) प्रतिबल के अनुपात को ही प्रतिबल सान्द्रण गुणांक कहते हैं।''

"Theoretical stress concentration factor is defined as the ratio of the maximum stress in a member (at a notch or a fillet) to the nominal stress at the same section based upon net area."

AKC TECHNICAL CLASSES

अर्थात् सैद्धान्तिक प्रतिबल सान्द्रण गुणांक (Theoretical stress concentration factor)

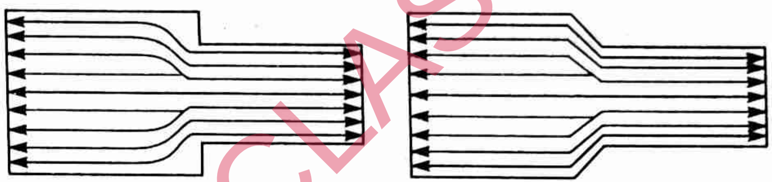
$$K_t = \frac{\text{अधिकतम प्रतिबल}}{\text{नामित प्रतिबल}}$$

जहाँ K_t का मान अंग के पदार्थ तथा उसकी ज्यामिति पर निर्भर करता है।

1.2. (f) प्रतिबलों के सान्द्रण को कम करने की विधियाँ

(Methods of Reducing Stress Concentration)

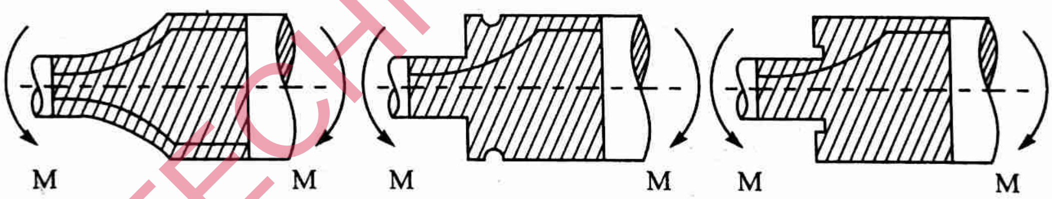
1. प्रतिबल प्रवाह रेखाओं को उचित डिज़ाइन द्वारा एकत्र न होने देकर—एक अच्छे डिज़ाइनर के लिए आवश्यक है कि वह इस बात की जानकारी रखता हो कि अंग में कहाँ प्रतिबल का सान्द्रण (stress concentration) हो रहा है तथा कैसे उसके प्रभाव को कम किया जा सकता है। इस प्रभाव को कम करने के लिए यह आवश्यक है कि प्रतिबल प्रवाह रेखाओं के बीच दूरी, जहाँ तक सम्भव हो, बनाए रखी जानी चाहिए। चित्र 1.6 (a) में अंग में बने कोनों पर प्रतिबल प्रवाह रेखाओं को एकत्र होता दिखाया गया है। इस प्रभाव को फिलेट (fillets) लगाकर कम किया जा सकता है। जैसा कि चित्र 1.6 (b) में दिखाया गया है।



(a) खराब (b) उत्तम

चित्र-1.6

2. नॉच (Notches) **बनाकर**—प्रयोगिक रूप से बड़े त्रिज्या वाले फिलेट का प्रयोग उचित नहीं है। ऐसी अवस्था में नॉच (notches) काट कर प्रतिबल रेखाओं को यथासम्भव नजदीक बनाए रखा जा सकता है। जैसा कि चित्र 1.7 में दिखा गया है।



(a) खराब (b) अच्छा (c) उत्तम

चित्र-1.7

इसके अतिरिक्त अनावश्यक छिद्र तथा खाँचे आदि कम करके तथा उचित आकृति (Proper forming) बनाकर भी प्रतिबलों के सान्द्रण को काफी हद तक कम किया जा सकता है।

1.2.1 फटीग तथा सहन सीमा (Fatigue and Endurance Limit)

प्रयोगिक रूप में यह पाया गया है कि जब एक मशीन अंग पर परिवर्तनशील प्रतिबल कार्य करते हैं तो वह अंग, स्थैतिक भार में अन्तिम सामर्थ्य (ultimate strength) से कम मान के प्रतिबल पर ही असफल हो जाते हैं।

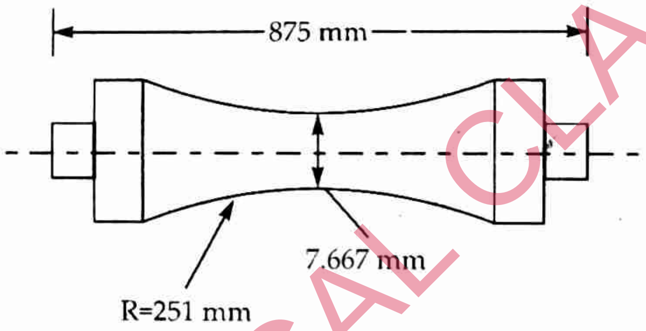
"बार-बार प्रतिबलों के लगने या उनकी प्रकृति में परिवर्तन होते रहने के कारण पदार्थ की प्रतिरोधकता (Resistivity) में आई कमी को फटीग (Fatigue) कहते हैं।"

"When a material is subjected to repeated stresses, it fails at stresses below the yield point stresses. Such type of failure of a material is known as fatigue."

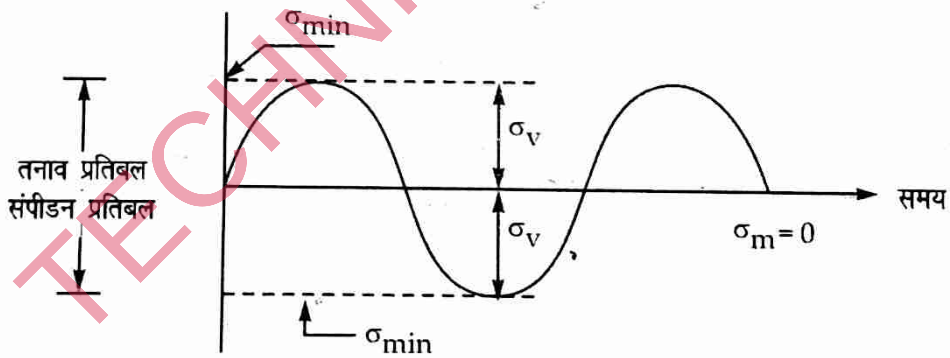
AKC TECHNICAL CLASSES

मशीनों की शाफ्टों, गियरों, क्रैंक तथा संयोजक दण्ड पर इस प्रकार के प्रतिबल कार्य करते हैं। परिवर्तनशील भारों की संख्या, उनका मान तथा प्रकृति, अंग का साइज तथा स्थैतिक भारों का मान आदि पदार्थ की फटीग सामर्थ्य को प्रभावित करते हैं।

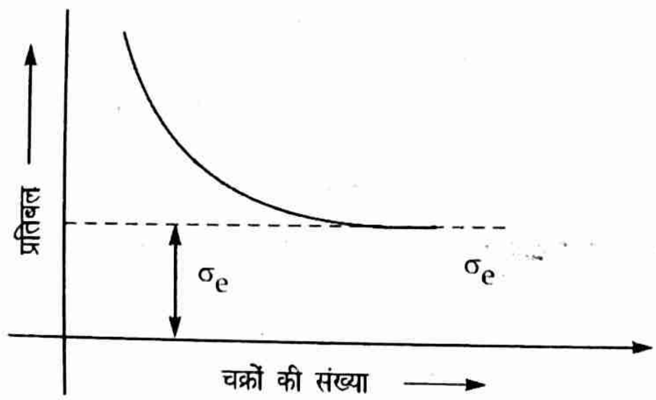
पदार्थ में फटीग के प्रभाव को जानने के लिए एक एण्डयोरेंन्स-परीक्षण (Endurance test) किया जाता है जिसके अन्तर्गत एक मानक नमूना (A standard mirror polished specimen), जैसा कि चित्र 1.8 (a) दिया गया है, को नमन (bending) में भारित करके फटीग टेस्टिंग मशीन (fatigue testing machine) पर घुमाया जाता है। जब नमूना घूमता है तो उसके ऊपर की सतहों में प्रतिबलों का मान अधिकतम तनाव से अधिकतम सम्पीडन में बदलता है। अर्थात् नमूने में एक पूर्ण परिवर्तनीय प्रतिबल चक्र (A completely reversed stress cycle) कार्य करता है जिसको चित्र 1.8 (b) में प्रतिबल समय आरेख (time-stress diagram) द्वारा प्रदर्शित किया गया है। दिए गए मान के प्रतिबल के लिए असफल करने वाले चक्रों की संख्या नोट करते हैं तथा परिणामों को एक प्रतिबल-चक्रों की संख्या आरेख पर दर्शाते हैं। इस आरेख के अध्ययन से पता चलता है कि यदि प्रतिबलों का मान एक निश्चित सीमा से (जैसा कि चित्र 1.8 (c) में बिन्दुदार रेखा (dotted line) से दिखाया



(a) मानक नमूना



(b) पूर्ण परिवर्तनीय चक्र



(c) फटींग सीमा या सहन सीमा

चित्र-1.8

AKC TECHNICAL CLASSES

गया है) कम रहता है तो पदार्थ कभी असफल नहीं होगा चाहे चक्रों की संख्या कुछ भी हो। प्रतिबलों की सीमा ही **फटीग सीमा या सहन सीमा (endurance limit 'σ_e')** कहलाती है।

''एक मानक नमूने के लिए पूर्ण परिवर्तनीय नमन प्रतिबलों का वह अधिकतम मान, जो नमूना बिना असफल हुए, अनन्त चक्रों की संख्या (सामान्यतया 10^7 चक्र०) पर सहन कर सकता है, फटीग सीमा अथवा सहन सीमा कहलाती है।'' इसको 'σ_e' से प्रदर्शित किया जाता है।

"It is defined as maximum value of the completely reversed bending stress which a polished standard specimen can withstand without failure, for infinite number of cycles (usually 10^7 cycles)".

फटीग सीमा का मान अलग-अलग प्रकार के भारों के लिए अलग-अलग होता है। अंग का साइज, उसकी सतह की फिनिशिंग, भारों के प्रकार, तापमान तथा आघात आदि कारक फटीग सीमा के मान को प्रभावित करते हैं।

1.2.2 (a) कोड तथा मानक (भारतीय मानक ब्यूरो) (Code and Standards) (BIS Standards)

एक कोड, एक मॉडल है, नियमों का एक सेट, जिसे जानकार लोग दूसरों को पालन करने के लिए सलाह देते हैं। यह कानून नहीं है, लेकिन कानून में अपनाया जा सकता है।

एक मानक, एक कोड को पूरा करने के लिए एक अधिक विस्तृत विस्तार होता है। कोड तथा मानकों के बीच अन्तर को देखने का एक तरीका यह है कि एक कोड आपको बताता है कि आपको क्या करने की आवश्यकता है और एक मानक आपको बताता है कि यह कैसे करना है। एक कोड कह सकता है कि एक इमारत में फायर-अलार्म सिस्टम होना चाहिए। मानक यह बताएगा कि किस तरह की प्रणाली है और इसे कैसे काम करना चाहिए।

"A code is a model, a set of rules that knowledgeable people recommend for others to follow. It is not a law, but can be adopted into law."

A standard tends to be a more detailed elaboration, the nuts and bolts of meeting a code."

One way of looking at the differences between codes and standards is that a code tells you what you need to do and a standards tellls you how to do it."

कोड तथा मानक को निम्न प्रकार परिभाषित किया जा सकता है—

कोड (Code)—**''किसी उत्पाद, प्रणाली अथवा अवयव के विनिर्माण तथा अभिकल्पन, विश्लेषण अथवा टेस्टिंग के विशिष्टियों के एक सेट या विधि को ही कोड कहते हैं।''**

"Code is a set of specifications or procedure for the design analysis, testing and manufacturing of a component, a system or a product."

मानक (Standard)—**''मानक, किसी संस्था अथवा संगठन द्वारा परिभाषित एक विशिष्टियों का सेट है जिनका अनुपालन एक अवयव, प्रणाली अथवा उत्पाद के विभिन्न लक्षणों को करना चाहिए।''**

ये लक्षण हो सकते हैं—विमाएँ, आकृतियाँ, सहिष्णुता, सतह परिष्कृति, पदार्थ, परीक्षण की विधि, प्रयोग की विधि, पैकिंग तथा भण्डारण की विधि आदि।

"Standard is a set of specification, defined by a certain body or an organization, to which various characteristics of a component, a system or a product should confirm." The characteristics include : dimenstions, shapes, tolerances, surface finish, materials, method of testing, method of use, method of packing and storing etc.

AKG TECHNICAL CLASSES

मानकीकरण का उद्देश्य, एकरूपता (uniformity), विशिष्ट गुणवत्ता, अन्तर्विनिमेयता (interchangeability), सुरक्षा आदि को प्राप्त करने के लिए नार्म्स (norms) स्थापित करना तथा उत्पाद की विविधता (variety) पर औचित्यपूर्ण सीमा (reasonable limit) रखना है।

यान्त्रिक इंजिनियरिंग अनुप्रयोगों में प्रयुक्त होने वाले विभिन्न मानक निम्न प्रकार हैं—

1. अवयवों, जैसे नट-बोल्ट, बियरिंग, बेल्ट, चेन, गियर, कुँजी आदि के साइज तथा आकृति हेतु मानक।
2. उत्पाद जैसे—विद्युत मोटर, इंजन, गियर-बॉक्स, दाब पात्र (Pressure vessels) आदि के लिए मानक।
3. अवयवों की फिट (fit), टॉलरेन्स (Tolerances) तथा सतह परिष्कृति (surface finish) आदि के लिए मानक।
4. ड्राइंग पर अवयवों के परम्परागत चिन्हों (Conventional representation) हेतु मानक।

1.2.2. (b) मानकों के प्रकार (Types of Standard)

परिभाषित करने वाली संस्था या संगठन के आधार पर मानक तीन प्रकार के होते हैं—

1. कम्पनी मानक (Company Standards)—ये मानक किसी कम्पनी अथवा कम्पनी के समूह द्वारा उनके प्रयोगों के लिए परिभाषित या स्थापित किए जाते हैं।

2. राष्ट्रीय मानक (National Standards)—ये मानक राष्ट्रीय स्तर की शीर्ष संस्था द्वारा परिभाषित या स्थापित किए जाते हैं तथा प्राय: पूरे देश में उनका अनुपालन किया जाता है। उदाहरण के लिए—(i) भारतीय मानक ब्युरो (B.I.S.) (ii) अमेरिकन सोसाइटी ऑफ मैकेनिकल इंजीनियर्स (A.S.M.E.) आदि।

3. अन्तर्राष्ट्रीय मानक (International Standards)—ये मानक अन्तर्राष्ट्रीय स्तर की शीर्ष संस्था द्वारा परिभाषित या स्थापित किए जाते हैं तथा पूरे विश्व में उनका अनुपालन किया जाता है। उदाहरण के लिए—

(i) अन्तर्राष्ट्रीय मानक संगठन (I.S.O.), तथा

(ii) अन्तर्राष्ट्रीय ब्यूरो ऑफ वेट एंड मेजर (International Bureau of Weights and Measures (IBWM)

1.2.2. (c) मानकीकरण के लाभ (Advantages of Standardization)

मानकीकरण के कुछ प्रमुख लाभ निम्न प्रकार हैं—

(i) अवयवों की अन्तर्विनिमेयता (Interchangeability) सम्भव हो जाती है।

(ii) वांछित अवयवों की इन्वेन्ट्री (Inventory) कम हो जाती है।

(iii) निश्चित न्यूनतम विशिष्ट गुणवत्ता को स्थापित करते हैं।

(iv) अवयवों को आसानी से तथा शीघ्र बदलना सम्भव होता है।

(v) कभी कभी ये सुरक्षा भी सुनिश्चित करते हैं।

(vi) इससे सकल लागत में कमी आती है।

1.2.3. (a) इंजीनियरिंग पदार्थों के यान्त्रिक गुण

(Mechanical Properties of Egineering Materials)

पदार्थों के यान्त्रिक गुण से, यान्त्रिक उपयोग के समय, उनके व्यवहार का ज्ञान होता है। अभिकल्पन के लिए प्रयोग किए जाने वाले पदार्थों में निम्न यान्त्रिक गुणों का अत्यन्त महत्त्व है। कार्यकारी परिस्थितियों में इन सभी गुणों का या इनमें से कुछ गुणों का होना अति आवश्यक है।

AKC TECHNICAL CLASSES

1. सामर्थ्य (Strength)—यह पदार्थ का वह गुण है, जो बाह्य बलों का विरोध करता है। किसी मशीनी अवयव पर लगे बाह्य बलों के कारण उसमें उत्पन्न आन्तरिक प्रतिरोध को प्रतिबल (stress) कहते हैं।

2. कड़ापन (Stiffness)—यह पदार्थ का ऐसा गुण है, जो उत्पन्न प्रतिबल के अन्तर्गत मशीनी अवयव या पुर्जे की विमाओं में परिवर्तन का विरोध करता है।

3. प्रत्यास्थता (Elasticity)—इस गुण के कारण पदार्थ बाह्य बलों को हटा लेने पर अपनी आरम्भिक अवस्था में आ जाता है।

4. सुघट्यता (Plasticity)—इस गुण के कारण पदार्थ में हुई विकृति बलों के हटा लेने पर भी उसी अवस्था में रहती है। यदि तनाव बल से किसी पदार्थ को खींचा जाए तो उस पदार्थ में हुई लम्बाई वृद्धि, बल के हटा लेने पर भी समाप्त नहीं होती है। पदार्थ के इस गुण की आवश्यकता फोर्जिंग, सिक्कों पर स्टेम्पिंग एवं सुनार द्वारा गहनों के बनाने (ornamental works) में होती है।

5. तन्यता (Ductility)—पदार्थ के इस गुण के कारण तनाव बल लगाकर उसके तार खींचे जा सकते हैं। एक तन्य पदार्थ मजबूत एवं सुघट्य होना चाहिए। तन्यता को साधारणतया प्रतिशत लम्बाई वृद्धि एवं प्रतिशत अनुप्रस्थ काट के सिकुड़न में नापते हैं। साधारणतया नरम इस्पात, पीतल, एल्यूमीनियम, निकल (nickel), जस्ता (zinc), टिन (tin) एवं लैड (lead) तन्य पदार्थ कहलाते हैं।

6. आघातवर्धनीयता (Malleability)—इस गुण के कारण पदार्थ को हथौड़े से पीटकर पतली चादरों के रूप में परिवर्तित किया जा सकता है। एक आघातवर्धनीय पदार्थ का सुघट्य (plastic) होना आवश्यक है लेकिन इसका मजबूत होना, जरूरी नहीं है। सीसा (lead), नरम इस्पात, पिटवाँ लोहा, पीतल, एल्यूमीनियम इत्यादि आघातवर्धनीय पदार्थ है।

7. भंगुरता (Brittleness)—पदार्थ के इस गुण के कारण, यह हथौड़े से पीटने पर कई टुकड़ों में विभक्त हो जाता है, वरन् उसकी विमाओं (dimensions) में वृद्धि नहीं होती है। ढलवाँ लोहा (cast iron) में यह गुण अधिक पाया जाता है।

8. चीमड़पन (Toughness)—इस गुण के कारण पदार्थ एकदम झटकों के रूप में लगने वाले बलों, उदाहरणत: हथौड़े से पीटने के कारण टूटने (fracture), का विरोध करता है। पदार्थ को गर्म करने पर उसका चीमड़पन का गुण कम होता है।

9. कठोरता (Hardness)—इस गुण के कारण कोई पदार्थ किसी अन्य पदार्थ से खुरचे जाने का विरोध करता है। यदि हम दो पदार्थ के टुकड़े लेकर आपस में एक दूसरे पर खुरचनें के द्वारा निशान बनाए तो जिस पदार्थ पर निशान नहीं बनता है, वह पदार्थ दूसरे के सापेक्ष अधिक कठोर कहलाएगा। किसी पदार्थ की कठोरता निम्न परीक्षणों के द्वारा ज्ञात की जा सकती हैं—

(i) ब्रिनेल कठोरता परीक्षण,

(ii) रॉकवैल कठोरता परीक्षण,

(iii) वीकर कठोरता परीक्षण।

10. क्रीप (creep)—जब किसी पदार्थ में अधिक ताप (high temperature) पर बाह्य बलों के कारण, एक निश्चित प्रतिबल उत्पन्न होता रहे, तब उस पदार्थ में धीरे-धीरे स्थायी विकृति (deformation) आ जाएगी। जिसको क्रीप (creep) कहते हैं।

11. लचक (Resilience)—इस गुण के कारण पदार्थ ऊर्जा शोषित करने में सक्षम होता है और वह झटकों आदि का विरोध करता है। इस गुण की माप प्रत्यास्था सीमा पर पहुँचने से पहले पदार्थ के इकाई आयतन द्वारा ग्रहण की गई अधिकतम ऊर्जा द्वारा प्रदर्शित होती है। स्प्रिंगों आदि के लिए यह एक आवश्यक गुण है।

AKC TECHNICAL CLASSES

12. तन्यता (Tenacity)—किसी पदार्थ को तनाव में तोड़ने के लिए उसमें जितनी अधिकतम प्रतिबल तीव्रता उत्पन्न की जा सके, वह उस पदार्थ की तन्यता कहलाती है अर्थात् तनाव में उपजी अन्तिम प्रतिबल तीव्रता (ultimate stress) को तन्यता कहते हैं।

13. फटीग (Fatigue)—प्रतिबलों के मान तथा प्रकृति में लगातार परिवर्तन होते रहने के कारण पदार्थ की प्रतिरोधकता में आयी कमी को "फटीग" कहते हैं। इस गुण के कारण मशीनी अंग, स्थैतिक भार (static loading) में अन्तिम सामर्थ्य (ultimate strength) से कम मान के प्रतिबल पर ही असफल हो जाते हैं।

1.2.3. (b) सामान्य इंजीनियरिंग पदार्थ तथा उनके यान्त्रिक गुण

(Engineering Materials and their Mechanical Properties)

इन्जीनियरिंग पदार्थों को मुख्यत: दो वर्गों में विभक्त किया जा सकता है—

1. धात्विक पदार्थ (Metallic materials)
2. अधात्विक पदार्थ (Non metallic materials)।

1. धात्विक पदार्थ (Metallic materials)—विभिन्न मशीनी अंगों के लिए धात्विक पदार्थों जैसे लोहा, स्टील, कॉपर, ऐल्यूमिनियम आदि का वृहत् (widely) उपयोग होता है क्योंकि इनमें सामर्थ्य (strength), स्थिरता तथा टिकाऊपन (durability) के गुण पर्याप्त मात्रा में होते हैं। ये पदार्थ चादरों, पट्टियों (strips), छड़ों (rods), तारों तथा पाइपों (pipes) आदि रूपों में उपलब्ध होते हैं। धात्विक पदार्थों को पुन: दो वर्गों में बाट सकते हैं—

(a) लौह धातु पदार्थ (Ferrous metlas)

(b) अलौह धातु पदार्थ (Non-ferrous metals)

(a) लौह धातु पदार्थ (Ferrous Metals)—लौह पदार्थों में लोहा (Iron) मुख्य तत्त्व के रूप में विद्यमान रहता है। साधारणतया लौह पदार्थ ढलवाँ लोहा (cast iron), पिटवाँ लोहा (wrought iron), स्टील एवं विभिन्न स्टील एलॉय के रूप में प्रयोग किए जाते हैं। इन पदार्थों का मुख्य तत्त्व कच्चा लोहा (pig iron) है। लौह अयस्क को कोयला एवं चूने के पत्थर (lime stone) के साथ एक निश्चित अनुपात में मिलाकर व वात्या भट्टी (Blast furnance) में पिघलाकर, कच्चा लोहा (pig iron) प्राप्त किया जाता है।

(i) ढलवाँ लोहा (Cast iron)—इसमें 1.7% से 4.5% कार्बन होता है। यह एक भंगुर पदार्थ है, इसलिए इसका प्रयोग ऐसे मशीन पुर्जो के निर्माण में नहीं किया जाता है, जहाँ झटके वाला भार (Shock Load) उत्पन्न होता हो। इसकी तनन सामर्थ्य 100 से 200 N/mm^2, सम्पीडन सामर्थ्य 400 से 1000 N/mm^2, कत्रन सामर्थ्य 120 N/mm^2 होती है। विभिन्न प्रकार के ढलवाँ लोहे निम्न हैं—(अ) धूसर ढलवाँ लोहा (Grey cast iron), (ब) सफेद ढलवाँ लोहा (White cast iron), (स) आघातवर्धनीय ढलवाँ लोहा (Malleable cast iron), (द) एलॉय ढलवाँ लोहा (Alloy cast iron)।

(ii) पिटवाँ लोहा (Wrought iron)—यह लोहे का सबसे शुद्ध रूप हैं। इसमें 99.5% से 99.9% लोहा होता है तथा शेष 0.020% कार्बन, 0.120% सिलिकॉन, 0.018% सल्फर, 0.020% फॉस्फोरस, 0.070% मैल (slag) होता है। इसकी तनन सामर्थ्य 250 N/mm^2 से 500 N/mm^2 एवं सम्पीडन सामर्थ्य 300 N/mm^2 होती है। इसको आसानी से फोर्जित एवं वेल्डित किया जा सकता है। इसका उपयोग चेन, क्रेन, हुक, रेलवे कपलिंग व पानी तथा भाप को प्रवाहित करने के पाईप बनाने में किया जाता है।

(iii) इस्पात (Steel)—यह लोहा एवं कार्बन का एलॉय है। इसमें कार्बन 1.5 प्रतिशत तक हो सकता है। कार्बन उपस्थिति के कारण इसकी कठोरता एवं सामर्थ्य में वृद्धि होती है। कार्बन के अतिरिक्त सल्फर, फास्फोरस,

AKC TECHNICAL CLASSES

मैगनीज इत्यादि भी एक निश्चित अनुपात में मिले होते हैं जिनको मिश्रित कर इस्पात में कुछ आवश्यक गुण उत्पन्न किए जाते हैं। इस्पात को कार्बन के प्रतिशत के अनुसार नरम इस्पात (कार्बन 0.15 प्रतिशत), निम्न कार्बन इस्पात (कार्बन 0.15% से 0.45% तक) मध्यम कार्बन इस्पात (कार्बन 0.45% से 0.8% तक) तथा उच्च कार्बन इस्पात (कार्बन प्रतिशत 0.8% से 1.5% तक) में विभक्त कर सकते हैं। इसका प्रयोग कैम शाफ्ट, लीवर, बोल्ट, गियर, क्रैंक शाफ्ट इत्यादि बनाने में किया जाता है।

(iv) **एलॉय इस्पात** (Alloy steel)—एलॉय इस्पात, उस इस्पात को कहते हैं, जिसमें कार्बन के अतिरिक्त कुछ अन्य पदार्थ एक निश्चित प्रतिशत मात्रा के अनुसार आवश्यक गुणों को उत्पन्न करने के लिए मिलाए जाते हैं। उदाहरणत: घिसन प्रतिरोधी, संरक्षण प्रतिरोधी आदि तथा विद्युतीय एवं चुम्बकीय गुणों में वृद्धि करने के लिए निकिल (Nickel), क्रोमियम (Cromium), मोलिबिडिनम (Molybedenum), कोबाल्ट (Cobalt), वेनेडियम (Vanadium), मैंगनीज (Maganese), सिलिकॉन (Silicon) एवं टंगस्टन (Tungsten) इत्यादि को इस्पात में मिलाया जाता है। इनमें से कुछ का संक्षिप्त विवरण निम्न प्रकार है—

निकिल (Nickel)—इस्पात की सामर्थ्य एवं चीमड़पन (toughness) में वृद्धि करता है। निकिल इस्पात में निकिल (Nickel) 2 से 5% तथा कार्बन 0.1 से 0.5% तक होता है। इसका प्रयोग बायलर ट्यूब, इंजन वाल्व, स्पार्क प्लग इत्यादि बनाने में किया जाता है।

क्रोमियम (Chromium)—इस्पात की कठोरता एवं सामर्थ्य में वृद्धि करता है तथा उसकी प्रत्यास्था सीमा (elastic limit) में भी वृद्धि करता है। क्रोम इस्पात में 0.5 से 2% तक क्रोमियम तथा 0.1 से 1.5% तक कार्बन होता है। इसका प्रयोग बाल बियरिंग, रोल बियरिंग इत्यादि बनाने में किया जाता है।

टंगस्टन (Tungsten)—इस्पात में यह कठोरता की गहराई में वृद्धि करता है तथा इस्पात को लाल तप्त (red heat) तक गर्म करने पर उसकी कठोरता में कोई कमी नहीं होने देता है। 3 से 18% टंगस्टन एवं 0.2 से 1.5% कार्बन वाली इस्पात का प्रयोग काटने के औजार बनाने में किया जाता है। इसका मुख्य उपयोग कटिंग औजार, डाईयाँ (Dies) एवं वाल्व व टेप तथा स्थायी चुम्बक (permanent magnets) बनाने में किया जाता है।

वेनेडियम (Vanadium)—इसकी 0.2% मात्रा को औजार इस्पात (Tool steel) में मिश्रित करने पर, उसकी अनुप्रस्थ काट की ग्रेन संरचना (Grain structure) बहुत ही महीन हो जाती है। इसके प्रयोग से इस्पात की तनाव सामर्थ्य एवं प्रत्यास्थता सीमा में वृद्धि होती है। क्रोम वेनेडियम इस्पात (Chrome vanadium steel) जिसमें 0.5% से 1.5% क्रोमियम, 0.15 से 0.3% वेनेडियम तथा 0.13 से 1.1% कार्बन हो, में अधिक तनाव सामर्थ्य (Tensile strength), अधिक प्रत्यास्थता सीमा एवं तन्यता का गुण होता है। क्रोम वेनेडियम इस्पात (chrome vanadium steel) का प्रयोग स्प्रिंग्स, शाफ्ट, गियर, पिन तथा मशीन के ऐसे पुर्जे जिनको पात फोर्जित (drop forging) विधि से तैयार किया जाता है, में किया जाता है।

मैंगनीज (Magnese)—इस्पात में इसके प्रयोग से उसकी सामर्थ्य में वृद्धि होती है। 1.5% मैंगनीज व 0.40 से 0.55% कार्बन वाली एलॉय इस्पात का प्रयोग गियर, शाफ्ट तथा ऐसे मशीनी पुर्जे जिनमें अधिक सामर्थ्य के साथ-साथ अधिक तन्यता के गुण की आवश्यकता होती है, में किया जाता है।

सिलिकॉन (Silicon)—इसके प्रयोग से संक्षारण प्रतिरोधकता (anti-corrosive) गुण में वृद्धि होती है। इस्पात जिसमें 1 से 2% सिलिकॉन, 0.1 से 0.4% कार्बन हो, का प्रयोग विद्युतीय मशीनरी एवं अन्तर्दहन इन्जनों के वाल्व, स्प्रिंग्स एवं संक्षारण प्रतिरोधी (anti-corrosion) पदार्थ बनाने में किया जाता है।

कोबाल्ट (Cobalt)—इसका कार्य लाल गर्म अवस्था में इस्पात को कठोरता प्रदान करना है। ऊष्मा प्रदान प्रक्रिया (Heat treatment) के अन्तर्गत, यह इस्पात को डिकार्बुराइस (decarburise) अर्थात् कार्बन की मात्रा कम कर

AKG TECHNICAL CLASSES

उसकी कठोरता, सामर्थ्य एवं चुम्बकीय गुणों में वृद्धि करता है। इसका प्रयोग चुम्बक बनाने वाली इस्पात के लिए किया जाता है।

मोलिबिडेनम (Molybedenum)—इसकी 0.15 से 0.30% की मात्रा का प्रयोग क्रोमियम एवं मैंगनीज (0.5 से 0.8%) के साथ कर, मोलिबिडेनम इस्पात का निर्माण किया जाता है। इस इस्पात की तनाव सामर्थ्य बहुत अधिक होती है। इसका प्रयोग हवाई जहाज एवं आटोमोबाइल्स के पुर्जे बनाने में होता है। इसके प्रयोग से टंगस्टन इस्पात को अधिक गति इस्पात (High speed steel) में परिवर्तित किया जा सकता है।

(v) स्टेनलैस इस्पात (Stainless steel)—इसमें 15 से 20% निकिल, 0.1% कार्बन तथा शेष इस्पात होता है। निकिल की अधिक मात्रा होने के कारण यह अधिक सामर्थ्यवान, चीमड़ एवं संक्षारण प्रतिरोधी (anti corrosion) होता है।

स्टेनलैस इस्पात, जिसमें 11 से 14% क्रोमियम एवं लगभग 0.35% कार्बन होता है, का प्रयोग डॉक्टरों के द्वारा प्रयोग करने वाले औजारों के निर्माण में किया जाता है।

अधिकतम संक्षारण प्रतिरोधकता का गुण उत्पन्न करने के लिए उपरोक्त इस्पात को ऊष्मा उपचार के पश्चात् घिसना व पॉलिश करना आवश्यक होता है। इस्पात जिसमें 18% क्रोमियम, 8% निकिल हो, का अधिकतर प्रयोग घरेलू बर्तनों को बनाने में किया जाता है।

(b) अलौह पदार्थ (Non-Ferrous Metals)—अलौह पदार्थ में मुख्य अवयव लोहे के अतिरिक्त कोई अन्य पदार्थ होता है। अलौह पदार्थ निम्न उद्देश्यों के लिए प्रयोग किए जाते हैं—

1. संक्षारण प्रतिरोधकता (Resistance to corrosion)।
2. विशेष विद्युतीय एवं चुम्बकीय गुणों के लिए (Special Electrical and Magnetic Properties)।
3. नरमपन एवं आसानी से ठण्डी अवस्था में कार्य करने के लिए (Softness and facility of cold working)।
4. आसानी से ढलाइ के लिए (Ease of casting)।

मुख्य अलौह पदार्थ एल्यूमीनियम, ताँबा (Copper), सीसा (Lead), टिन (Tin), जस्ता (Zinc), निकिल (Nickel) एवं इनके एलॉय हैं।

(i) एल्यूमीनियम (Aluminium)—एल्यूमीनियम एक सफेद रंग का पदार्थ है। अपनी शुद्ध अवस्था में यह नरम एवं कमजोर होता है किन्तु यदि इसको दूसरे एलॉय पदार्थ के साथ मिला दिया जाए तो यह दृढ़ एवं कठोर बन जाता है। एल्यूमीनियम एलॉय के तार खींचे जा सकते हैं एवं इसको फोर्जित एवं ढलाई शाला में ढाला जा सकता है। इसकी विद्युतीय चालकता अधिक होने से इसको विद्युतीय केबिल्स में प्रयोग किया जाता है। संरक्षण प्रतिरोधी (anti-corrosive) होने के कारण इसका घरेलू बर्तनों को बनाने में अधिक प्रयोग किया जाता है। वजन में हल्का होने के कारण इसका प्रयोग वायुयान की बॉडी एवं ऑटोमोबाइल्स के अवयवों को बनाने में किया जाता है।

एल्यूमीनियम एलॉय, एल्यूमीनियम में ताँबा (copper), मैगनिशियम, मैंगनीज सिलिकॉन एवं निकलि इत्यादि में से एक या एक से अधिक एलॉय अवयवों के मिलाने से बनता है। एलॉय अवयवों की बहुत कम मात्रा मिश्रित करने पर नरम एवं कमजोर एल्यूमीनियम, एक कठोर एवं मजबूत एल्यूमीनियम एलॉय में परिवर्तित हो जाता है। जबकि दोनों ही अवस्थाओं में इसका भार बहुत कम रहता है। मुख्य एल्यूमीनियम एलॉय निम्नलिखित हैं—

(a) डयूरेल्यूमिन (Duralumin)—इसमें ताँबा 3.5 से 4.5%, मैंगनीज 0.4 से 0.7%, मैंगनीशियम 0.4 से 0.7% तथा शेष एल्यूमीनियम होता है। यह एलॉय अधिकतम सामर्थ्य, ऊष्मा उपचार (Heat treatment) के पश्चात् प्राप्त करता है। इसका अधिकतर उपयोग फोर्जन, स्टेम्पिग (stamping), चादरों के रूप में, ट्यूब एवं रिवेट (rivets) इत्यादि के निर्माण में किया जाता है। इस पर 500°C तापक्रम पर विभिन्न क्रियाएँ की जा सकती हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

(b) **Y-एलॉय**—यह ताँबे (copper) एवं एल्यूमीनियम (aluminium) का एलॉय है। शुद्ध एल्यूमीनियम में ताँबे को मिश्रित करने पर उसकी सामर्थ्य एवं आघातवर्धनीयता (malleability) में वृद्धि होती है। इस एलॉय में ताँबा 3.5 से 4.5%, मैंगनीज 1.2 से 1.7%, निकल 1.8 से 2.3%, सिलिकॉन, मैंगनीशियम, लोहा में से प्रत्येक 0.6% तथा शेष एल्यूमिनियम होता है। अधिक ताप पर इसकी सामर्थ्य डयूरेलिमीन की सामर्थ्य से अधिक होती है।

इसका मुख्य उपयोग फोर्जित अवयवों के बनाने में तथा एयर-क्राफ्ट इन्जन के सिलिण्डर हैड एवं पिस्टन इत्यादि बनाने में किया जाता है।

(c) **मैगनेलियम** (Magnalium)—यह एल्यूमीनियम को 2 से 10% मैंगनिशियम के साथ निर्वात (vacuum) में पिघलाने एवं 100 से 200 वायु-मण्डलीय दबाव पर ठण्डा करने से बनाया जाता है। इसके 1.75% के लगभग ताँबा होता है। इसका भार कम एवं यान्त्रिक गुण (mechanical properties) अधिक होते हैं। इसका मुख्य रूप में प्रयोग एयर क्राफट एवं आटोमोबाइल्स के विभिन्न अवयवों के बनाने में किया जाता है।

(d) **हिण्डेलियम** (Hindalium)—यह एल्यूमीनियम, मैंगनीशियम एवं बहुत कम मात्रा में क्रोमियम मिश्रित एलॉय है। इसका उत्पादन 16 गेज की चादरों के रूप में किया जाता है। चादरों के द्वारा एनोडाइजड बर्तनों का निर्माण किया जाता है। 'हिण्डेलियम' उपरोक्त एल्यूमीनियम एलॉय का ट्रेड नाम है।

(ii) ताँबा (Copper)—यह लाल-भूरे रंग का अलौह धातु है। यह मुलायम, अघातवर्धनीय (malleable) एवं तन्य (ductile) पदार्थ है। इसका गलनांक (melting point) 1083°C है तथा यह विद्युत का अच्छा सुचलाक है। इसका अधिक प्रयोग विद्युत तार तथा विद्युत केबिल्स, विद्युत मशीन्स अवयव व इलेक्ट्रो-प्लेटिंग में किया जाता है। इसको ढाला (cast), फोर्जित (forged), चादरों के रूप में लपेटा एवं तार (wires) के रूप में खींचा जा सकता है। इस पर जंग (corrosion) नहीं लगता है अर्थात् संक्षारण विरोधी (anti-corrosive) है तथा साधारण परिस्थितियों में वायुमण्डलीय गैसों का विरोध करता है। इसका प्रयोग अधिकतर जिंक (Zinc), निकिल (Nickel), एल्यूमीनियम (Aluminium) एवं टिन (Tin) के साथ मिश्रित कर उपयोगी एलॉय बना कर किया जाता है।

अभियान्त्रिकी में ताँबा व जस्ता (zinc) का एलॉय, जिसको पीतल (brass) एवं ताँबा-टिन (tin) का एलॉय, जिसको काँसा (bronze) कहते हैं, में अधिकतर प्रयोग किया जाता है।

(iii) पीतल (Brass)—यह ताँबा एवं जस्ता (zinc) का एलॉय है। ताँबा एवं जस्ते के विभिन्न अनुपात को मिश्रित कर विभिन्न गुणों वाले पीतल (brasses) का निर्माण किया जाता है। यदि पीतल (brass) में, 1 से 2% सीसा (lead) मिला दिया जाए तो पीतल के मशीनिंग गुण में वृद्धि की जा सकती हे। इसकी सामर्थ्य में भी वृद्धि होती है, किन्तु विद्युत चालकता में कमी आती है। पीतल (brass) पर वायुमण्डलीय गैसों के कारण जंग (corrosion) नहीं लगता है। इसको आसानी से किसी भी आकृति में परिवर्तित किया जा सकता है तथा निकिल एवं क्रोमियम के साथ इलेक्ट्रोप्लेटिंग की जा सकती है।

इसका प्रयोग विभिन्न प्रकार की चादरें, तार खींचने, ट्यूब बनाने इत्यादि में किया जाता है।

(iv) काँसा (Bronze)—ताँबे एवं टिन के एलॉय को काँसा (Bronze) कहते हैं। अभियान्त्रिकी में ताँबा 75 से 95% एवं टिन (tin) 5 से 25% तक मिश्रित कर विभिन्न प्रकार का काँसा बनाया जाता है। इसको पीतल की तुलना में आसानी से किसी भी आकृति में परिवर्तित किया जा सकता है। इसकी चादरें, छड़ें एवं तार बनाए जाते हैं। यह पीतल की तुलना में अधिक संक्षारण प्रतिरोधी (anti-corrosive) है।

(a) **फॉस्फोरस ब्रोंज**—इसमें 87-90% ताँबा, 9 से 10% टिन व 0.1 से 0.3% फॉस्फोरस होता है। इसका प्रयोग बियरिंग, वर्म पहिए, गियर, लीड स्क्रू (lead screw), पम्प के पुर्जे, स्प्रिंग के तार इतयादि बनाने में किया जाता है।

(b) **सिलिकॉन ब्रोंज**—इसमें 96% ताँबा, 3% सिलिकॉन एवं 1% मैंगनीज या जस्ता (zinc) होता है। इसका संक्षारण प्रतिरोधी (anti-corrosion) गुण अधिक होता है। इसका प्रयोग बॉयलर, टैंक एवं स्टोव इत्यादि बनाने में जहाँ अधिक सामर्थ्य एवं संक्षारण प्रतिरोधी (anti corrosion) गुण की आवश्यकता है, किया जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

(c) **बेरेलियम ब्रोंज**—इसमें 97.75% ताँबा एवं 2.25% बेरेलियम होता है। इसका घिसन प्रतिरोधी गुण फॉस्फोरस ब्रोंज की तुलना में पाँच गुना अधिक है। इसलिए इसका प्रयोग स्प्रिंग पदार्थ के रूप में, विद्युत स्विच में, कैम एवं ब्रुश इत्यादि बनाने में किया जाता है।

(d) **मैंगनीज ब्रोंज**—इसमें 60% ताँबा, 35% जस्ता एवं 5% मैंगनीज होता है। यह भी संक्षारण प्रतिरोधी (anti corrosive) पदार्थ है। इसका प्रयोग विभिन्न प्रकार के बुश, प्लन्जर, छड़ें, वर्म गियर इत्यादि निर्मित करने में किया जाता है।

(e) **एल्यूमीनियम ब्रोंज**—यह ताँबा एवं एल्यूमीनियम का एलॉय है। इसमें एल्यूमीनियम 6 से 8% तक होता है। यह भी संक्षारण प्रतिरोधी (anti corrosive) पदार्थ है। इसका प्रयोग गियर, प्रोपेलर शाफ्ट, कन्डेन्सर बोल्ट, ट्यूब पम्प के अवयव, स्लाइड वाल्व, कैम, रोलर इत्यादि बनाने में किया जाता है।

(v) गन मेटल (Gun metal)—यह ताँबा, जस्ता (zinc) एवं टिन (tin) का एलॉय है। इसमें ताँबा 88%, जस्ता 2% एवं टिन 10% होता है। इस पर ठण्डी अवस्था में कार्य नहीं किया जा सकता है। इसको 600°C तक गर्म करके फोर्जित किया जाता है। यह सामर्थ्यवान एवं संक्षारण प्रतिरोधी (anti-corrosive) पदार्थ है। इसका प्रयोग बॉयलर की विभिन्न फिटिंग्स में बुश, बियरिंग, ग्लैण्ड इत्यादि बनाने में किया जाता है।

(vi) सीसा (Lead)—यह नीला हरे रंग का पदार्थ है। यह इतना नरम होता है कि इसको चाकू से काटा जा सकता है। इसमें तन्यता बिल्कुल नहीं होती है। इसका प्रयोग मुख्यत: राँगा (solder) बनाने में किया जाता है। सीसे (Leads) के एलॉय, ऐसी परिथितियों में प्रयोग किए जाते हैं, जहाँ सस्ते एवं संक्षारण प्रतिरोधी पदार्थों की आवश्यकता होती है। 83% सीसा, 15% एन्टीमनी, 1.5% टिन एवं 0.5% ताँबा के एलॉय का प्रयोग ऐसी बियरिंग्स बनाने में किया जाता है, जिन पर बहुत कम कार्य भार हो।

(vii) टिन (Tin)—यह एक सफेद रंग का चमकदार एवं नरम, आघातवर्धनीय व तनन पदार्थ है। इसको पतली चादरों के रूप में लपेटा जा सकता है। इसका उपयोग एलॉय व महीन राँगा (solder) बनाने में होता है। राँगे का प्रयोग लोहे एवं इस्पात की चादरों पर सुरक्षात्मक लेप (coating) के रूप में किया जाता है। टिन पत्तर (tin foil) का उपयोग नमी के प्रभाव से मुक्त पैकिंग के लिए किया जाता है।

(2) अधातु पदार्थ (Non-metallic Materials)—अधातुओं के प्रमुख गुण कम घनत्व, लचीलापन, ऊष्मा तथा विद्युत का प्रतिरोधी होना, कम कीमत का होना इत्यादि है। मुख्य अधातु पदार्थ निम्न हैं—

(i) प्लास्टिक (Plastic)—प्लास्टिक एक सिंथेटिक पदार्थ है, जिसको साधारण ताप पर दाब लगाकर विभिन्न आकृतियों में परिवर्तित किया जा सकता है।

प्लास्टिक दो प्रकार की होती हैं—

(1) थर्मोसेटिंग प्लास्टिक (Thermosetting Plastic) एवं

(2) थर्मोप्लास्टिक (Thermoplastic)।

थर्मोसेटिंग प्लास्टिक एक स्थायी उत्पाद है, जिसको ताप एवं दबाव के अन्तर्गत निर्मित किया जाता है। थर्मोसेटिंग प्लास्टिक के कुछ मुख्य उत्पाद फिनोल फॉर्मेलडिहाइड (Phenol formaldehyde) जिसको साधारण भाषा में बैकेलाइट (Bakelite), फिनोल-फुरफराल (Phenol-furfural) जिसको साधारण भाषा में ड्यूराइट (Durite), यूरिया फोरमलडिहाइड (Urea formaldehyde) जिसको प्लास्कन (Plaskon) कहते हैं, होते हैं।

थर्मोप्लास्टिक पदार्थ, दबाव व ताप के अन्तर्गत कठोर नहीं होते हैं तथा इनमें कोई रासायनिक क्रिया नहीं होती है। इसको बार-बार पिघलाया जा सकता है। थर्मोप्लास्टिक के मुख्य उत्पाद सेलुलोज नाइट्रेट, पोलिथीन, पोलिविनाइल ऐसीटेट, पोलिविनाइल क्लोराइड (PVC) इत्यादि हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

प्लास्टिक का मुख्य गुण संक्षारण प्रतिरोधी (anti-corrosive) होना व स्थायित्व (stability) है। इसका मुख्य उपयोग वायुयान एवं आटोमोबाइल्स के पुर्जे बनाने में, सुरक्षात्मक ग्लास, पत्तीदार स्प्रिंग्स, घिरनियाँ (Pullies) एवं स्वयं स्नेहन बियरिंग (self lubricating bearings) बनाने में किया जाता है।

(ii) रबर (Rubber)—यह एक लचीला पदार्थ है। इसे उदासीन प्लास्टिक भी कहते हैं। यह घिसन प्रतिरोधी, ऊष्मा, विद्युत, अम्ल व क्षार का प्रतिरोधी है। नरम रबर को विद्युत इन्सुलेशन के रूप में, शक्ति पारेषित करने के लिए बेल्ट को निर्मित करने के लिए आधार के रूप में प्रयोग किया जाता है। मजबूत रबर का उपयोग पाइपिंग (piping) में किया जाता है।

(iii) चमड़ा (Leather)—यह बहुत ही लचीला व मुलायम पदार्थ है। इसका उपयोग शक्ति संचारण के लिए पट्टा बनाने में व पैकिंग वाशर के रूप में किया जाता है।

(iv) फैरोडो (Ferodo)—एस्बेस्टस के ऊपर लैड ऑक्साइड का अस्तर लगाने पर यह पदार्थ बनता है। इसको साधारणतया क्लच एवं ब्रेक के घर्षण अस्तर बनाने के लिए किया जाता है। "फैरोडो" इसका ट्रेड नाम है।

1.2.3.(c) यांत्रिक अभिकल्पन में पदार्थों का चयन (Selection of Materias in Mechanical Design)

किसी मशीन के पुर्जे या मशीनी अवयव के लिए पदार्थ का चयन करते समय निम्न बातों का ध्यान रखना आवश्यक है—

1. पुर्जे या अवयव के लिए निश्चित आकृति व आकार के अनुसार, इस पर लगने वाले बलों के अन्तर्गत, उत्पन्न प्रतिबलों को सहन करने की क्षमता, चयनित पदार्थ में होनी चाहिए।
2. पुर्जे या अवयव के कार्यशील होने पर, उत्पन्न दशाओं (Working Conditions) में अपनी आकृति को बनाए रखने की क्षमता, चयनित पदार्थ में होनी चाहिए।
3. चयनित पदार्थ में आवश्यकतानुसार घिसन प्रतिरोधी, कठोरता, चीमड़पन, झटकों को सहन करने इत्यादि के गुण मौजूद होने चाहिए।
4. विद्युतीय यन्त्रों के लिए ऐसे पदार्थों का चयन किया जाए जिनमें आवश्यकतानुसार उपरोक्त गुणों के अतिरिक्त विद्युत चालकता का गुण होना आवश्यक है। विद्युतीय हस्त औजारों (Hand tools) में विद्युत कुचालकता का गुण होना चाहिए।
5. चयनित पदार्थ आसानी से उपलब्ध होना चाहिए।
6. चयनित पदार्थ का मूल्य कम होना चाहिएं यह मितव्ययी (economical) होना चाहिए।

1.2.3.(d) पदार्थों के चयन का सिद्धान्त (Criterion of Material Selection)

यांत्रिकी इंजीनियरी डिज़ाइन में पदार्थ का चयन महज विज्ञान नहीं बल्कि एक कला (Art) है। व्यक्तिगत अनुभव तथा परम्परागत व्यवहार में आने वाले पदार्थों के बीच उचित तालमेल तथा नई तकनीक और मूल्य को ध्यान में रखते हुए ऐसे पदार्थ का चयन करना, जो अपेक्षाओं के अनुरूप हो, वास्तव में मशीन डिज़ाइन का सर्वाधिक महत्त्वपूर्ण पद है। किसी मशीन अथवा उसके अंग के लिए पदार्थ का चयन निम्न चरणों में किया जाता है—

(1) पदार्थ से अपेक्षाएँ निर्धारित करना (Define the material requirements)—सर्वप्रथम पदार्थ के गुणों तथा उत्पाद द्वारा पूर्ण किए जाने वाले उद्देश्य को ध्यान में रखते हुए पदार्थ से अपेक्षाओं की सूची तैयार कर ली जाती है। अंग भार में हल्का हो, रख-रखाव का खर्च कम हो, उच्च सतह परिष्कृति (high surface finish) वाला हो तथा सस्ता हो, आदि प्रमुख वाँछित गुण हैं। कभी-कभी ऐसी स्थिति भी आती है कि एक अधिक वाँछित गुण के कारण दूसरे कम वाँछित गुण को त्यागना

AKC TECHNICAL CLASSES

पड़ता है। जैसे—उच्च क्षमता तथा यथार्थता हो तथा लागत अधिक हो। ऐसी परिस्थितियों में दोनों उद्देश्यों के तुलनात्मक महत्त्व को ध्यान में रखकर आवश्यक निर्णय लिया जाता है। इस प्रकार अंग के वाँछित उद्देश्यों तथा उससे सम्बन्धित पदार्थ अपेक्षाओं की सूची तैयार कर ली जाती है। (देखें तालिका 1.2)

तालिका 1.2

	अंग के उद्देश्य (Objectives of Product)	पदार्थ से अपेक्षाएँ (Material Requirements)
1.	कार्यकारी दशाओं (Working conditions) के लिए आवश्यकताएँ	तनाव, संपीडन, नमन, कर्तन, मरोड़, कड़ापन, कठोरता सम्बन्धी सामर्थ्य। आघात प्रतिरोधकता, क्रीप, विशिष्ट ऊष्मा, घनत्व, प्रसार गुणांक, चुम्बकीय तीव्रता आदि।
2.	भार (Weight)	विशिष्ट भार तथा सामर्थ्य आदि।
3.	प्रारम्भिक लागत	पदार्थ का बाजार भाव, परिवहन लागत आदि।
4.	निर्माण लागत (Manufacturing cost)	मशीनन, फोर्जन, वेल्डन तथा ढलाई आदि के लिए क्षमताएँ। (अच्छी क्षमताओं से निर्माण लागत में कमी आती है।)
5.	रख-रखाव लागत (Maintenance cost)	घिसाई तथा अफलता के गुण। स्नेहन व संक्षारण (corrosion) से सम्बन्धित गुण।
6.	यथार्थता (Accuracy)	घिसाई, कठोरता, कड़ापन तथा उष्मा उपचार सम्बन्धी गुण तथा प्राप्य (obtainable) सतह परिष्कृति आदि।
7.	आधुनिक एवं सुन्दर (Aesthetics)	उच्च सतह परिष्कृति, प्राकृतिक दिखावट तथा सतह लेपन आदि।
8.	सुरक्षा (Safety)	रासायनिक गुण, असफल होने के गुण आदि।
9.	शोर (Noise)	मन्दन (damping) का गुण, कड़ापन आदि।
10.	जीवनकाल (Life)	घिसाई प्रतिरोधकता, संक्षारण प्रतिरोधकता आदि।
11.	दक्षता (Efficiency)	सतह के गुण (Surface properties) जैसे घर्षण गुणांक (coefficient of friction), सतह परिष्कृति (surface finish), कठोरता, तापीय गुण (thermal properties) आदि।

(2) सम्भावित पदार्थ निश्चय करना (Find possible materials)—पदार्थ की अपेक्षाओं के आधार पर कई पदार्थों के नाम पर विचार किया जाता है। उन सम्भावित पदार्थों में से उन पदार्थों को छाँटते हैं जो लगभग सभी पदार्थ-अपेक्षाओं को पूर्ण करते हैं। कुछ प्रभावकारी कारक जैसे संसाधनों की सीमितता, उपभोक्ता द्वारा वाँछित प्रतिबन्ध तथा पर्यावरण सम्बन्धी प्रतिबन्धों के कारण कुछ सम्भावित पदार्थों का विचार त्यागना पड़ सकता है। इनमें से कुछ प्रभावकारी कारक निम्नलिखित तालिका 1.3 में दिए गए हैं—

AKC TECHNICAL CLASSES

तालिका 1.3

	प्रभावकारी कारक	प्रभावकारी कारकों के विशिष्ट प्रतिबन्ध
1.	संसाधनों की सीमितता (Resources limitations)	पदार्थ की उपलब्धता, उपलब्ध निर्माण-प्रक्रम तथा परिवहन (Transportation) के उपलब्ध साधन आदि।
2.	उपभोक्ता द्वारा वाँछित प्रतिबन्ध (User's Restrictions)	अधिकतम सम्भावित लागत, अधिकतम भार, अधिकतम अनुमन्य शोर (Noise) स्तर, वाँछित अंगों की मात्रा, रख-रखाव का अनुमन्य स्तर, न्यूनतम जीवन काल (service life) आदि।
3.	पर्यावरण सम्बन्धी प्रतिबन्ध	सामाजिक, राजनीतिक एवं आर्थिक प्रतिबन्ध आदि। उपभोग सम्बन्धी पर्यावरण प्रतिबन्ध, मानकीकरण (standardisation) की आवश्यकताएँ तथा निर्माण के अन्तर्गत उपजे व्यर्थ पदार्थ की उपयोगिता पर प्रतिबन्ध आदि।

(3) सर्वोत्तम पदार्थ का चयन (Selection of best material)—अन्तिम चरण में द्वितीय चरण में निश्चित किए गए पदार्थों में से सर्वाधिक उपयुक्त पदार्थ का चयन किया जाता है। यह चयन करते समय प्रयोगों, उपभोक्ता की प्रतिक्रिया, तकनीकी अनुभव तथा सर्वेक्षण आदि का सहारा लिया जाता है। इस प्रकार अंग के लिए उपयुक्तम पदार्थ का चयन करके उसको मानक रूप में विशिष्टत: (specify) कर दिया जाता है।

1.3. अभिकल्पन में इर्गोनोमिक्स तथा कलात्मक विचार (Ergonomics and Aesthetic Consideration in Design)

1.3.1.(A) इर्गोनोमिक्स (Ergonomics)

इर्गोनोमिक्स को मनुष्य तथा मशीन के मध्य सम्बन्ध तथा शारीरिक रचना, जीवन पद्धति तथा मनोवैज्ञानिक सिद्धान्तों का प्रयोग करके मानव मशीन सम्बन्ध से होने वाली समस्याओं का समाधान करने से परिभाषित किया जा सकता है।

"Ergonomics is defined as the relationship between man and machine and the application of anatomical, physiological and psychological principles to solve the problem arising from this relationship."

शब्द Ergonomics दो ग्रीक शब्दों 'Ergon' जिसका अर्थ है 'Work' अर्थात् कार्य तथा "nomos" जिसका अर्थ है "natural laws" अर्थात् 'प्राकृतिक नियम', से मिलकर बना है। इस प्रकार इर्गोनोमिक्स का अर्थ है कार्य करने हेतु प्राकृतिक नियम *"Ergonomics means the natural law of work."*

इर्गोनोमिक्स का उद्देश्य/लक्ष्य (Objective/Aims of Ergonomics)—**इर्गोनोमिक्स का मुख्य उद्देश्य मशीन को उसके उपयोगकर्त्ता के अनुरूप बनाना है न कि उपयोगकर्त्ता स्वयं को मशीन के अनुरूप ढाल ले।**

इसका लक्ष्य उपयोगकर्त्ता के भौतिक तथा मानसिक प्रतिबलों में कमी लाना है।

AKC TECHNICAL CLASSES

इर्गोनोमिक्स का क्षेत्र (Scope of Ergonomics)—इर्गोनोमिक्स का क्षेत्र हैं—

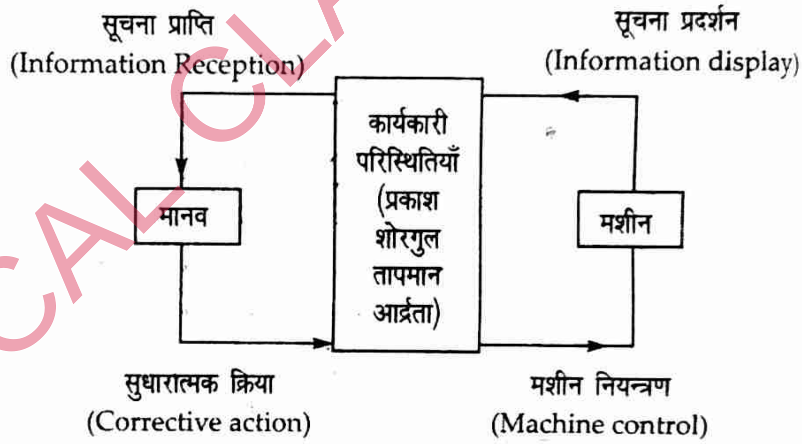
1. मानव तथा मशीन के मध्य सम्बन्ध (Man-machine reationship),
2. कार्यकारी परिस्थितियाँ (Working environment),
3. मशीन का प्रयोग करते समय मुद्रा (Human and posture), तथा
4. हाथ-पैर से कार्य करने में ऊर्जा व्यय (Energy expenditure)।

मानव-मशीन सम्बन्ध (Man-machine relationship)—

1. कोई भी मशीन लम्बे समय तक लगातार बिना मानव की सहायता के नहीं चल सकती है।
2. कार्य को मानव-मशीन सिस्टम द्वारा सम्पन्न किया जा सकता है।
3. इस प्रकार मानव-मशीन सिस्टम को मानव तथा मशीन के मध्य होने वाली उन गतिविधियों के संयोजन द्वारा परिभाषित किया जा सकता है जो दिए गए निवेश (input) से वाँछित निर्गत (output) प्राप्त करने हेतु की जाती है।

चित्र 1.9 में मानव-मशीन सम्बन्ध को प्रदर्शित किया गया है जिसके अनुसार—

1. प्रचालक (operator), मशीन के प्रचालन सम्बन्धी सूचना डिस्प्ले (display) से प्राप्त कर सकता है।
2. यदि उसे लगता है कि इसमें कोई सुधार किया जाना आवश्यक है तो वह सुधारात्मक क्रिया (corrective action) करके कण्ट्रोल अथवा लीवर को प्रचालित कर सकता है।



चित्र-1.9 मानव-मशीन सम्बन्ध

3. इस सुधारात्मक क्रिया से मशीन के निष्पादन (performance) पर फर्क पड़ेगा जो डिस्प्ले पैनल पर दिखाई देगा।
4. इस प्रणाली में दो स्थानों पर मानव-मशीन सम्पर्क होगा। प्रथम, डिस्प्ले पैनल, जहाँ सूचना मानव को दी जाती है तथा दूसरा कण्ट्रोल, जो मशीन के समंजन (adjustment) हेतु मानव द्वारा प्रचालित किया जाएगा।

1.3.1.(b) कण्ट्रोल हेतु उपकरण का अभिकल्पन (Design of Equipment for Control)

1. संचार प्रणाली, युक्तियों (devices) के कण्ट्रोल उपकरण से युक्त होगी जिसमें एक अंशांकित डायल अथवा एक डिस्प्ले/सिग्नल हो सकता है जो निर्देशों के अनुरूप मशीन के प्रत्युत्तर (response) को प्रदर्शित करेगा।

2. कण्ट्रोल उपकरण के प्रकार (types) तथा साइज (size) का चुनाव अनेक कारकों पर निर्भर करता है जिनमें से मुख्य हैं—

(i) कण्ट्रोल की वाँछित यथार्थता (accuracy)
(ii) वाँछित प्रचालक बल (operating force)
(iii) प्रक्रिया की वाँछित गति (required speed of the process)
(iv) ऑन/ऑफ या कम/अधिक करने हेतु गति की दिशा (direction of movement)
(v) वाँछित परास (required range)

AKC TECHNICAL CLASSES

कण्ट्रोल उपकरण के प्रकार (Types of Control Equipments)

प्रमुख कण्ट्रोल उपकरण निम्न प्रकार हैं—

(i) **हैण्ड व्हील** (Hand wheel)—300 N से 400 N तक के स्पर्शीय बल के संगत (corresponding) बलाघूर्ण (torque) यदि पहिए के रिम को दोनों हाथों से दृढ़तापूर्वक पकड़ा जाए।

(ii) **छोटी क्रैंक** (Small crank)—क्रैंक जो 10 से 20 N भार के साथ उच्च गतियों पर प्रचालित की जा सकती है, जिसकी अधिकतम गति 200 rpm, हैण्डिल की लम्बाई 40 mm तथा पकड़ (grip) का व्यास 10 mm हो।

(iii) **गोल घुण्डी** (Round knob)—जो हस्त प्रचालित हों, व्यास 10 mm से 150 mm अधिक हो तथा 2.5 Nm का बलाघूर्ण (torque) पारेषित कर सकती है।

(iv) **जॉयस्टिक** (Joysticks)—यह एक लीवर होती है जिसकी स्वतन्त्रता की कोटि (degree of freedom) 2 होती है तथा जो एक साथ दो स्वतन्त्र चर (variable) नियन्त्रित करने हेतु प्रयुक्त होती हो जैसे—आटोमोबाइल्स के गियर बॉक्स का प्रचालक लीवर तथा सलेक्टर स्विच।

(v) **पुश बटन** (Push button)—ये दो स्टेट पैरामीटरों (state parameters) को नियन्त्रित करने हेतु प्रयोग किए जाते हैं तथा अप्रचालित अवस्था में लौटने के लिए प्रयास कर सकते हैं यदि इन्हें दबाया न गया हो जैसे कार का हॉर्न या विमोचन (release) होने के लिए दोबारा दबाव वाँछित हो जैसे की T.V. का ऑन/ऑफ स्विच।

कण्ट्रोल के अभिकल्पन में इर्गोनोमिक्स विचार (Ergonomic Consideration in Design of Control)

(i) कण्ट्रोल अवयव की आकृति, जो हाथ के सम्पर्क में आती है, मानव हाथ की रचना (anatomy) के अनुरूप होनी चाहिए।

(ii) कण्ट्रोल आसानी से पहचान वाला (accessible) तथा औचित्यपूर्ण स्थिति (logically positioned) में होना चाहिए।

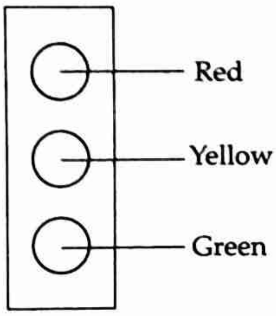
(iii) उचित रंग से लाभकारी मनोवैज्ञानिक प्रभाव (psychological) पड़ता है। ध्यान आकर्षित करने के लिए कण्ट्रोल को मशीन टूल की ग्रे (Grey) बैकग्राउण्ड के साथ लाल रंग में पेण्ट किया जाना चाहिए।

डिस्प्ले कण्ट्रोल का अभिकल्पन (Design of Display Control)

डिस्प्ले (Display)—**डिस्प्ले वह उपकरण होता है जिसके द्वारा मनुष्य मशीन से सूचना (information) प्राप्त करता है। डिस्प्ले में गति, यथार्थता (accuracy) तथा सुग्राहिता (sensitivity) का उचित संयोजन होता है।**

डिस्प्ले के प्रकार (Types of Display)—ये प्रमुखतया दो प्रकार के होते हैं—

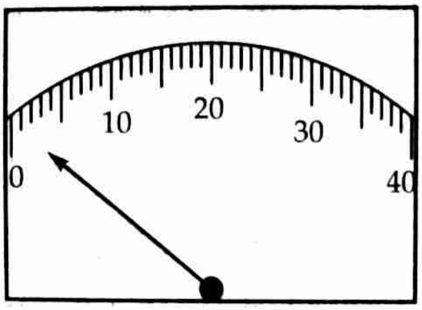
(i) **गुणात्मक डिस्प्ले** (Qualitative Displays)—वह डिस्प्ले या सिग्नल, जो केवल एक स्थिति/अवस्था को प्रदर्शित करता है, उसके मान (value) को नहीं गुणात्मक डिस्प्ले कहलाता है। उदाहरण के लिए, वाल्व खोलने/बन्द करने हेतु ऑन/ऑफ रिस्पाँस (On/Off response), पावर ऑन/ऑफ ट्रैफिक सिग्नल।



चित्र-1.10 गुणात्मक डिस्प्ले

(ii) **मात्रात्मक डिस्प्ले** (Quantitative Displays)—वह डिस्प्ले जो मात्रात्मक मापन या आँकिक सूचना (numerical information) प्रदर्शित करता है, मात्रात्मक डिस्प्ले कहलाता है। उदाहरण के लिए—मोटर साइकिल का फ्यूल डिस्प्ले, वोल्ट मीटर, अमीटर, स्पीडोमीटर, घड़ी आदि।

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र-1.11 मात्रात्मक डिस्पले

डिस्प्ले के अभिकल्पन में इर्गोनोमिक्स विचार (Ergonomics Condensation in Design of Display)—

(i) डायल इण्डीकेटर का पैमाना उचित रेखीय उत्तरोत्तर (linear progression) में विभाजित होना चाहिए।

(ii) उपविभागों (subdivisions) की संख्या न्यूनतम होनी चाहिए।

(iii) सीधे डायल पर सीधे अक्षरों तथा घूमने वाले (rotating) डायल पर त्रैज्यिक अक्षरों का प्रयोग किया जाना चाहिए।

(iv) सूचक तीव्र धार (Sharp edge) का होना चाहिए तथा पैरेलेक्स त्रुटि (parallax error) को न्यूनतम रखने के लिए दर्पण लगा होना चाहिए।

(v) रंग, आकृति तथा आकार की मदद से डिस्प्ले ग्रुप में अन्तर स्थापित करना चाहिए।

(vi) वृत्तीय पैमाने पर दक्षिणावर्त (clockwise) दिशा में क्रम से बढ़ते हुए नम्बर लिखे जाने चाहिए। ऊर्ध्वाधर पैमाने पर ऊपर बढ़ते हुए तथा क्षैतिज पैमाने पर बाएँ से दाएँ बढ़ते हुए लिखे जाने चाहिए।

(vii) महत्त्वपूर्ण डिस्पले जैसे चेतावनी (warning) आदि को फ्लैश लाइट द्वारा अधिक प्रभावशाली बनाना चाहिए।

(viii) अक्षरों अथवा अंकों की ऊँचाई निम्नानुसार होनी चाहिए—

$$\text{ऊँचाई (height)} \geq \frac{\text{पढ़ने वाली दूरी (Reading Distance)}}{200}$$

1.3.1.(c) कार्यकारी परिस्थितियाँ तथा सुरक्षा (Working Environment and Safety)

1. कार्यकारी परिस्थितियों से मानव-मशीन सम्बन्धों पर प्रभाव पड़ता है।
2. मानव द्वारा औद्योगिक वातावरण में अनेक संक्रियाएँ की जाती हैं जैसे—कार्य तथा उपकरणों का नियन्त्रण, निरीक्षण तथा अनुरक्षण आदि।
3. कार्यकारी परिस्थितियाँ, प्रचालक की सेहत तथा दक्षता पर प्रभाव डालती है। कुछ प्रमुख कारक, जो मानव की दक्षता को प्रभावित करते हैं, निम्न प्रकार हैं—

(i) प्रकाश, (ii) शोरगुल, (iii) तापमान, (iv) आर्द्रता, (v) वायु गुणवत्ता, संवातन (ventilation), (vi) कम्पन

(i) प्रकाश (Lighting)—

(a) उचित प्रकाश व्यवस्था होनी चाहिए तथा आस्ट्रेलियायी मानक 1680 का अनुपालन करने वाली होनी चाहिए।

(b) बहुत अधिक अथवा बहुत कम प्रकाश से सिरदर्द, बेचैनी, आँखों में जलन आदि हो सकते हैं। इससे उत्पादकता में कमी आती है।

(c) प्रकाश स्रोतों से अवाँछित परावर्तन (reflection), चौंध (glare), छाया (shadow) आदि हो सकते हैं जो कार्यस्थल पर कार्य को बाधित कर सकते हैं। ये किसी देखने वाले कार्य (visual task) को भी बाधित कर सकते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

(d) बहुत कम ऊँचाई पर प्रकाश होने से डिप्रेशन (dipression) जैसी समस्या हो सकती है।

(ii) शोरगुल (Noise)—

(a) अधिक शोरगुल में रहने से कान में बहरापन होने की सम्भावना होती है।

(b) परेशान करने वाले शोरगुल से व्यक्ति परेशान होता है जिसका असर उसकी कार्यक्षमता तथा निष्पादन पर होता है।

(c) शोरगुल से कभी-कभी आवश्यक निर्देश या चेतावनी जैसे—फायर अलार्म आदि सुनाई नहीं पड़ते जो अत्यन्त हानिकारक हो सकता है।

(iii) तापमान (Temperature)—

(a) एक प्रचालक सही रूप से कार्य कर सके इसके लिए आवश्यक है कि कार्यस्थल का तापमान न बहुत अधिक हो और न बहुत कम।

(b) जब भारी कार्य कर रहे हों तो तापमान कम तथा जब हल्का कार्य कर रहे हो तो तापमान अधिक रहना चाहिए।

(iv) आर्द्रता (Humidity)—सामान्य तापमानों पर आर्द्रता, प्रचालक की दक्षता को कम प्रभावित करती है परन्तु अधिक तापमानों पर यह दक्षता को प्रभावित करती है।

(v) वायु गुणवत्ता तथा संवातन (Ventilation)—

(a) उच्च तापमान तथा उच्च आर्द्रता के प्रभाव को कम करने के लिए उचित संवातन अति आवश्यक है।

(b) वायु में धूल, गन्दगी के कण नहीं होने चाहिए।

(vi) कम्पन (Vibration)—

(a) कम कम्पन होने पर भी यह मानव की दक्षता को प्रभावित करते हैं जिससे रीढ़ की हड्डी को नुकसान पहुचता है।

(b) हाथ तथा भुजाओं में कम्पन से नसों और हड्डियों में बुरा प्रभाव होता है। इससे कमर दर्द, सिर दर्द आदि समस्याएँ हो सकती हैं।

1.3.2. अभिकल्पन में कलात्मक विचार (Aesthetic Consideration in Design)

प्रत्येक उत्पाद का एक निश्चित उद्देश्य होता है और उसे ग्राहक की सन्तुष्टि हेतु एक विशिष्ट कार्य करना होता है। ग्राहक तथा उत्पाद के मध्य सम्बन्ध उनके कार्यकारी आवश्यकता के कारण बनते हैं। उदाहरण के लिए—एक रेफ्रीजरेटर, किसी घर की आवश्यकता इसलिए है क्योंकि वह खाद्य पदार्थों को एक सप्ताह या अधिक समय तक संरक्षित कर सकता है।

क्योंकि बाजार में एक ही कीमत, दक्षता तथा सेवाकाल (service life) के अनेकों उत्पाद उपलब्ध होते हैं अत: ग्राहक केवल सर्वाधिक अच्छा (most appealing) लगने वाले उत्पाद की ओर ही आकर्षित होता है। वे मापदण्ड (parameters) जिन पर ग्राहक एक उत्पाद का चयन करते समय सामान्यतया विचार करता है, निम्न हैं—

(i) कार्यकारी निष्पादन (functional performance)

(ii) टिकाऊपन (durability)

(iii) रूप-रंग या बाह्यकृति (appearance)

(iv) प्रारम्भिक तथा परिचालन लागत (initial and running cost)

(v) सुविधाजनक (comfortable)

(vi) विपरीत परिस्थितियों में कार्य करते रहने की क्षमता (ability to withstand the adverse conditions)।

AKC TECHNICAL CLASSES

1.3.2.(a) कलात्मक अभिकल्पन में दिशा निर्देश (Guidelines in Aesthetic Design)

शब्द 'कलात्मक' से सौन्दर्य के सिद्धान्तों का बोध होता है। यह उत्पाद के रूप-रंग से सम्बन्धित है। उत्पाद का अभिकल्पन करते समय कलात्मक विचारों की बढ़ती हुई माँग से ही एक अलग शाखा "**औद्योगिक अभिकल्पन**" (Industrial Design) का जन्म हुआ। एक औद्योगिक इंजीनियर उत्पाद को एक नया स्वरूप, रंग, आकृति प्रदान करता है जो कलात्मक रूप से सुन्दर दिखती है। उदाहरण के लिए—यदि एक ऑटोमोबाइल अवयव पर क्रोमियम की प्लेटिंग कर दी जाए तो वह संक्षारणरोधी होने के साथ-साथ अत्यन्त सुन्दर भी दिखाई देगा। कलात्मक अभिकल्पन में प्रमुख दिशा निर्देश निम्न हैं—

1. उत्पाद की बाह्याकृति (appearance) उत्पाद के निष्पादन में सहायक होनी चाहिए। उदाहरण के लिए—एक ऑटोमोबाइल की ऐरोडाइनेमिक (aerodynamic) आकृति से वायु प्रतिरोध कम होता है जिससे ईंधन की खपत कम होगी।
2. बाह्याकृति से उत्पाद का कार्य झलकना चाहिए जैसे—ऐरोडाइनेमिक आकृति, कार की गति को प्रदर्शित करती है।
3. बाह्याकृति से उत्पाद की गुणवत्ता परिलक्षित होनी चाहिए।
4. बाह्याकृति से बहुत अधिक लागत वृद्धि नहीं होनी चाहिए जब तक कि वह अत्यन्त आवश्यक न हो।
5. बाह्याकृति उस वातावरण के अनुरूप होना चाहिए जिसमें उसे प्रयोग किया जाता है।
6. बाह्याकृति (appearance) को पदार्थ के प्रभावी तथा मितव्ययी प्रयोग से प्राप्त किया जाना चाहिए।

1.3.2.(b) कलात्मक अभिकल्पन के विभिन्न रूप (Aspects of Aesthetic Design)

कलात्मक अभिकल्पन के विभिन्न रूप निम्न प्रकार हैं—

1. आकृति (रूप) तथा आकार (Shape and size)
2. रंग (Colour)
3. विविधता (Variety)
4. स्टाइल (Style)
5. निरन्तरता (Continuity)
6. भेद/तुलना (Contrast)
7. सममितता तथा सन्तुलन (Symmetry and Balance)
8. पदार्थ तथा सतह परिष्कृति (Material and Surface Finish)
9. सहिष्णुता (Tolerance)
10. शोरगुल (Noise)
11. प्रभाव तथा उद्देश्य (Impression and Purpose)।

1. (A) आकृति (रूप) (Shape)—उत्पाद के पाँच मूल रूप होते हैं—पैडीदार (stepped), टेपर (taper), कर्तन (shear), धारारेखीय (streamline) तथा मूर्ति या गढ़ा हुआ (sculpture)।

किसी उत्पाद की बाह्य आकृति, मूल आकृतियों में से एक अथवा उनके संयोजन पर आधारित हो सकती है।

(a) पैड़ीदार रूप (step form)—पैड़ीदार रूप, ऊर्ध्वाधर उतार-चढ़ाव (vertical accent) के साथ एक पैड़ीदार संरचना होती है। यह एक मल्टीस्टोरी बिल्डिंग की आकृति के समान होती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

(b) **टेपर रूप** (Taper form)—टेपर रूप, टेपरित ब्लाक अथवा टेपरित सिलिण्डर से बना होता है।

(c) **कर्तन रूप** (shear form)—कर्तन रूप एक वर्गाकार आउटलुक रखता है।

(d) **धारारेखीय प्रारुप** (streamlime form)—धारारेखीय रूप, एक स्मूथ-फ्लो (smooth flow) के साथ धारारेखीय आकृति वाला होता है। जैसा कि ऑटोमोबाइल या ऐरोप्लेन संरचना।

(e) **मूर्ति या गढ़ा हुआ रूप** (sculpture form)—गढ़ा हुआ रूप परवलयाकार, अतिपरवलयाकार और वक्राकार आदि हो सकता है।

1. (B) आकार (Size)—इलेक्ट्रॉनिक्स तथा अन्य क्षेत्रों में विकसित एडवांस टैक्नोलॉजी में लघुकरण के कारण, डिज़ाइनर अब पूर्व अस्वीकार्य ढाँचा गठित समाकलित अवयवों का प्रयोग कर सकते हैं।

डिज़ाइन की अनेक बाधाओं को दरकिनार करते हुए टेलीफोन का नया डिज़ाइन, समस्त टेलीफोन को एक छोटे से अवयव में समाकलित किए जाने का ही एक उदाहरण है जो टेलीफोन को एक अच्छा सन्तुलन, समानुपात तथा इर्गोनोमिक्स स्टाइल देता है। डिज़ाइन में यह स्वतन्त्रता अब विकल्प में उजागर होती है। उत्पाद तथा उसके विभिन्न अवयवों का आकार समानुपातिक (proportionate) होना चाहिए।

2. रंग (Colour)—उत्पाद के कलात्मक बोध के लिए रंग एक महत्त्वपूर्ण कारक है। रंग से उत्पाद का आकर्षण बढ़ता है, आँखों की थकन समाप्त होती है, याद रखने में सहायक होता है, दिलचस्पी उत्पन्न होती है।

रंग का चुनाव, प्रचालक के परम्परागत विचारों के अनुरूप होना चाहिए। तालिका-1.4 में विभिन्न रंग तथा उनका अर्थ दिया गया है—

तालिका 1.4

रंग (Colour)	अर्थ (Meaning)
1. लाल	खतरा-खतरनाक-गर्म
2. नारंगी	सम्भावित खतरा
3. पीला	चेतावनी
4. हरा	सुरक्षा
5. नीला	चेतावनी (ठण्डा)
6. ग्रे (Grey)	धुँधला (Dull)

3. विविधता (Variety)—विभिन्न उत्पादों जैसे—पंखे, वाहन, स्टीरियो सिस्टम, रेफ्रीजरेटर आदि की मार्केटिंग करते समय विविधता एक प्रमुख कारक होता है।

4. स्टाइल (Style)—स्टाइल किसी उत्पाद का दर्शनीय गुण (visual quality) है जो उसे, समान क्रियात्मक गुण वाले अन्य उत्पादों से अलग करता है। कौशलपूर्ण कार्य सहित अच्छा स्टाइल उत्पाद के आकर्षण में वृद्धि करता है।

5. निरन्तरता (Continuity)—एक उत्पाद, जिसमें अवयवों की अच्छी निरन्तरता हो, में एक अच्छा सौन्दर्य बोध होता है। निरन्तरता का तात्पर्य उत्पाद के साफ-सुथरापन से है। उदाहरण के लिए—किसी उत्पाद के अनुप्रस्थ काट के परिवर्तन पर

AKC TECHNICAL CLASSES

एक फिलेट त्रिज्या (fillet radius) बनाने से उत्पाद की निरन्तरता में वृद्धि होती है जिससे उसकी बाह्याकृति (appearance) में सुधार होता है।

6. भेद/तुलना (Contrast)—उत्पाद के विभिन्न अवयवों, जिनके स्पष्टतया विभिन्न लक्षण तथा क्रियाएँ होती हैं, में भेद करने के लिए उन्हें कन्ट्रास्ट रंग में रंग दिया जाता है। रंग का चुनाव बहुत महत्त्वपूर्ण होता है। इससे उत्पाद की बाह्याकृति भी सुन्दर दिखती है।

7. सममितता तथा सन्तुलन (Symmetry and balance)—सममितता (symmetry) से एक व्यवस्था का अहसास होता है जबकि असममितता से दिलचस्पी (interest) में वृद्धि होती है। आर्किटेक्चर में इन दोनों को ही सफलतापूर्वक प्रयोग किया जा सकता है। सममित व्यवस्था जहाँ साफ-सुथरापन (fidiness) झलकता है परन्तु असममित व्यवस्था जैसे कम्प्यूटर सिस्टम से दर्शनीय आकर्षण (visual attraction) बढ़ता है।

8. पदार्थ तथा सतह परिष्कृति (Material and surface finish)—उत्पाद का पदार्थ तथा उसकी सतह परिष्कृति उसकी दिखावट (apperance) में विशेष योगदान करते हैं। उच्च सामर्थ्य तथा भार सहन क्षमता के लिए कठोर तथा चिकनी सतह का निर्माण करना जरूरी होता है जो पदार्थ के गुणों पर निर्भर करता है। उदाहरण के लिए—पदार्थ जैसे स्टेनलैस स्टील (stainless steal) ढलवा लोहे, साधारण कार्बन इस्पात अथवा निम्न मिश्र इस्पात की तुलना में अच्छी दिखावट देता है।

इसके अतिरिक्त यह भी पाया गया है कि किसी मशीनी अवयव के बियरिंग गुण, घिसन गुण तथा थकान आयु (fatigue life) सीधे ही उसके सतह के टेक्सचर से सम्बन्धित होते हैं। अत: किसी मशीनी अवयव, जिस पर विभिन्न प्रकार के भार कार्यरत हो, का जीवनकाल बढ़ाने के लिए उसकी कार्यकारी तथा निष्क्रिय सतहों पर बहुत अच्छी परिष्कृति होनी चाहिए। अच्छी सतह परिष्कृति वाले उत्पाद सदैव देखने में सुन्दर दिखाई पड़ते हैं। सतह लेपन प्रक्रम जैसे स्प्रे पेण्टिग, इलेक्ट्रोप्लेटिंग, एनोडाइजिंग आदि भी उत्पाद के सौन्दर्य बोध में बहुत वृद्धि करते हैं।

9. सहिष्णुता (Tolerances)—उत्पाद की विमाओं में सहिष्णुता दी गई सीमाओं में ही रहनी चाहिए। उससे उत्पाद की विश्वसनीयता में वृद्धि होती है।

10. शोरगुल (Noise)—उत्पाद को न्यूनतम शोरगुल उत्पन्न करने वाला होना चाहिए। शान्त/कम आवाज करने वाले उत्पाद, उपभोक्ता को अधिक आकर्षित करते हैं।

11. प्रभाव तथा उद्देश्य (Impression and purpose)—उत्पाद को इस प्रकार अभिकल्पित किया जाना चाहिए कि वह न केवल देखने में सुन्दर लगे, बल्कि उसके बारे में यह धारणा बने की वह अधिक दक्षता से कार्य कर सकता है और उद्देश्यों को पूर्ण कर सकता है।

प्रश्नावली (Exercise)

1. मशीनी अवयव के डिज़ाइन से आपका क्या तात्पर्य है?
2. मशीन डिज़ाइन को परिभाषित कीजिए तथा इसके विभिन्न प्रकारों का वर्णन कीजिए।
3. मशीन डिज़ाइन की मूल आवश्यकता पर संक्षिप्त टिप्पणी कीजिए।
4. मशीनी अंगों के डिज़ाइन में सामान्य ध्यान देने योग्य बातों की विवेचना कीजिए। **(UP 2012, 13)**
5. उन कारकों को स्पष्ट कीजिए जिन पर मशीन अवयवों का अभिकल्पन निर्भर करता है। **(UP 2018)**

AKC TECHNICAL CLASSES

6. एक अवयव की डिज़ाइन के लिए पदार्थ का चुनाव करते समय कौन-सी बातें विचार योग्य होती है? **(UP 2014)**
7. मशीनों अंगों के पदार्थ चयन की प्रक्रिया को संक्षेप में समझाइए।
8. एक मशीनी अंग का डिज़ाइन करते समय, पदार्थों के कारक तथा गुणों, जिन्हें एक डिज़ाइन इंजीनियर को ध्यान में रखना आवश्यक हो, को समझाइए। उपर्युक्त कारकों तथा गुणों को ध्यान में रखते हुए निम्नलिखित उत्पादों के लिए पदार्थों की विवेचना कीजिए—

   (i) प्रेशर कुकर (ii) शेविंग ब्लेड (iii) दो स्ट्रोक वाहन का पिस्टन।
9. पदार्थों की एन्ड्युरेंस ताकत (Endurance strength) क्या होती है? कोई पार्ट बनाने के लिए उसका क्या महत्त्व है, समझाइए। **(UP 2017)**
10. मशीन अवयवों के दक्षतापूर्वक कार्य करने के लिए उनकी मूलभूत आवश्यकताओं को सूचीबद्ध कीजिए। **(UP 2002)**
11. मशीन डिज़ाइन में किन-किन यान्त्रिक गुणों का ध्यान रखना चाहिए?
12. एक अच्छे डिज़ाइनर में कौन-से गुण होना आवश्यक है?
13. सुरक्षा गुणांक (Factor of safety) से आप क्या समझते हैं? यह किन घटकों पर निर्भर करता है?
14. यान्त्रिक इंजीनियरिंग अनुप्रयोगों के काम आने वाले कोई तीन पदार्थों के नाम लिखिए। इनके विशिष्ट यान्त्रिक गुण बताइए।
15. निम्न पदों को परिभाषित करके समझाइए—

   (i) चीमड़पन (Toughness)
   (ii) कठोरता (Hardness)
   (iii) सुरक्षा गुणांक (Factor of safety)
   (iv) आघातवर्धनीयता (Malleability)
   (v) तन्यता (Ductility)
   (vi) सुघट्यता (Plasticity)
16. निम्नलिखित के मुख्य यान्त्रिक गुणों का उल्लेख कीजिए—

   (i) मिश्र इपात (Alloy steel) (ii) ढलवाँ लोहा (C.I.) (iii) ब्राँज (Bronze)।
17. निम्न का वर्णन कीजिए—

   (i) पराभव सामर्थ्य (Yield strength)
   (ii) चरम सामर्थ्य (Ultimate strength)
   (iii) प्रतिशत वृद्धि (Percentage elongation)
18. एक मशीन अवयव की डिज़ाइन के लिए सुरक्षा गुणांक के चुनाव के लिए ध्यान रखने योग्य बातों को समझाइए।
19. मशीन अवयवों की दक्षतापूर्ण कार्य करने के लिए उनकी मूलभूत आवश्यकताओं को सूचीबद्ध कीजिए।
20. निम्न अंगों के लिए उपयुक्त पदार्थों के नाम बताइए—

   (i) अन्तर्दहन इन्जन का सिलेण्डर, पिस्टन, पिस्टन रिंग, संयोजक दण्ड तथा वाल्व।
   (ii) बॉयलर के लिए जल, भाप पाइप तथा रिवेट।
   (iii) आरी का ब्लेड (Hacksaw blade), रेल की पटरी (Rail), क्रेन का हुक (Hook)।

AKG TECHNICAL CLASSES

21. किसी अंग का मानक साइज (standard size) होने के क्या लाभ हैं?

22. प्रतिबलों के सान्द्रण (stress concentration) पर टिप्पणी कीजिए। इसको किस प्रकार कम किया जा सकता है? **(UP 2017)**

23. इंजीनियरी पदार्थों के बलकृत गुण-धर्म (mechanical properties) से आप क्या समझते हैं? **(UP 2007)**

24. मिश्र इस्पात को परिभाषित कीजिए। इस्पात पर निकिल, क्रोमियम व मैगनीज के कारण पड़ने वाले प्रभावों की विवेचना कीजिए। **(UP 2012)**

25. निम्न पदों को परिभाषित करके समझाइए—

    (i) पराभव सामर्थ्य (Yield strength) (ii) सुरक्षा-गुणांक (Factor of safety)

    (iii) कार्यकारी प्रतिबल (Working stress) (iv) श्रांति सीमा (Fatigue limit)। **(UP 2008)**

26. यान्त्रिक अवयवों के अभिकल्पन में प्रयोग किए जाने वाले कुछ सामान्य इंजीनियरी पदार्थों के नाम लिखिए एवं इनके विशिष्ट गुण बताइए। **(UP 2008)**

27. मशीन अवयवों के अभिकल्पन में सुरक्षा गुणांक चुनने के लिए कौन-से कारकों पर विचार किया जाता है? **(UP 2008)**

28. यान्त्रिक अभिकल्पन से भंग सिद्धान्त (Theory of failure) का क्या महत्त्व है? **(UP 2008)**

29. एक मशीन अवयव की डिज़ाइन के लिए सुरक्षा गुणांक तथा पदार्थ के लिए ध्यान योग्य बातों को समझाइए।

30. मशीन अभिकल्पन में निम्न का क्या महत्त्व है—

    (i) मानक साइज, (ii) सुरक्षा गुणांक,

    (iii) वातावरण से बचाव, (iv) सुन्दरता।

31. मशीनी अवयवों के अभिकल्पन में प्रयुक्त साधारण अभियान्त्रिक पदार्थों का उल्लेख कीजिए। अवयवों के अभिकल्पन में सुरक्षा-गुणांक का उपयोग क्यों किया जाता है? **(UP 2009)**

32. निम्नलिखित अभिकल्पन विचार को समझाइए—

    (i) पदार्थों का चुनाव (Selection of Materials)

    (ii) मितव्ययी विशिष्टताएँ (Economical Features)

    (iii) सुरक्षा (Safety) **(UP 2010)**

    (iv) मानक भागों का उपयोग (Use of Standard Parts) **(UP 2010)**

33. रचनात्मक पदार्थों के तीन गुणों को सूचीबद्ध करते हुए समझाइए। **(UP 2010)**

34. हाई स्पीड इस्पात औजार (High Speed Steel tool) तथा हाई कार्बन इस्पात औजार (High Carbon Steel tool) पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए। **(UP 2010)**

35. कोड (code) तथा मानकों (standards) को परिभाषित कीजिए तथा समझाइए।

36. मानकीकरण के उद्देश्यों (objectives) तथा लाभों (advantages) का वर्णन कीजिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

37. मानकों के विभिन्न प्रकारों का वर्णन कीजिए।

38. इर्गोनोमिक्स (Ergonomics) को परिभाषित कीजिए तथा समझाइए।

39. इर्गोनोमिक्स के उद्देश्यों तथा क्षेत्र (scope) का वर्णन कीजिए।

40. मानव-मशीन सम्बन्धों (man-machine relationship) पर टिप्पणी कीजिए।

41. कण्ट्रोल हेतु उपकरणों के अभिकल्पन पर टिप्पणी कीजिए।

42. विभिन्न प्रकार के कण्ट्रोल उपकरणों का संक्षिप्त वर्णन कीजिए।

43. कण्ट्रोल के अभिकल्पन में इर्गोनोमिक्स विचारों पर टिप्पणी कीजिए।

44. डिस्प्ले के विभिन्न प्रकारों (Different types of display) का वर्णन कीजिए।

45. डिस्प्ले (Display) के अभिकल्पन में इर्गोनोमिक्स विचारो पर टिप्पणी कीजिए।

46. औद्योगिक वातावरण में कार्यकारी परिस्थितियाँ तथा सुरक्षा पर टिप्पणी कीजिए।

47. अभिकल्पन में कलात्मक विचारों (Aesthetic Consideration in Design) पर टिप्पणी कीजिए।

48. कलात्मक अभिकल्पन में दिशा-निर्देशो (Guidelines in Aesthetic Design) का वर्णन कीजिए।

49. कलात्मक अभिकल्पन के विभिन्न रूपों का संक्षिप्त वर्णन कीजिए।

50. उत्पाद के रंग तथा सतह परिष्कृति का उसके सौन्दर्य बोध (Asthetic sense) पर क्या प्रभाव होता है? स्पष्ट कीजिए।

51. निम्नलिखित अवयव पदार्थ (components) को बनाने के लिए विभिन्न पदार्थ का चयन कैसे और क्यों करोगे? समझाइए। **(UP 2017)**

 (i) मशीन का स्पिंडल (machine spindle),

 (ii) रिवेट (Rivet)

52. निम्नलिखित के वास्ते उपयुक्त पदार्थ का चुनाव कीजिए— **(UP 2013)**

 (i) एक शाफ्ट, जिस पर कि परिवर्तनीय ऐंठन भार व बंकन भार लगा हुआ है।

 (ii) स्प्रिंग भारित सुरक्षा वाल्व (Spring loaded safety valve) में प्रयुक्त स्प्रिंग।

■

AKC TECHNICAL CLASSES

अध्याय

2

अभिकल्पन की असफलता (Design Failure)

Inside this Chapter

Theories of failure, Classfication of loads, Design under tensile, compressive and torsional loads.

2.1 असफलता के सिद्धान्त (Theories of Failure)

जब किसी मशीनी अवयव पर एक अक्षीय (Unixial) प्रतिबल कार्यरत हो तो उसकी असफलता का अनुमान लगाना सरल होता है। इस स्थिति में उसमें उत्पन्न प्रतिबल तथा उसकी सामर्थ्य का केवल एक ही मान होता है। यह सामर्थ्य पराभव सामर्थ्य, अन्तिम सामर्थ्य या कर्तन सामर्थ्य हो सकती है और इसको ज्ञात करना सरल होता है।

किसी मशीनी अवयव पर द्वि-अक्षीय (Bi-aaxial) एवं त्रै-अक्षीय (Tri-axial) प्रतिबलों के कार्य करने की अवस्था में यह कार्य अत्यन्त कठिन एवं जटिल हो जाता है। अत: ऐसी अवस्था में असफल होने की दशा को ज्ञात करने के लिए विभिन्न सिद्धान्तों का प्रयोग किया जाता है। इनमें से कुछ मुख्य सिद्धान्त निम्न प्रकार हैं—

1. अधिकतम मुख्य प्रतिबल सिद्धान्त या रैंकिन सिद्धान्त (Maximum Principal stress theory or Rankine's theory)
2. अधिकतम कर्तन प्रतिबल सिद्धान्त या टरेस्का और गेस्ट सिद्धान्त (Maximum shear stress theory or Tresca and Guest theory),
3. अधिकतम विकृति ऊर्जा सिद्धान्त या हेग्ज सिद्धान्त (Maximum strain energy theory or Haigh's theory)
4. अधिकतम मुख्य विकृति सिद्धान्त या सेन्ट विनेन्ट सिद्धान्त (Maximum Principal Strain theory or Saint Venant theory)
5. अधिकतम कर्तन विकृति ऊर्जा या विरूपण ऊर्जा सिद्धान्त अथवा हेके तथा वॉन माइसेस सिद्धान्त (Maximum Shear strain Energy or Distortion energy theory or Hencky and Von Mises theory)

1. अधिकतम मुख्य प्रतिबल सिद्धान्त या रैंकिन सिद्धान्त (Maximum Principal stress theory or Rankine's Theory)—यह सिद्धान्त असफलता का सबसे पहला तथा सरलतम सिद्धान्त है। इस सिद्धान्त के अनुसार, "**द्वि-अक्षीय प्रतिबलों के अन्तर्गत कोई मशीनी अवयव तब असफल होगा जब उस बिन्दु पर उत्पन्न अधिकतम मुख्य तनाव प्रतिबल का मान, पदार्थ के सरल तनाव परीक्षण में उसकी प्रत्यास्थता सीमा पर प्रतिबल से अधिक हो जाता है अथवा अधिकतम मुख्य सम्पीडन प्रतिबल सरल सम्पीडन परीक्षण में प्रत्यास्थता सीमा पर प्रतिबल से अधिक हो जाता है।**"

"The failure or yielding occurs at a point in a member when the maximum principal or normal stress in a bi-axial stress system reaches the limiting strength of the material in a simple tensile test."

इस प्रकार, **अधिकतम मुख्य प्रतिबल** $(\sigma_1) > \sigma_{el}$

यहाँ
$$\sigma_1 = \frac{(\sigma_x + \sigma_y)}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau^2}$$

यहाँ σ_x तथा σ_y = बिन्दु पर क्रमश: x तथा y दिशाओं में लम्ब प्रतिबल

τ = बिन्दु पर कर्तन प्रतिबल

σ_{el} = प्रत्यास्थता सीमा पर प्रतिबल

AKC TECHNICAL CLASSES

इस सिद्धान्त में, कर्तन के कारण असफलता की सम्भावनाओं को नगण्य माना गया है। अत: इस सिद्धान्त को तन्य पदार्थों (Ductile materials) के लिए उपयोग नहीं किया जाता है। इस सिद्धान्त को **प्राय: भंगुर पदार्थों जैसे साधारण कास्ट आयरन या भंगुर धातुओं, जो कर्तन में सन्तोषजनक सामर्थ्य रखते हैं, के लिए प्रयोग किया जाता है।**

2. अधिकतम कर्तन बल सिद्धान्त या टरेस्का और गेस्ट सिद्धान्त (Maximum shear stress theory or Tresca and Guest theory)—इस सिद्धान्त के अनुसार, **''द्वि-अक्षीय (Bi-axial) प्रतिबलों के अन्तर्गत कोई मशीनी अवयव उस बिन्दु पर असफल होगा जब अधिकतम कर्तन प्रतिबल का परिमाण पदार्थ के सरल तनाव परीक्षण में उसका प्रत्यास्थता सीमा पर अधिकतम कर्तन प्रतिबल के बराबर हो जाता है।''**

"The failure or yielding occurs at a point in a members when the maximum shear stress in a biaxial stress system reaches a value equal to the shear stress at yield point in a simple tension test."

$$\therefore \qquad \tau_1 = \tau_{el}$$

यहाँ अधिकतम कर्तन प्रतिबल $\tau_1 = \dfrac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = \dfrac{1}{2}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau^2}$

σ_1 तथा σ_2 = अधिकतम तथा न्यूनतम मुख्य प्रतिबल

τ_{el} = प्रत्यास्थता सीमा पर अधिकतम कर्तन प्रतिबल

हम जानते हैं कि, साधारण तनाव या सम्पीडन परीक्षण में अधिकतम कर्तन प्रतिबल का मान, अधिकतम लम्ब प्रतिबल का आधा होता है।

अत: $$\tau_1 = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = \frac{\sigma_1}{2} = \frac{\sigma_{el}}{2}$$

या $$\sigma_1 - \sigma_2 = \sigma_{el}$$

इस सिद्धान्त का प्रयोग साधारणतया तन्य पदार्थों के लिए किया जाता है।

3. अधिकतम विकृति ऊर्जा सिद्धान्त या हेग्ज सिद्धान्त (Maximum strain energy theory or Haigh's theory)—इस सिद्धान्त के अनुसार, **''द्वि-अक्षीय प्रतिबलों के अन्तर्गत कोई मशीनी अवयव किसी बिन्दु पर असफल होगा जब उसके प्रति इकाई आयतन में विकृति ऊर्जा का मान, सरल तनाव परीक्षण में पराभव (yield) बिन्दु पर पति इकाई आयतन में विकृति ऊर्जा के बराबर हो जाता है।''**

"The failure or yielding occurs at a point in a member when the strain energy per unit valume in a bi-axial stress system reaches the limiting, Strain energy (i.e. strain energy at the yield point) per unit volume as determined from simple tension test."

इस प्रकार, $$\frac{1}{2E}[\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \frac{2}{m}.\sigma_1.\sigma_2] = \frac{\sigma_{el}^2}{2E}$$

या $$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \frac{2}{m}.\sigma_1\sigma_2 = \sigma_{el}^2$$

यहाँ $1/m$ = पाइजन अनुपात

इस सिद्धान्त का उपयोग तन्य (ductile) पदार्थों के लिए होता है।

AKG TECHNICAL CLASSES

4. अधिकतम मुख्य विकृति सिद्धान्त या सेंट विनेन्ट सिद्धान्त (Maximum Principal Strain theory or Saint Venant theory)—इस सिद्धान्त के अनुसार, "**द्वि-अक्षीय प्रतिबलों के अन्तर्गत किसी बिन्दु पर कोई अंग तब असफल होता है जब उस बिन्दु पर अधिकतम मुख्य विकृति, पदार्थ के सरल तनाव परीक्षण में पराभव बिन्दु (yield point) पर विकृति के बराबर हो जाती है।**"

"The failure or yielding ocurs at a point in a member when the maximum shear stress in a biaxial stress system reaches a value equal to the shear stress at yield point in simple tensile test."

इस सिद्धान्त के अनुसार, $$e_{max} = \frac{\sigma_1}{E} - \frac{\sigma_2}{mE} = e$$

यहाँ σ_1 तथा σ_2 = अधिकतम तथा न्यूनतम लम्ब प्रतिबल

$1/m$ = पाइजन अनुपात

e = सरल तनाव परीक्षण में पराभव बिन्दु पर विकृति

इस सिद्धान्त से मिलने वाले परिणाम हमेशा सही नहीं होते हैं। अत: इसका उपयोग केवल विशेष दशाओं में ही होता है।

5. अधिकतम कर्तन विकृति ऊर्जा या विरूपण ऊर्जा सिद्धान्त अथवा हेन्के तथा वॉन माइसेस सिद्धान्त (Maximum shear strain energy or Distortion energy theory or Hencky and Von Mises theory)—इस सिद्धान्त के अनुसार, "**द्वि-अक्षीय प्रतिबलों के अन्तर्गत किसी बिन्दु पर कोई अंग तब असफल होता है जब उसके प्रति इकाई आयतन में विरूपण या कर्तन विकृति ऊर्जा का मान, पदार्थ के सरल तनाव परीक्षण में परभव बिन्दु पर प्रति इकाई विरूपण ऊर्जा के बराबर हो जाता है।**"

"The failure or yielding occurs at a point in a member when the distortion strain energy per unit volume in a biaxial stress system reaches the limiting dictortion energy per unit volume as determined from a simple tension test."

इस प्रकार $$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \frac{2}{m}.\sigma_1\sigma_2 = \sigma_{el}^2$$

इस सिद्धान्त का **अधिकतम उपयोग विकृति ऊर्जा सिद्धान्त के स्थान पर, तन्य पदार्थों (ductile materials) के लिए होता है।**

2.2 भारों का वर्गीकरण (Classification of Loads)

भार को एक मशीनी अवयव पर कार्यरत कोई बाह्य बल द्वारा परिभाषित किया जा सकता है।

भारों को, विषय को दृष्टिगत रखते हुए निम्न चार प्रकारों में वर्गीकृत किया जा सकता है—

1. मृत या स्थिर भार (Dead or Steady load)—एक भार को मृत या स्थिर भार कहा जाता है जब उसके मान तथा दिशा में कोई परिवर्तन न हो।

2. चल या परिवर्तनीय भार (Live or Variable load)—जब समय के साथ भार के मान (magnitude) तथा दिशा (direction) में परिवर्तन हो तो वह चल या परिवर्तनीय भार कहलाता है।

3. आकस्मिक अथवा धक्का भार (Suddenly applied or shock loads)—जब किसी अवयव पर अचानक से कोई बल लगता है या हट जाता है तो ऐसे बल को आकस्मिक अथवा धक्का भार कहते हैं।

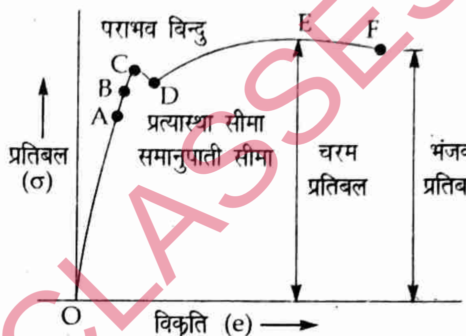
4. संघट्ट भार (Impact load)—जब कोई भार किसी प्रारम्भिक (initial) वेग के साथ कार्य करता है तो वह भार, संघट्ट भार कहलाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

2.2.1 पदार्थों का तन्य व्यवहार (Ductile Behaviour of Materials)

किसी तन्य पदार्थ जैसे मृदु इस्पात (Mild steel) के व्यवहार को जानने के लिए प्रतिबल विकृति आरेख (Stress strain diagram) महत्वपूर्ण तथा उपयोगी जानकारियाँ उपलब्ध कराता है। चित्र 2.1 में निम्न कार्बन (Low carbon) अथवा मृदु इस्पात (Mild steel) के लिए प्रतिबल विकृति आरेख (Stress Strain Diagram) प्रदर्शित है। आरेख बनाने के लिए तन्य पदार्थ के मानक नमूने पर तनाव बल लगाते हैं।

आरेख से स्पष्ट है कि पदार्थ एक निश्चित सीमा (बिन्दु A), जिसे **समानुपाती सीमा** (Proportional Limit) भी कहते हैं, तक हुक के नियम का पालन करता है। इस सीमा के बेहद करीब **प्रत्यास्थता सीमा** को प्रदर्शित करने वाला बिन्दु 'B' होता है। इस बिन्दु तक पदार्थ में प्रत्यास्थता का गुण विद्यमान रहता है। इसके ठीक बाद पदार्थ में स्थायी विरूपण होने लगता है तथा बिन्दु *C* पर पदार्थ **प्लास्टिक अवस्था** में आ जाता है। इस स्थिति में पदार्थ बिना भार में वृद्धि किए ही लम्बाई में खींचता चला जाता है। इस स्थिति में भार हटा लेने पर पदार्थ अपनी पूर्व स्थिति में नहीं आता है।



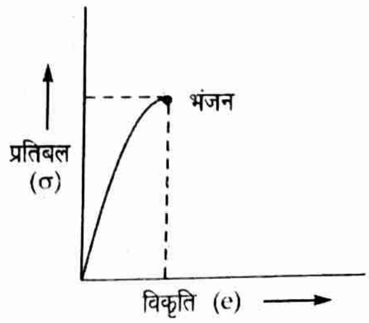
चित्र-2.1 मृदु इस्पात के लिए प्रतिबल विकृति आरेख

पदार्थ का प्रत्यास्थता गुणांक, प्रत्यास्थ क्षेत्र अर्थात् रेखा O-A के ढाल द्वारा ज्ञात किया जाता है। चरम प्रतिबल पर पहुँचने के बाद, पदार्थ के नमूने की अनुप्रस्थ काट (Cross-section) का क्षेत्रफल कम होने लगता है। मूल अनुप्रस्थ काट तथा टूटते समय नमूने के अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफलों का अनुपात क्षेत्रफल में प्रतिशत कमी (Percentage contraction in cross section area) कहलाता है। अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल में प्रतिशत कमी तथा लम्बाई में प्रतिशत वृद्धि, ये दोनों आँकड़े पदार्थ की तन्यता को जानने के लिए अत्यन्त महत्त्वपूर्ण भूमिका अदा करते हैं।

यदि भार लगने की दर बदलती है तो प्रतिबल विकृति आरेख भी बदलता है। यदि भार लगने की दर में वृद्धि से पराभव व बिन्दु तथा चरम प्रतिबल की ऊँचाई अर्थात् मान में भी वृद्धि होती है।

2.2.2 पदार्थों का भंगुर व्यवहार (Brittle Behaviour of Materials)

काँच या ढलवाँ लोहा (cast iron) के व्यवहार को भी प्रतिबल विकृति आरेख (चित्र 2.2) द्वारा समझा जा सकता है। भंगुर पदार्थों पर भार लगाने पर वे बहुत कम विकृत होने पर ही असफल हो जाते हैं। यदि भंगुर तथा तन्य पदार्थों के प्रतिबल विकृति आरेखों की तुलना की जाए तो स्पष्ट होता है कि तन्य पदार्थों के लिए, असफल होने से पहले पदार्थ में अपेक्षाकृत अधिक विकृति होती है तथा भंगुर पदार्थ में बहुत कम विकृति होती है। तन्य पदार्थों के लिए प्रतिबल विकृति आरेख में पराभव क्षेत्र (yielding region) बहुत बड़ा होता है तथा भंगुर पदार्थों के लिए यह क्षेत्र नगन्य होता है। भंगुर पदार्थों के लिए यंग मापांक तथा चरम प्रतिबलों के मान में अपेक्षाकृत अधिक अन्तर होता है। यह अन्तर अभिकल्पन के लिए मुख्य विचारणीय बिन्दु है। तन्य पदार्थ अधिक पराभव (yielding) तथा विकृति (strain) रखते हैं जबकि भंगुर पदार्थ अचानक तथा बिना पूर्व चेतावनी के असफल हो जाते हैं। यही कारण है कि इस्पात को संरचना अवयव (Structural member) के रूप में सर्वाधिक प्रयोग किया जाता है। उपरोक्त आरेखों से यह भी स्पष्ट है कि तन्य पदार्थ असफल होने से पूर्व प्रति एकांक आयतन में अधिक ऊर्जा (energy stores per unit volume) अवशोषित करते हैं।



चित्र-2.2 ढलवाँ लोहे के लिए प्रतिबल-विकृति आरेख (stess-strain diagram)

AK TECHNICAL CLASSES

अन्त में यह बात भी उल्लेखनीय है कि सभी पदार्थों को तन्य तथा भंगुर पदार्थों में वर्गीकृत करना सम्भव नहीं होता। पदार्थों का व्यवहार उनकी कार्यकारी दशाओं पर भी निर्भर करता है। कभी-कभी कोई तन्य पदार्थ किसी विशेष कार्यकारी परिस्थिति में भंगुर पदार्थ की तरह व्यवहार करता है। मैटलर्जी (Metallurgy) अर्थात् धातुकर्म तथा कम्पोजिट (Composite) तकनीक में महत्त्वपूर्ण उन्नति के चलते कुछ पदार्थ तन्य तथा भंगुर अवयवों का उन्नत सम्मिश्रण होते हैं।

2.3 तनाव, सम्पीडन तथा मरोड़ भारों के अन्तर्गत मशीनी अंग का डिज़ाइन (Design for Machine Parts Subjected to Tensile, Compressive and Torsional Loads)

प्रथम अध्याय में हमने मशीन डिज़ाइन के लिए आवश्यक जानकारी, विभिन्न पदार्थ व उनके विशिष्ट गुण तथा अंग के लिए पदार्थ के चयन करने की प्रक्रिया आदि का ज्ञान प्राप्त किया। यहाँ हम मशीनी अंगों पर लगने वाले विभिन्न बलों के अन्तर्गत अर्थात् सीधे (सम्पीडन और तनाव) तथा कर्तन भार की दशा में अंग के आवश्यक साइज का निर्धारण करेंगे।

ये सीधे तथा कर्तन भार, अंगों पर विभिन्न कारणों से लग सकते हैं जैसे—मशीन का अपना भार, ऊर्जा पारेषण के समय, घर्षण प्रतिरोध, गति करने वाले अंगों के सन्तुलन में न होने के कारण आदि।

इन भारों के कारण अंगों में विभिन्न प्रकार के प्रतिबल तथा विकृतियाँ उत्पन्न हो जाती है जिनके बारे में हम पूर्व अध्याय में कुछ जानकारी प्राप्त कर चुके हैं। इन्हीं के बारे में कुछ और जानकारी तथा इन भारों के लगने की दशा में विभिन्न अंगों के असफल होने की जानकारी इस अध्याय में प्राप्त करेंगे।

2.3.1 प्रत्यास्था सीमा तथा हुक का नियम (Elastic Limit and Hooke's Law)

हम जानते हैं कि प्रत्यास्था (Elasticity) पदार्थ का वह गुण है जिसके कारण बाह्य बलों को हटा लेने पर वस्तु अपने पूर्व आकार तथा साइज में आ जाती है। परन्तु यदि बाह्य बलों का मान बढ़ाते चले जाए तो विकृति भी बढ़ती जाती है तथा एक अवस्था ऐसी आती है कि और बढ़ाने पर वस्तु पूर्ण प्रत्यास्थ (Perfectly elastic) नहीं रह पाती अर्थात् बाह्य बल हटा लेने पर भी वह अपनी पूर्व अवस्था में नहीं आ पाती है तथा कुछ न कुछ विरूपण (deformation) अवश्य रह जाता है। इस अवस्था को ही प्रत्यास्था की सीमा (elastic limit) कहते हैं। "**प्रतिबल तीव्रता का वह अधिकतम मान, जिस पर वस्तु प्रत्यास्थ रह सकती है, प्रत्यास्था सीमा कहलाता है।**"

"The maximum value of stress intensity at which the property of elasticity exist in an object, is called elastic limit."

जब वस्तु पर बल या भार उसकी प्रत्यास्था सीमा से अधिक लगाया जाता है तो इस दशा में भार लगने को "**प्रत्यास्था सीमा के पार भार लगाना**" **(loading beyond elastic limit)** कहते हैं। प्रत्येक पदार्थ के लिए प्रत्यास्था सीमा का मान भिन्न होता है।

राबर्ट हुक के नियमानुसार, "**प्रत्यास्था सीमा के अन्दर प्रतिबल तीव्रता सदैव विकृति के समानुपाती होती है।**"

"Within the elastic limit, the stress is directly proportional to strain."

अर्थात् $\text{प्रतिबल तीव्रता} \propto \text{विकृति}$

या $\text{प्रतिबल तीव्रता} = \text{स्थिरांक} \times \text{विकृति}$

या $$\text{स्थिरांक} = \frac{\text{प्रतिबल तीव्रता } (\sigma)}{\text{विकृति } (e)}$$

AKG TECHNICAL CLASSES

इस स्थिरांक को **हुक स्थिरांक (Hooke's constant)** के नाम से जाना जाता है। किसी पदार्थ में अमुक प्रतिबल तीव्रता तथा उसे सम्बन्धित विकृति के आधार पर हुक स्थिरांक निंम्न प्रकार हो सकता है—

1. यंग प्रत्यास्थता गुणांक (Young's modulus of elasticity)
2. कर्तन मापांक (Modulus of rigidity)
3. आयतन मापांक (Bulk modulus)

1. यंग प्रत्यास्थता गुणांक (Young's modulus of elasticity)—**''प्रत्यास्थता सीमा के अन्दर सीधे प्रतिबल (तनाव अथवा सम्पीडन प्रतिबल) एवं उससे सम्बन्धित विकृति के अनुपात को यंग प्रत्यास्थता गुणांक कहते हैं।''** अर्थात्

$$\text{यंग मापांक } E = \frac{\text{सीधा प्रतिबल या प्रतिबल तीव्रता (direct stress)}}{\text{लम्बाई में विकृति (longitudinal stress)}}$$

$$E = \frac{\sigma}{e} \text{ N/mm}^2$$

क्योंकि विकृति e की कोई इकाई नहीं होती इसलिए E की वही इकाई होगी जो प्रतिबल σ की होती है। अर्थात् kg/cm^2 या N/mm^2।

2. कर्तन मापांक (Modulus of rigidity)—**''प्रत्यास्था सीमा के अन्दर, कर्तन प्रतिबल (shear stress) तथा कर्तन विकृति (shear strain) के अनुपात को कर्तन मापांक कहते हैं।''** इसे G, C या N से प्रदर्शित किया जाता है। इस प्रकार,

$$G = \frac{\text{कर्तन प्रतिबल या प्रतिबल तीव्रता (Intensity of shear stress)}}{\text{कर्तन विकृति (shear strain)}}$$

या $$G = \tau / \phi$$

इसकी इकाई भी kg/cm^2 या N/mm^2 होती है।

3. आयतन मापांक (Bulk modulus)—**''प्रत्यास्था सीमा के अन्दर, किसी पदार्थ की तीनों परस्पर लम्ब दिशाओं में समान मान तथा प्रकृति के सीधे प्रतिबल या प्रतिबल तीव्रता एवं उससे होने वाला आयतन विकृति के अनुपात को आयतन मापांक कहते हैं''** तथा K द्वारा प्रदर्शित करते हैं। अर्थात्

$$K = \frac{\text{सीधा प्रतिबल या प्रतिबल तीव्रता (direct stress)}}{\text{आयतन विकृति (volumetric strain)}}$$

$$= \frac{\sigma}{e_v} \quad \text{or} \quad \frac{\sigma}{\left(\frac{\delta v}{v}\right)}$$

इसकी इकाई भी N/mm^2 या kg/cm^2 होती है।

उदाहरण 1—किसी धातु की एक छड़ की लम्बाई 0.5 m तथा व्यास 30 mm है। एक सम्पीडन बल के प्रभाव से इसकी लम्बाई कम होकर 0.497 m रह जाती है। धातु के लिए यन्त्र मापांक का मान $E = 80$ kN / mm^2 हो तो सम्पीडन बल का मान ज्ञात कीजिए। इसी छड़ में विकृति तथा प्रतिबल भी ज्ञात कीजिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

हल—दिया है,

छड़ की लम्बाई $(l_1) = 0.5\,\text{m}$

छड़ की व्यास 'd' $= 30\text{ mm} = 0.03\text{ m}$

छड़ की अन्तिम लम्बाई $(l_2) = 0.497\text{ m}$

$\therefore$ छड़ की लम्बाई में कमी $\delta l = l_1 - l_2$

$= 0.5 - 0.497 = 0.003\,\text{m}$

$\therefore$ छड़ में विकृति (strain) $e = \dfrac{\delta l}{L_1}$

$= \dfrac{0.003}{0.5} = \mathbf{0.006}$ उत्तर

$\therefore$ छड़ में प्रतिबल 'σ' $= E \times e$

$= 80 \times 10^3 \times 0.006$

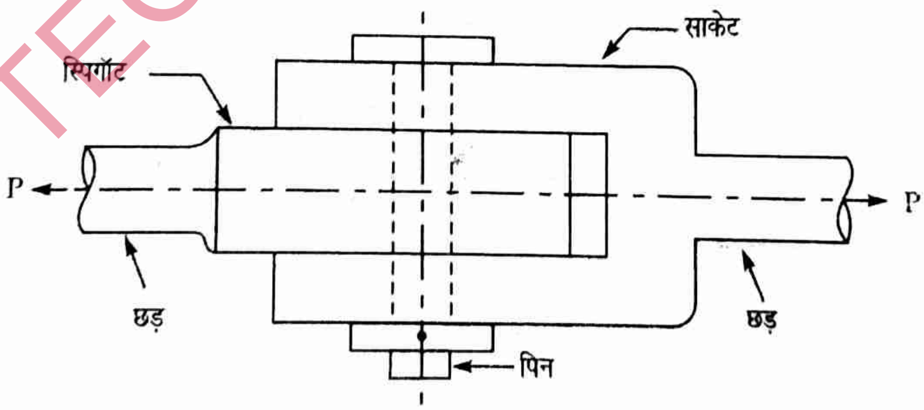
$= \mathbf{480\ N / mm^2}$ उत्तर

$\therefore$ छड़ में सम्पीडन बल $P = \sigma \,.\, A = 480 \times \dfrac{\pi}{4} \times (30)^2$

$= 339120\,\text{N}$

या $= \mathbf{339.12\ kN}$ उत्तर

उदाहरण 2—50 mm व्यास की दो छड़ों को एक नकल जोड़ (Knuckle joint) के द्वारा जोड़ा गया है (चित्र 2.3)। पिन का व्यास 40 mm है। यदि इस पर 120 kN का खिचाँव बल कार्यरत हो तो छड़ में तनाव प्रतिबल तथा पिन में कर्तन प्रतिबल का मान ज्ञात कीजिए।



चित्र-2.3

हल—दिया है,

छड़ का व्यास $d = 50\text{ mm}$

पिन का व्यास $d_1 = 40\,\text{mm}$

बल $P = 120\,\text{kN} = 120 \times 10^3\,\text{N}$

छड़ में तनाव प्रतिबल—क्योंकि छड़ में बल $P =$ तनाव प्रतिबल $\sigma_t \times$ छड़ का प्रभावी क्षेत्रफल

AKC TECHNICAL CLASSES

$$\therefore \quad P = \sigma_t \times \frac{\pi}{4} d^2$$

$$120 \times 10^3 = \sigma_t \times \frac{\pi}{4} \times (50)^2$$

$$\sigma_t = \mathbf{61.146\ N/mm^2}$$ **उत्तर**

पिन में कर्तन प्रतिबल 'τ'—यहाँ ध्यान देने योग्य यह बात है कि पिन दोहरे कर्तन (Double shear) में होगी। अत: नकल पिन का कर्तन सहने वाला क्षेत्रफल $= \frac{\pi}{4}(d_1)^2 \times 2$

$\therefore$ नकल पिन की कर्तन में सामर्थ्य, $P = \frac{\pi}{4}(d_1)^2 \times 2 \times \tau$

$$120 \times 10^3 = \frac{\pi}{4}(40)^2 \times 2 \times \tau$$

$$\therefore \quad \tau = \mathbf{47.77\ N/mm^2}$$ **उत्तर**

उदाहरण 3—एक क्रेन की कड़ी द्वारा 50 kN का अधिकतम भार पारेषित किया जाना है। कड़ी का व्यास ज्ञात करो यदि कड़ी के पदार्थ के लिए अधिकतम अनुज्ञेय तनाव प्रतिबल का मान 75 N/mm² से अधिक न हो।

हल—दिया है,

$$P = 50\,\text{kN} = 50 \times 10^3\ \text{N},\ \tau = 75\ \text{N/mm}^2$$

यदि कड़ी का व्यास 'd' mm हो तो प्रभावी क्षेत्रफल $A = \frac{\pi}{4} d^2$

तथा पारेषित भार $P = \sigma_t \times \frac{\pi}{4} d^2$

$$\therefore \quad 50 \times 10^3 = 75 \times \frac{\pi}{4} d^2$$

$$\therefore \quad d = \mathbf{29.1\ mm}$$ **उत्तर**

उदाहरण 4—एक 20 mm × 20 mm वर्गाकार काट की छड़ एक तनाव बल पारेषित कर रही है। यह 6 बोल्टों द्वारा एक ब्रेकेट (bracket) से जुड़ी हुई है। यदि तनाव छड़ के लिए अधिकतम प्रतिबल 150 MPa तथा बोल्ट के लिए 75 MPa अनुमेय (Permissible) हो तो बोल्ट का व्यास ज्ञात करो।

हल—दिया है,

छड़ का प्रभावी क्षेत्रफल $A = 20 \times 20 = 400\ \text{mm}^2$

छड़ पर अधिकतम प्रतिबल $= 150\ \text{MPa} = 150\ \text{N/mm}^2$

छड़ द्वारा पारेषित किए जाने वाला अधिकतम भार $P = \sigma . A = 150 \times 400 = 60{,}000\ \text{N}$

क्योंकि यह भार 6 बोल्टों द्वारा वहन किया जाएगा। अत: एक बोल्ट पर अधिकतम बल $= \frac{60000}{6} = 10{,}000$ newton

यदि बोल्ट का व्यास 'd' है तो पारेषित बल = बोल्ट के लिए अनुमेय प्रतिबल × प्रभावी क्षेत्रफल

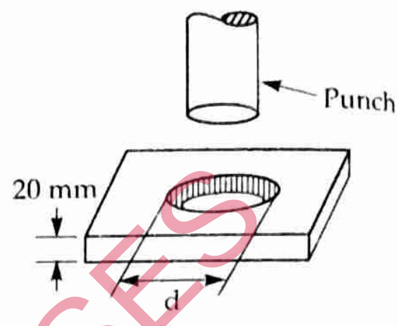
$$10{,}000 = 75 \times \frac{\pi}{4} \times d^2$$

$$\therefore \quad d = \mathbf{13\ mm}$$ **उत्तर**

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 5—20 mm मोटी m.s. plate में किए जा सकने वाले छिद्र का न्यूनतम साइज ज्ञात कीजिए जबकि प्लेट की चरम कर्तन सामर्थ्य 300 N/mm^2 है। पंच के पदार्थ की अधिकतम अनुमेय सम्पीडन प्रतिबल 1200 N/mm^2 है।

हल—माना छिद्र का न्यूनतम व्यास d है।



चित्र-2.4

अब पंच द्वारा लगाया गया अधिकतम

$$\text{सम्पीडन बल} = \sigma_\tau \times \text{क्षेत्रफल}$$

$$= 1200 \times \frac{\pi}{4} d^2 \qquad \text{....(i)}$$

$$\text{प्लेट पर लगने वाला अधिकतम कर्तन बल} = \tau \times \pi d t$$

$$= 300 \times \pi \times d \times 20 \qquad \text{....(ii)}$$

सन्तुलन की स्थिति में,

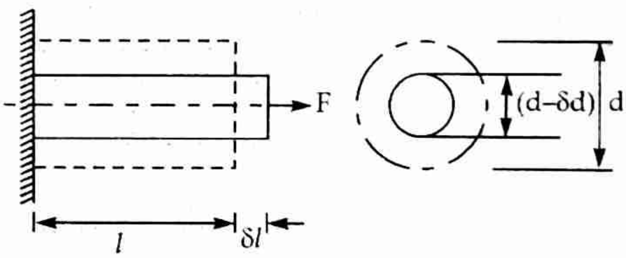
$$1200 \times \frac{\pi}{4} d^2 = 300 \times \pi d \times 20$$

हल करने पर,

$$d = 20 \text{ mm}$$ **उत्तर**

2.3.2 रेखीय तथा पार्श्व विकृति

चित्र 2.5 के अनुसार एक वृत्ताकार काट की छड़, जिसका व्यास 'd' तथा लम्बाई l है, पर F मान का तनाव बल कार्यरत है। इस तनाव बल के कारण छड़ की लम्बाई में तो वृद्धि होती है परन्तु उसका व्यास घट जाता है। इसका विलोम भी सत्य है कि लम्बाई घटने पर व्यास बढ़ जाता है। इस प्रकार **अक्षीय बल के कारण बल की दिशा में होने वाली विकृति, अक्षीय विकृति कहलाती है तथा बल की दिशा के लम्बवत् होने वाली विपरीत प्रकृति की विकृति पार्श्व विकृति (lateral strain) कहलाती है।**



चित्र-2.5

2.3.3 पाइजन अनुपात (Poisson's Ratio)

$$\text{चित्र 2.5 के अनुसार रेखीय विकृति} = \frac{\delta l}{L}$$

तथा
$$\text{पार्श्व विकृति} = \frac{\delta d}{d}$$

इसी प्रकार यदि किसी छड़ की अनुप्रस्थ काट की विमाएँ 'b' मोटाई व 't' चौड़ाई की हैं तो पार्श्व विकृति $\delta b / b$ अथवा $\delta t / t$ होंगी।

प्रयोगों द्वारा यह देखा गया है कि **प्रत्यास्था सीमा के भीतर किसी वस्तु को भारित करने पर होने वाली पार्श्व विकृति तथा रेखीय विकृति के मध्य एक स्थिर अनुपात होता है।** अर्थात्

$$\frac{\textbf{पार्श्व विकृति}}{\textbf{रेखीय विकृति}} = \textbf{स्थिरांक} = \frac{1}{m} \text{ या } \mu \text{ पाइजन अनुपात (Poisson's ratio)}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

यह स्थिरांक वस्तु के पदार्थ पर निर्भर करता है तथा अधिकतर धातुओं के लिए इसका मान $\frac{1}{4}$ से $\frac{1}{3}$ के बीच होता है। इसको स्थिरांकों μ अथवा $\frac{1}{m}$ से प्रदर्शित करते हैं तथा **''पाइजन अनुपात''** कहते हैं। कभी-कभी m को **पाइजन स्थिरांक (Poission constant)** भी कहा जाता है।

2.3.4 प्रत्यास्था के विभिन्न स्थिरांकों में सम्बन्ध (Relation Between Different Elastic Constants)

(I) E तथा K में सम्बन्ध—यंग प्रत्यास्था गुणांक 'E' तथा आयतन मापांक 'K' के बीच सम्बन्ध निम्न प्रकार व्यक्त किया जाता है—

$$E = 3K\left(1 - \frac{2}{m}\right)$$

(II) E तथा G में सम्बन्ध—यंग प्रत्यास्था गुणांक 'E' तथा कर्तन मापांक 'G' के बीच सम्बन्ध निम्न प्रकार व्यक्त किया जाता है—

$$E = 2G\left(1 + \frac{1}{m}\right)$$

उदाहरण 6—एक छड़ 15 cm लम्बी तथा 2 cm व्यास की है 25.03 kN के तनाव बल से इसकी लम्बाई में 50×10^{-3} mm की वृद्धि हो जाती है तो छड़ के पदार्थ के लिए यंग मापांक और आयतन गुणांक (Bulk modulus) के मान ज्ञात कीजिए। पाइजन अनुपात $\left(\frac{1}{m}\right) = 0.3$

हल—दिया है,

छड़ की लम्बाई 'l' $= 15\,\text{cm} = 150\,\text{mm}$

छड़ की व्यास 'd' $= 2\,\text{cm} = 20\,\text{mm}$

तनाव बल $P = 25.03\,\text{kN} = 25030$ Newton

छड़ की लम्बाई में वृद्धि $\delta l = 50 \times 10^{-3}$ mm

$\therefore$ विकृति $e = \frac{\delta l}{L} = \frac{50 \times 10^{-3}}{150} = 0.333 \times 10^{-3}$

$\therefore$ छड़ की अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल $A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} \times (20)^2 = 314\,\text{mm}^2$

$\therefore$ छड़ में उत्पन्न प्रतिबल $\sigma = \frac{P}{A} = \frac{25030}{314} = 79.713\ \text{N/mm}^2$

हम जानते हैं कि—

$$\text{यंग मापाँक } E = \frac{\text{प्रतिबल}}{\text{विकृति}} = \frac{79.713}{0.333 \times 10^{-3}}$$

$$= \mathbf{239\,kN/mm^2}$$ उत्तर

पुन: हम जानते हैं कि—

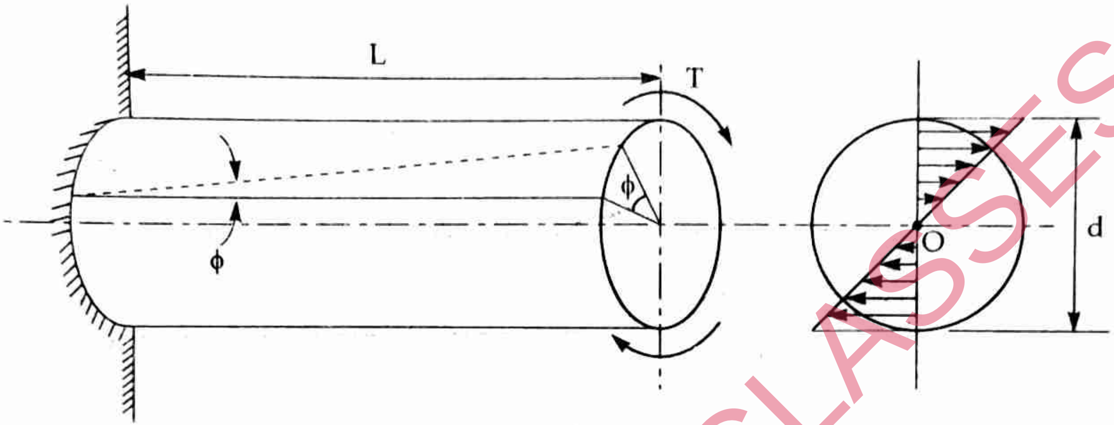
$$E = 3K(1 - 2/m)$$

$\therefore$ $239 = 3K(1 - 2 \times 0.3)$

$\therefore$ $K = \mathbf{199\,kN/mm^2}$ उत्तर

2.3.5 मरोड़ भारों के कारण मशीनी अंग का डिज़ाइन (Design of Machine Component Subjected to Torsional Loading)

जब किसी मशीनी अवयव के दो समानान्तर तलों पर दो बराबर तथा विपरीत दिशा में बलयुग्म कार्यरत हो तो वह अवयव की यह अवस्था मरोड़ (Torsion) कहलाती है।



चित्र-2.6

मरोड़ या मरोड़ घूर्ण के प्रभाव में अंग में मरोड़ कर्तन प्रतिबल उपजते हैं जिनका मान अंग की केन्द्रीय अक्ष पर शून्य (zero) तथा बाहरी सतह पर अधिकतम होता है।

मरोड़ घूर्ण सहन करने वाले मशीनों के सामान्य अंग शाफ्ट, कुंजी (key) तथा कपलिंग (coupling) आदि हैं जिनके डिज़ाइन के बारे में पुस्तक के अगले आने वाले अध्यायों में अध्ययन करेंगे।

चित्रानुसार एक शाफ्ट, जिसका एक सिरा बद्ध है तथा दूसरे पर 'T' मान का एक मरोड़ घूर्ण कार्यरत है, पर विचार करते हैं। मरोड़ घूर्ण के कारण शाफ्ट की प्रत्येक काट पर मरोड़ कर्तन प्रतिबल कार्य करते हैं। इन प्रतिबलों का अधिकतम मान शाफ्ट की बाहरी सतह पर होता है जिसको निम्न सम्बन्ध द्वारा ज्ञात किया जा सकता है—

$$\frac{T}{J} = \frac{G\theta}{l} = \frac{\tau_{max}}{R} = \frac{\tau}{r}$$

जहाँ $J =$ शाफ्ट का ध्रुवीय जड़ता घूर्ण।

$= \frac{\pi}{32} d^4$, ठोस शाफ्ट के लिए (जहाँ $d =$ शाफ्ट का व्यास)

$= \frac{\pi}{32} [d_o^4 - d_i^4]$, खोखली शाफ्ट के लिए (जहाँ $d_o =$ खोखली शाफ्ट का बाह्य व्यास तथा $d_i =$ खोखली शाफ्ट का अन्त:व्यास) इसका मात्रक mm^4 या m^4 होता है।

$T =$ शाफ्ट द्वारा पारेषित अधिकतम मरोड़ घूर्ण (Nmm या kNm)

$\tau_{max} =$ अधिकतम कर्तन प्रतिबल (N/mm^2 या kN/m^2)

$R =$ शाफ्ट का अधिकतम अर्धव्यास (mm या m)

$G =$ शाफ्ट के पदार्थ का दृढ़ता मापांक (N/mm^2 या kN/m^2)

$\theta =$ मरोड़ कोण (रेडियन में)

$l =$ शाफ्ट की लम्बाई (mm या m)

AKC TECHNICAL CLASSES

शाफ्ट द्वारा पारेषित अधिकतम शक्ति निम्न सम्बन्ध द्वारा ज्ञात की जा सकती है—

$$P = \frac{2\pi NT}{60}$$

जहाँ P = वॉट में, T = Nm में तथा N = rpm में है।

या
$$P = \frac{NT}{9550}$$

यहाँ p = kW, T = Nm तथा N = rpm में है।

2.3.6 संयुक्त मरोड़ तथा नमन के प्रभाव में अंग का डिज़ाइन (Design for Combined Torsion and Bending)

इस अनुच्छेद का विस्तृत अध्ययन हम अगले अध्याय में करेंगे।

उदाहरण 7—एक शाफ्ट 180 rpm पर घुमते हुए 95 kW शक्ति पारेषित करती है। यदि शाफ्ट के पदार्थ का अनुमेय प्रतिबल 60 MPa हो तो शाफ्ट का उपयुक्त व्यास ज्ञात कीजिए। शाफ्ट की लम्बाई 3 m है तथा मरोड़ कोण 1° से अधिक नहीं होना चाहिए। G = 80 GPa मानिए।

हल—दिया है,

शक्ति $P = 95$ kW, $N = 180$ rpm, $\tau_{max} = 60 \text{ MPa} = 60 \text{ N/mm}^2$.

अधिकतम मरोड़ कोण $\theta = 1°$, $G = 80 \text{ GPa} = 80 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$, लम्बाई $l = 3$ m

$\therefore$ सम्बन्ध $P = \frac{NT}{9550}$ से, $95 = \frac{180 \times T}{9550}$

$$T = 5042 \text{ Nm}$$
$$= 5.042 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

मरोड़ घूर्ण सेमीकरण से $\frac{T}{J} = \frac{\tau_{max}}{R}$

$$\therefore \quad \frac{5.042 \times 10^6}{\pi/32\,(d)^4} = \frac{60}{(d/2)}$$

हल करने पर,

$$\boldsymbol{d = 75.34 \text{ mm}}$$

पुन: सम्बन्ध $\frac{T}{J} = \frac{G\theta}{l}$ से

$$\frac{5.042 \times 10^6}{\frac{\pi}{32}(d)^4} = \frac{80 \times 10^3 \times \left(\pi \times \frac{1}{180}\right)}{3000}$$

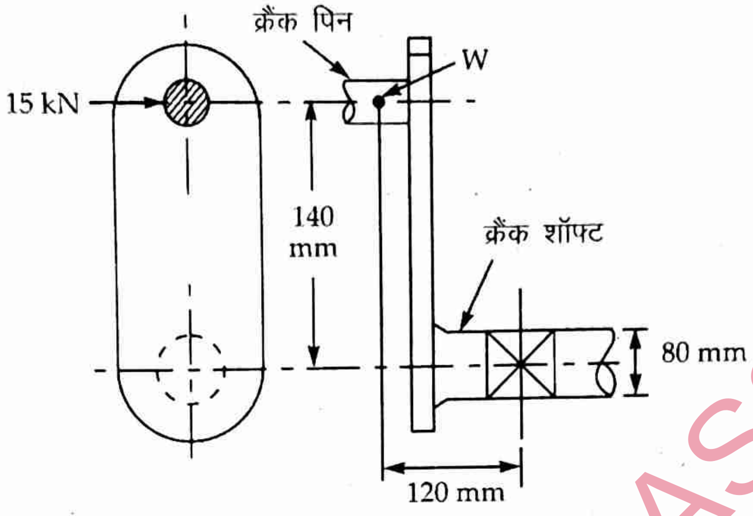
$\therefore$ हल करने पर,

$$\boldsymbol{d = 102.5 \text{ mm}}$$

उपरोक्त प्राप्त दोनों व्यासों में से $d = 102.5$ mm प्रश्न में दी गई दोनों दशाओं अर्थात् मरोड़ कोण $\theta = 1°$ तथा अधिकतम अनुमेय कर्तन प्रतिबल $\tau_{max} = 60$ MPa को सन्तुष्ट करता है। अत: **यही अभिष्ट व्यास** है। **उत्तर**

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 8—चित्र 2.7 में एक ओवर हँग क्रैंक दिखाई गई है। 15 kN का एक स्पर्शीय भार क्रैंक पिन पर कार्यरत है। क्रैंक शाफ्ट बियरिंग के केन्द्र पर अधिकतम मुख्य प्रतिबल तथा अधिकतम कर्तन प्रतिबल ज्ञात कीजिए।



चित्र-2.7

हल—दिया है,

$$W = 15 \text{ kN} = 15 \times 10^3 \text{ N}, d = 80 \text{ mm}, y = 140 \text{ mm}, x = 120 \text{ mm}$$

क्रैंक शाफ्ट बियरिंग के केन्द्र पर नमन पूर्ण

$$M = Wx = 15 \times 10^3 \times 120 = 1.8 \times 10^6 \text{ N-mm}$$

शाफ्ट की अक्ष पर पारेषित घूर्ण $T = W.y.$

$$\therefore \quad T = 15 \times 10^3 \times 140 = 2.1 \times 10^6 \text{ N-mm}$$

$\therefore$ हम जानते हैं कि नमनघूर्ण M के कारण उत्पन्न नमन प्रतिबल $\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{32\text{M}}{\pi d^3}$

$$= \frac{32 \times 1.8 \times 10^6}{\pi (80)^3} = 35.8 \text{ N/mm}^2 \text{ (Tensile)}$$

पारेषित घूर्ण के कारण उत्पन्न कर्तन प्रतिबल $\tau = \frac{16\text{T}}{\pi d^3}$

$$\therefore \quad \tau = \frac{16 \times 2.1 \times 10^6}{\pi (80)^3} = 20.9 \text{ N/mm}^2$$

$\therefore$ अधिकतम मुख्य प्रतिबल $\sigma_{t_{max}}$ या $\sigma_1 = \frac{\sigma_t}{2} + \frac{1}{2}[\sqrt{(\sigma_t)^2 + 4(\tau)^2}]$

$$\therefore \quad \sigma_{t_{max}} = \frac{35.8}{2} + \frac{1}{2}[\sqrt{(35.8)^2 + 4(20.9)^2}]$$

$$= \mathbf{45.4 \text{ N/mm}^2}$$ उत्तर

अधिकतम कर्तन प्रतिबल $\tau_{max} = \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_t) + \tau}$

$$= \frac{1}{2}\sqrt{(35.8)^2 + 4(20.4)^2}$$

$$\therefore \quad \tau_{max} = \mathbf{27.5 \text{ N/mm}^2}$$ उत्तर

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 9—एक बोल्ट पर 10 kN का अक्षीय तनन बल तथा 5 kN का अनुप्रस्थ कर्तन बल लगा हुआ है। निम्न पर आधारित बोल्ट का आवश्यक व्यास ज्ञात कीजिए।

(i) अधिकतम मुख्य प्रतिबल सिद्धान्त।

(ii) अधिकतम कर्तन प्रतिबल सिद्धान्त।

अधिकतम तनाव प्रतिबल 100 MN/m² तथा कर्तन प्रतिबल 40 kN/m² माने।

हल—माना बोल्ट की अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल a तथा व्यास d mm है तब $a = \frac{\pi}{4} d^2$ mm²

$$\text{वोल्ट पर तनाव प्रतिबल } \sigma_x = \frac{10 \times 10^3}{a} \text{ N/mm}^2$$

तथा
$$\text{कर्तन प्रतिबल } \tau = \frac{5 \times 10^3}{a} \text{ N/mm}^2$$

हम जानते हैं कि—

$$\text{अधिकतम मुख्य प्रतिबल } \sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau^2}$$

यहाँ $\sigma_y = 0$ होगा।

$$\therefore \quad \sigma_1 = \frac{1}{2}\left(\frac{10 \times 10^3}{a}\right) + \frac{1}{2}\sqrt{\left(\frac{10 \times 10^3}{a}\right)^2 + 4\left(\frac{5 \times 10^3}{a}\right)^2}$$

$$= \frac{5 \times 10^3}{a}(1 + \sqrt{2})$$

$$\text{इसी प्रकार न्यूनतम मुख्य प्रतिबल } \sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau^2} \text{ से}$$

$$\sigma_2 = \frac{5 \times 10^3}{a}(1 - \sqrt{2})$$

$$\text{हम जानते हैं कि अधिकतम कर्तन प्रतिबल } \tau_1 = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$$

$$\therefore \quad \tau_1 = \frac{5 \times 10^3}{2a}[(1 + \sqrt{2}) - (1 - \sqrt{2})]$$

$$= \frac{5 \times 10^3 \times \sqrt{2}}{a}$$

अब (i) अधिकतम मुख्य प्रतिबल सिद्धान्त के अनुसार $\sigma_1 = \sigma_t$ (elastic)

$$\therefore \quad \frac{5 \times 10^3}{a}(1 + \sqrt{2}) = 100$$

$$\therefore \quad a = 50(1 + \sqrt{2}) = \frac{\pi}{4} d^2$$

या $\quad d = \mathbf{12.4\,mm}$ उत्तर

AKC TECHNICAL CLASSES

(ii) अधिकतम मुख्य प्रतिबल सिद्धान्त के अनुसार,

$$\therefore \quad \frac{5\times 10^3\sqrt{2}}{a} = 40$$

$$\therefore \quad a = \frac{500\sqrt{2}}{4} = \frac{\pi}{4}d^2$$

$$\therefore \quad d = 15\,\text{mm}$$ उत्तर

उदाहरण 10—3m लम्बी तथा 600 mm^2 अनुप्रस्थ काट की एक उर्ध्वाधर छड़ के निचले सिरे पर बद्ध एक कालर पर एक अज्ञात भार 10 mm की ऊँचाई से गिरता है। यदि छड़ में होने वाला तात्क्षणिक विस्तार 2 mm हो तो तात्क्षणिक प्रतिबल तथा अज्ञात भार ज्ञात कीजिए। E का मान 200 kN/mm^2 मानिए।

हल—दिया है,

$$\delta l = 2\text{ mm},\ l = 3\text{ m} = 3000\text{ mm},\ A = 600\text{ mm}^2,$$

$$h = 10\text{ mm},\ E = 200\text{ kN/mm}^2 = 2\times 10^5\ \text{N/mm}^2$$

छड़ में प्रतिबल—हम जानते हैं—

$$\text{यंग मापांक } E = \frac{\text{प्रतिबल }(\sigma)}{\text{विकृति }(e)} = \frac{\sigma . l}{\delta l}$$

$$\therefore \quad \sigma = \frac{E.\delta l}{l} = \frac{2\times 10^5\times 2}{3000}$$

$$= \frac{400}{3} = 133.3\ \text{N/mm}^2$$ उत्तर

अज्ञात भार—माना अज्ञात भार $= W$

हम जानते हैं—

$$\sigma = \frac{W}{A}\left(1+\sqrt{1+\frac{2hAE}{Wl}}\right)$$

$$\therefore \quad \frac{400}{3} = \frac{W}{600}\left[1+\sqrt{1+\frac{2\times 600\times 200\times 10^3}{W\times 3000}}\right]$$

$$\frac{80000}{W} - 1 = \sqrt{1+\frac{80000}{W}}$$

हल करने पर,

$$W = 6666.7\,\text{N}$$ उत्तर

उदाहरण 11—एक इंजन की क्रैंक पिन, भाप दाब के कारण 35 kN का अधिकतम दाब सहन कर सकती है। यदि अधिकतम अनुमेय बियरिंग दाब 7N/mm^2 हो तो क्रैंक पिन की विमाएँ ज्ञात कीजिए। मानिए पिन की लम्बाई उसके व्यास की 1.2 गुना है।

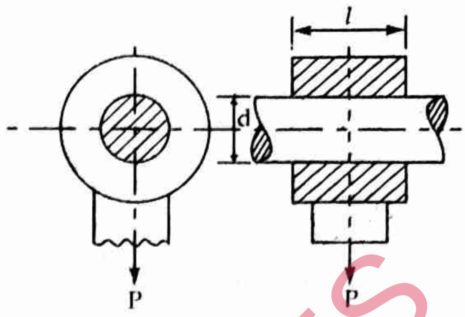
AKC TECHNICAL CLASSES

हल—माना पिन का व्यास $= d$ तथा लम्बाई $= l$ है।

दिया है,

$$l = 1.2d,\ p = 7\ \text{N/mm}^2,$$

अधिकतम दाब $P = 35$ kN



चित्र-2.8

हम जानते हैं कि बियरिंग दाब $p = \dfrac{\text{बल } P}{\text{प्रभावी सम्पर्क क्षेत्रफल}}$

$\therefore$ $$P = p \times dl \qquad \text{परन्तु } l = 1.2d$$
$$= p \times 1.2\, d^2$$

$\therefore$ $$d^2 = \frac{35 \times 10^3}{7 \times 1.2}$$

$\therefore$ $$d = 64.5 \text{ mm}$$

$\therefore$ पिन का व्यास $\boldsymbol{d = 64.5\,\text{mm}}$ **उत्तर**

तथा पिन की लम्बाई $l = 1.2\,d = 1.2 \times 64.5 = \mathbf{80\,mm}$ **उत्तर**

उदाहरण 12—एक खोखली स्टील शाफ्ट (Hollow steel shaft) को 110 rpm पर 6000 kW पारेषित करती है। यदि अनुमेय अपरूपण प्रतिबल 60 N/mm^2 और आन्तरिक व्यास, बाहरी व्यास का $\frac{3}{5}$ हो तब शाफ्ट की विमाएँ (dimensions) ज्ञात कीजिए। शाफ्ट की 3m लम्बाई में घुमाव कोण (angle of twist) भी ज्ञात कीजिए। दृढ़ता मापांक 80 kN/mm^2 मानिए। (UP 2014)

हल—दिया है,

गति $N = 110$ rpm, पारेषित शक्ति $P = 6000$ kW, अनुमेय अपरूपण प्रतिबल $\tau_{max} = 60$ N/mm^2

अन्त: व्यास $d_i = \frac{3}{5} d_o$, शाफ्ट की लम्बाई $l = 3$ m $= 3000$ mm, $G = 80 \times 10^3$ N/mm^2

हम जानते हैं—

$$P = \frac{NT}{9550}$$

$\therefore$ $$T = \frac{6000 \times 9550}{110} = 520909 \text{ Nm}$$
$$= 520.909 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

अब सम्बन्ध $\dfrac{T}{J} = \dfrac{\tau_{max}}{R} = \dfrac{G\theta}{L}$ से,

$\dfrac{T}{J} = \dfrac{\tau_{max}}{R}$ का प्रयोग करने पर,

$$\frac{520.909 \times 10^6}{\frac{\pi}{32}(d_o^4 - d_i^4)} = \frac{60}{\frac{d_o}{2}}$$

$\therefore$ $$\frac{520.909 \times 10^6 \times 16}{\pi \times 60} = \frac{(d_o^4 - d_i^4)}{d_o} = 0.37\, d_o^3 \qquad (d_i = 0.6\, d_o \text{ रखने पर})$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$\therefore \qquad d_o^3 = 50823137$$

हल करने पर,

$$d_o = 368\,\text{mm}$$

तथा
$$d_i = 0.6\, d_o = 221\,\text{mm}$$

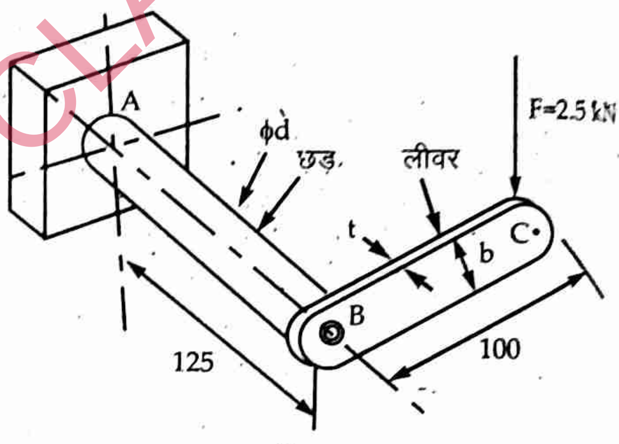
अब $\frac{T}{J} = \frac{G\theta}{l}$ का प्रयोग करने पर,

$$\theta = \frac{T.l}{G.J} = \frac{T.l}{G \times \frac{\pi}{32}(d_o^4 - d_i^4)}$$

$$\theta = \frac{520.909 \times 10^6 \times 3000 \times 32}{80 \times 10^3 \times \pi \times (368^4 - 221^4)}$$

$$= 0.01247\,\text{rad.} = \mathbf{0.714°}$$

उदाहरण 13—एक क्रैंक पर एक बल $F = 2.5$ kN लगा हुआ है जैसा कि चित्र 2.9 में प्रदर्शित है। बेलनाकार छड़ AB सिरे A पर एक प्लेट से जुड़ा हुआ है तथा एक आयताकार लीवर BC सिरे 'B' पर बेलनाकार छड़ के साथ बद्ध है। बेलनाकार छड़ तथा लीवर का अभिकल्पन (design) कीजिए।



चित्र-2.9

मानिए—

(i) $\frac{b}{t} = 5$

(ii) क्रैंक पदार्थ के लिए अनुमेय तनाव प्रतिबल $= 80$ N/mm^2

(ii) क्रैंक पदार्थ के लिए अनुमेय कर्तन प्रतिबल $= 55$ N/mm^2।

हल—दिया है,

$$F = 2.5\,\text{kN} = 2.5 \times 10^3\ \text{N}$$

$$\frac{b}{t} = 5,\ \sigma_{el} = 80\ \text{N/mm}^2,\ \tau_{el} = 55\ \text{N/mm}^2$$

(1) क्रैंक का अभिकल्पन—

$\therefore$ क्रैंक के काट A पर अधिकतम नमनघूर्ण

$$M = F \times 125 = 2.5 \times 10^3 \times 125 = 312.5 \times 10^3\ \text{Nmm}$$

क्रैंक पर बलाघूर्ण $T = F \times 100$

$$= 2.5 \times 10^3 \times 100 = 250 \times 10^3\ \text{Nmm}$$

क्रैंक में उत्पन्न नमन प्रतिबल

$$\therefore \qquad \sigma_x = \sigma_b = \frac{My}{I} = \frac{M\left(\frac{d}{2}\right)}{\frac{\pi}{64}.d^4} = \frac{32M}{\pi d^3}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$\therefore \quad \sigma_x = \frac{32 \times 312.5 \times 10^3}{\pi d^3} = \frac{3183.1 \times 10^3}{d^3} \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{xy} = \tau = \frac{T \times r}{J} = \frac{T(D/2)}{\left(\frac{\pi}{32} d^4\right)} = \frac{16T}{\pi d^3}$$

$$\therefore \quad \tau = \frac{16 \times 250 \times 10^3}{\pi d^3} = \frac{1273.24 \times 10^3}{d^3} \text{ N/mm}^2$$

अधिकतम मुख्य प्रतिबल $\sigma_1 = \left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}$

$$= \left[\frac{3183.1 \times 10^3}{2d^3}\right]^2 + \sqrt{\left[\frac{3183.1 \times 10^3}{2d^3}\right]^2 + \left[\frac{1273.24 \times 10^3}{d^3}\right]^2}$$

$$\therefore \quad \sigma_1 = \frac{3630 \times 10^3}{d^3} \text{ N/mm}^2$$

अधिकतम कर्तन प्रतिबल $\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2}$

$$= \sqrt{\left(\frac{3183.1 \times 10^3}{2d^3}\right)^2 + \left(\frac{1273.24 \times 10^3}{d^3}\right)^2}$$

$$= \frac{2038.2 \times 10^3}{d^3} \text{ N/mm}^2$$

अब अधिकतम मुख्य प्रतिबल सिद्धान्त के अनुसार—

$$\sigma_1 = \sigma_{el}$$

$$\therefore \quad \frac{3630 \times 10^3}{d^3} = 80$$

$$\therefore \quad \mathbf{d = 35.7\,mm} \qquad \text{...(i)}$$

तथा अधिकतम मुख्य कर्तन प्रतिबल सिद्धान्त के अनुसार—

$$\tau_{max} = \tau_{el}$$

$$\therefore \quad \frac{2038.2 \times 10^3}{d^3} = 55$$

$$\therefore \quad d = 33.3\,\text{mm} \qquad \text{...(ii)}$$

उपरोक्त दोनों समीकरण (i) तथा (ii) से प्राप्त मानों में से अधिकतम मान का चयन करने पर क्रैंक का व्यास

$$\text{‘}d\text{’} = \mathbf{35.7\,mm}$$ **उत्तर**

(2) लीवर का अभिकल्पन—लीवर पर अधिकतम नमन आघूर्ण

$$M_L = F \times 100 = 2.5 \times 10^3 \times 100$$

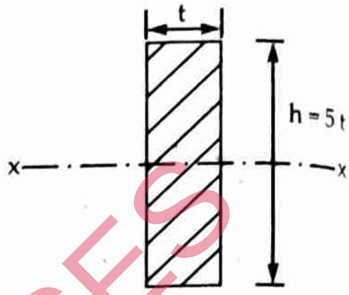
$$= 250 \times 10^3 \text{ N-mm}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

लीवर की अनुप्रस्थ काट के लिए काट मापांक (Section Modulus)

$$Z = \frac{I_{xy}}{y} = \frac{\frac{t.h^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{th^2}{6} \quad (\text{परन्तु } h = 5t \text{ किया है})$$

$$\therefore \quad Z = \frac{t}{6}(5t)^2 = \frac{25t^3}{6} \text{ mm}^3$$



चित्र-2.10

अब लीवर में उत्पन्न अधिकतम नमन प्रतिबल

$$(\sigma_b)_L = \frac{M_L}{Z} = \frac{250 \times 10^3}{\left(\frac{25t^3}{6}\right)}$$

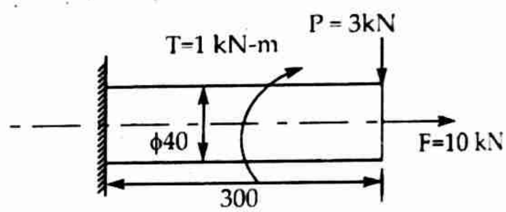
$$\therefore \quad (\sigma_b)_L = \frac{6 \times 250 \times 10^3}{25t^3}$$

$$\therefore \quad 80 = \frac{60 \times 10^3}{t^3}$$

हल करने पर,

$\therefore$ $t = 9.1\,\text{mm}$ तथा $h = 5t$ से $h = 45.5\,\text{mm}$ **उत्तर**

उदाहरण 14—एक इस्पात छड़, जिसका व्यास 40 mm तथा लम्बाई 300 mm है, पर 1 kNm का बलाघूर्ण (Torque) तथा दो अन्य बल लगे हैं जैसा कि चित्र 2.11 में प्रदर्शित है। यदि छड़ के पदार्थ की चरम तनाव सामर्थ्य तथा पराभव सामर्थ्य क्रमश: 450 N/mm² तथा 250 N/mm² हो तो सुरक्षा गुणांक (factor of safety) निम्न सिद्धान्तों के आधार पर ज्ञात कीजिए—



चित्र-2.11

(i) अधिकतम मुख्य प्रतिबल सिद्धान्त (Maximum Principal Stress Theory)

(ii) अधिकतम कर्तन प्रतिबल सिद्धान्त (Maximum Shear Stress Theory)

(iii) अधिकतम विकृति ऊर्जा सिद्धान्त (Maximum Strain Stress Theory)

हल—दिया है,

$$d = 40\text{ mm},\ l = 300\text{ mm},\ \hat{T} = 1\text{ kNm} = 1 \times 10^6\text{ Nmm}$$

$$F = 10\text{ kN} = 10 \times 10^3\text{ N},\ P = 3\text{ kN} = 3 \times 10^3\text{ N},$$

$$\sigma_u = 450\text{ N/mm}^2,\ \sigma_{yt} = 250\text{ N/mm}^2$$

छड़ में प्रतिबल—छड़ में उत्पन्न नमन प्रतिबल $\sigma_b = \frac{M}{I}.y = \frac{32\,m}{\pi d^3}$

$$\therefore \quad \sigma_b = \frac{32\,Pl}{\pi d^3} = \frac{32 \times 3 \times 10^3 \times 300}{\pi(40)^3} = 143.24\text{ N/mm}^2$$

छड़ में उत्पन्न सीधा तनाव प्रतिबल $\sigma_t = \frac{F}{\frac{\pi}{4}d^2} = \frac{4 \times 10 \times 10^3}{\pi(40)^2} = 7.96\text{ N/mm}^2$

अक्षीय दिशा में अधिकतम प्रतिबल $\sigma_x = \sigma_b + \sigma_t = 143.24 + 7.96 = \mathbf{151.2\ N/mm^2}$

AKC TECHNICAL CLASSES

छड़ में उत्पन्न मरोड़ कर्तन प्रतिबल $\tau = \dfrac{T}{J} \cdot r = \dfrac{T(d/2)}{\dfrac{\pi}{32} d^4} = \dfrac{16T}{\pi d^3}$

$$\therefore \quad \tau = \frac{16 \times 1 \times 10^6}{\pi (40)^3} = \mathbf{79.6\ N/mm^2}$$

मुख्य प्रतिबल—

अधिकतम मुख्य प्रतिबल $\sigma_1 = \left(\dfrac{\sigma_x}{2}\right) + \sqrt{\left(\dfrac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau^2}$

$$\therefore \quad \sigma_1 = \left(\frac{151.2}{2}\right) + \sqrt{\left(\frac{151.2}{2}\right)^2 + (79.6)^2} = 185.4\ N/mm^2$$

तथा न्यूनतम मुख्य प्रतिबल $\sigma_2 = \left(\dfrac{\sigma_x}{2}\right) - \sqrt{\left(\dfrac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau^2}$

$$\sigma_2 = \left(\frac{151.2}{2}\right) - \sqrt{\left(\frac{151.2}{2}\right)^2 + (79.6)^2} = -34.2\ N/mm^2$$

अधिकतम कर्तन प्रतिबल, $\tau_{max} = \sqrt{\left(\dfrac{151.2}{2}\right)^2 + (79.6)^2} = 109.8\ N/mm^2$

(i) अधिकतम मुख्य प्रतिबल सिद्धान्त—

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_{yt}}{F.O.S.}$$

$\therefore$ सुरक्षा गुणांक $F.O.S. = \dfrac{\sigma_{yt}}{\sigma_1}$

$$\therefore \quad F.O.S. = \frac{250}{185.4} = \mathbf{1.35}$$ **उत्तर**

(ii) अधिकतम कर्तन प्रतिबल सिद्धान्त—

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_{yt}}{2 \times F.O.S.}$$

$$\therefore \quad 109.8 = \frac{250}{2 \times F.O.S.}$$

$$\therefore \quad F.O.S. = \frac{125}{109.8} = \mathbf{1.14}$$ **उत्तर**

(iii) अधिकतम विकृति ऊर्जा सिद्धान्त—

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \frac{2\sigma_1 . \sigma_2}{m} = \left[\frac{\sigma_{yt}}{F.O.S.}\right]^2 \qquad \left(\frac{1}{m} = 0.3 \text{ मानने पर}\right)$$

$$(185.4)^2 + (-34.2)^2 - 2\,(185.4)\,(-34.16) \times (0.3) = \left[\frac{250}{F.O.S.}\right]^2$$

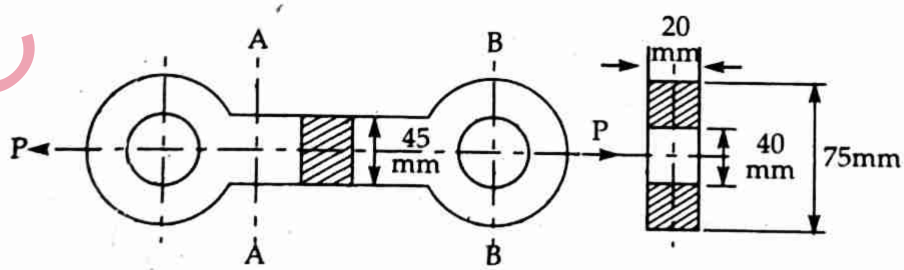
$$198.3 = \frac{250}{F.O.S.}$$

$$\therefore \quad F.O.S. = \mathbf{1.26}$$ **उत्तर**

AKC TECHNICAL CLASSES

प्रश्नावली (Exercise)

1. उदाहरण देते हुए असफलता (failure) के सिद्धान्तों को समझाइए।
2. असफलता सिद्धान्तों की संक्षिप्त विवेचना कीजिए।
3. असफलता के अधिकतम कर्तन-प्रतिबल सिद्धान्त को समझाइए। **(UP 2013)**
4. विभिन्न प्रकार के भारों का वर्गीकरण कीजिए।
5. पदार्थों के तन्य व्यवहार पर संक्षिप्त वर्णन कीजिए।
6. पदार्थों के भंगुर व्यवहार पर संक्षिप्त वर्णन कीजिए।
7. मशीन अभिकल्पन में उपयोग होने वाली किसी एक असफलता के सिद्धान्त को समझाइए। **(UP 2018)**
8. व्याख्या कीजिए—
   (i) अधिकतम मुख्य प्रतिबल सिद्धान्त (Maximum Principal Stress Theory) और
   (ii) अधिकतम मुख्य अपरुपण प्रतिबल सिद्धान्त (Maximum Principal Shear Stress Theory)।
   इन्हें मशीन के भागों के अभिकल्पन (design) में लागू करने को उदाहरण सहित समझाइए। **(UP 2014)**
9. रेखीय तथा पार्श्व विकृति में अन्तर स्पष्ट कीजिए।
10. निम्न को परिभाषित कीजिए—
    (a) पाइजन अनुपात (b) प्रत्यास्था सीमा (c) हुक नियताँक।
11. एक भाप-इन्जन की पिस्टन रॉड का व्यास 50 mm तथा लम्बाई 600 mm है। पिस्टन का व्यास 400 mm है तथा उस पर अधिकतम दाब तीव्रता 0.9 N/mm^2 है। पिस्टन रॉड में होने वाले सम्पीडन ज्ञात कीजिए यदि पिस्टन रॉड के पदार्थ का यंग मांपाक 210 kN/mm^2 है।
    [उत्तर—0.165 m]
12. एक ढलवाँ लोहे से बनी कड़ी द्वारा, जैसा कि चित्र 2.12 में दिखाया गया है, एक 45 kN का अक्षीय तनाव भार पारेषित किया जाना है। कड़ी की काट *A–A* तथा *B–B* पर पदार्थ में उपजे तनाव प्रतिबल ज्ञात कीजिए।



(सभी माप mm में है)

चित्र-2.12

[उत्तर—50 N/mm^2 तथा 64.3 N/mm^2]

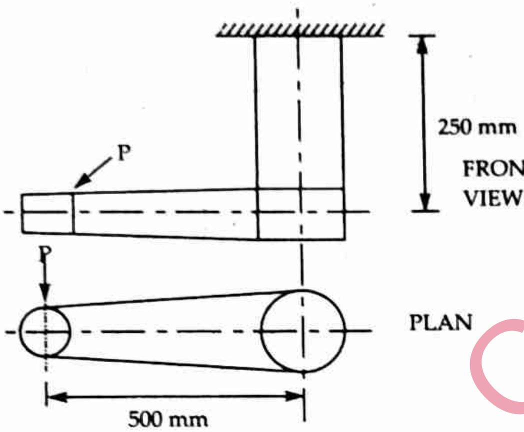
13. 8 cm व्यास की किसी शाफ्ट पर 30 टन सेमी का नमनघूर्ण (Bending moment) तथा 70 टन सेमी का मरोड़ घूर्ण (Torque) लगता है। शाफ्ट में उत्पन्न मुख्य प्रतिबल (Principal stresses) तथा अधिकतम कर्तन प्रतिबल (Maximum shear stresses) ज्ञात कीजिए।
    [उत्तर—$\sigma_1 = 1.057$ Ton/cm^2, $\sigma_2 = -0.459$ Ton/cm^2, $\tau_1 = 0.758$ Ton/cm^2]

AKC TECHNICAL CLASSES

14. किसी खोखली शाफ्ट पर, 3 kN-m का मरोड़ घूर्ण तथा 1.5 kN-m का नमन-घूर्ण लगता है। शाफ्ट का अन्तः व्यास बाह्य का आधा है। यदि अधिकतम कर्तन प्रतिबल का मान 80 MN/m^2 से अधिक न होने दिया जाए तो शाफ्ट का व्यास ज्ञात कीजिए।

[उत्तर—$d_o = 61.1$ mm, $d_i = 30.55$ mm]

15. चित्र 2.13 में एक ओवर-हँग क्रैंक दिखाया गया है। यदि $P = 5$ kN और अनुमेय कर्तन प्रतिबल 40 MN/m^2 हो तो शाफ्ट का व्यास ज्ञात कीजिए।



चित्र-2.13

[उत्तर—व्यास $d = 71$ mm]

16. किसी छड़ की अनप्रस्थ काट वृत्ताकार है। इस पर 100 kN की अक्षीय तनाव बल लग रहा है। छड़ में किसी समतल पर कर्तन प्रतिबल 100 MN/m^2 से अधिक नहीं होना चाहिए। छड़ का व्यास ज्ञात कीजिए।

[उत्तर—25.23 mm]

17. एक धातु पिण्ड में प्रधान प्रतिबल +35 MN/m^2 तथा −95 MN/m^2 है तथा तीसरा प्रधान प्रतिबल शून्य है। प्रत्यास्थ सीमा तनन तथा संपीडन में समान है तथा इसका मान 220 MN/m^2 है। अधिकतम अपरूपण प्रतिबल सिद्धान्त पर आधारित इसके लिए सुरक्षा गुणांक का मान ज्ञात कीजिए।

[उत्तर—1.692]

18. एक शाफ्ट 5 kW शक्ति, 1000 rpm गति पर पारेषित करती है। शाफ्ट के पदार्थ के लिए तनन पराभव सामर्थ्य 300 N/mm^2 तथा पाइजन अनुपात 0.25 है। यदि सुरक्षा गुणांक 2 हो तो शाफ्ट का व्यास, अधिकतम विकृति ऊर्जा सिद्धान्त के आधार पर कीजिए।

[उत्तर—13.6 mm]

19. एक प्रलम्ब क्रैंक पिन जनरल का डिज़ाइन कीजिए जिस पर 320 kN का बल लग रहा है। जनरल के प्रक्षेपित क्षेत्रफल पर दाब 5.5 MPa से अधिक नहीं होना चाहिए तथा अधिकतम नमन प्रतिबल का मान 82 MPa तक सीमित रखना है।

[उत्तर—185 mm , 315 mm]

■

AKC TECHNICAL CLASSES

अध्याय

3

शाफ्ट का अभिकल्पन (Design of Shaft)

Inside this Chapter

Type of shaft, shaft materials, Type of lading on shaft, standard sizes of shaft available, Shft subjected to torsion only, determination of shaft diameter (hollow and solid shaft) on the basis of : Strength cirterion, Rigidity criterion, Determination of shaft diameter (hollow and solid shaft) subjected to bending, Determination of shaft diameter (hollow and solid shaft) subjected to combined torsion and bending.

3.1 परिचय (Introduction)

3.1.1 शाफ्ट तथा उनके प्रकार (Shafts and its Types)

शाफ्ट एक ऐसी मशीनी अवयव है जो एक स्थान से दूसरे स्थान पर शक्ति पारेषण के काम आती है। यह विभिन्न घूर्णन गति करने वाले भागों को सहारती है तथा मरोड़ घूर्ण को भी पारेषित करती है।

"A shaft is a rotating machine element which is used to transmit power from one place to another place. It is used to support parts having rotating motion and transmit Twising moment".

ये घूर्णन गति करने वाले भाग पुली, गियर आदि हो सकते हैं जो कुंजी (key) द्वारा शाफ्ट पर लगे होते हैं। इन भागों पर लगने वाले बलों के कारण शाफ्ट का नमन (bending) भी होता है। इस प्रकार शाफ्ट नमन तथा घुमाऊ घूर्ण दोनों पारेषित करने के काम आती हैं। समान्यतया शाफ्टें दो प्रकार की होती हैं—

(I) पारेषण शाफ्ट (Transmission shaft)

(II) मशीन शाफ्ट (Machine shaft)

(I) पारेषण शाफ्ट (Transmission shaft)—इनको लाइन शाफ्ट (line shaft) भी कहते हैं। ये शाफ्ट विद्युत मोटर से या इन्जन से मशीन को शक्ति का पारेषण करती हैं। जब शाफ्टों को जमीन से ऊपर दीवार के सहारे लगाया जाता है तब ये शाफ्टें ओवर हैड शाफ्ट (over head shaft) कहलाती हैं।

(II) मशीन शाफ्ट (Machine shaft)—इनका कार्य मशीन के एक अवयव से दूसरे अवयव को शक्ति पारेषित करना है। ये मशीन भागों का ही एक अँग होती हैं जैसे इन्जन की क्रैंक शाफ्ट आदि।

3.1.2 स्पिँडल (Spindle)

स्पिँडल भी छोटे साइज की शाफ्ट है जिसका कार्य मशीन औजारों (Machine Tools) में औजारों या कार्य को घुमाऊ गति प्रदान करना है। उदाहरणत: खराद मशीन की स्पिँडल, कार्य (job) को घुमाऊ गति प्रदान करती है एवं ड्रिल मशीन की स्पिँडल, बरमे (drill) को घुमाऊ गति प्रदान करती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

3.1.3 शाफ्टों का पदार्थ (Shafts Material)

साधारणतया शाफ्टें मृदु-इस्पात (mild steel) की बनाई जाती हैं। अधिक शक्ति पारेषण के लिए शाफ्टें मिश्र धातु इस्पात (alloy steel) जैसे निकिल, क्रोम निकिल या क्रोम वेनेडियम इस्पात की बनाई जाती हैं। शाफ्टों को गर्म रोलिंग द्वारा बनाया जाता है और फिर खराद कर या ग्राइँड करके साइज में लाते हैं। सामान्यतया मशीन शाफ्टें फोर्जन (forging) द्वारा बनाई जाती हैं।

शाफ्टों के बनाने में प्रयुक्त होने वाले पदार्थों में निम्नलिखित गुण होने चाहिए—

(i) इसकी मशीननता (Machinability) अच्छी होनी चाहिए।

(ii) यह उच्च सामर्थ्यवान (high strength) होनी चाहिए।

(iii) इसका नॉच सेंसेटीविटी फैक्टर (Notch sensitivity factor) निम्न (low) रहना चाहिए।

(iv) इसकी घिसन प्रतिरोधी गुण (high wear resistant properties) उच्च रहने चाहिए।

(v) इसके ऊष्मा उपचार गुण (heat treatment properties) उच्च (high) होनी चाहिए।

सामान्यतया साधारण शाफ्टें ग्रेड़ 40C8, 45C8, 50C4 तथा 50 C12 की कार्बन स्टील से बनाई जाती हैं। कार्बन स्टील के इन ग्रेड़ के यान्त्रिक गुण तालिका 3.1 में प्रदर्शित हैं—

तालिका 3.1

भारतीय मानक ग्रेड़ (Indian standard grades)	चरम तनन सामर्थ्य (Ultimate tensile strength, MPa)	पराभव सामर्थ्य (Yield strength, MPa)
40C8	560 – 670	320
45C8	610 – 700	350
50C4	640 – 760	370
50C12	700 Minimum	390

3.1.4 पारेषण शाफ्टों के मानक साइज (Standard Sizes of Transmission Shafts)

साधारणतया शाफ्टें 25 mm से लेकर 500 mm व्यास तक की बनायी जाती हैं। इनकी लम्बाई किसी दशा में 7 m से अधिक नहीं रखी जाती है ताकि इनका परिवहन सुविधापूर्वक हो सके। सामान्यतया शाफ्टों की मानक लम्बाई 5 m, 6 m तथा 7 m रखी जाती है।

3.1.5 शाफ्टों में प्रतिबल (Stresses in Shafts)

शाफ्टों में निम्न प्रकार के प्रतिबल कार्य करते हैं—

(a) **कर्तन प्रतिबल,** जो शाफ्टों में मरोड़ घूर्ण के पारेषण के कारण उपजते हैं।

(b) **नमन प्रतिबल,** जो शाफ्टों के अपने भार तथा उस पर लगे अन्य अंगों के भार के कारण उपजते हैं।

(c) मरोड़ तथा नमन भारों के कारण **संयुक्त प्रतिबल**।

AKC TECHNICAL CLASSES

शाफ्ट के पदार्थ के लिए साधारण परिस्थितियों में प्रतिबल के निम्न मानों को लेकर अभिकल्पन किया जाता है—

(I) अनुमेय कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 60$ MPa

(II) अनुमेय नमय प्रतिबल या तनाव प्रतिबल $(\sigma_t) = 110$ MPa

(III) यदि शाफ्ट पर अक्षीय बल लगे हों, तो सीधे प्रतिबलों (direct stresses) को ज्ञात कर गणना में सम्मिलित किया जाता है।

3.2 शाफ्ट का डिज़ाइन (Design of Shafts)

शाफ्ट का डिज़ाइन दो आधारों पर किया जाता हैं—

(1) सामर्थ्य (strength) तथा

(2) कड़ापन एवं दृढ़ता (rigidity and stiffness)

(1) सामर्थ्य को आधार मानकर निम्नलिखित दशाओं के लिए शाफ्ट का डिज़ाइन किया जाता है—

(a) जब शाफ्ट पर केवल मरोड़ घूर्ण लगा हो,

(b) जब शाफ्ट पर केवल नमन घूर्ण लगा हो,

(c) जब शाफ्ट पर मरोड़ घूर्ण तथा नमन घूर्ण संयुक्त रूप से लगे हों तथा

(d) संयुक्त मरोड़ घूर्ण तथा नमन घूर्ण के साथ अक्षीय भार भी लगे हों।

पुस्तक की सीमा के कारण हम उपरोक्त तीन दशाओं के लिए ही शाफ्ट का डिज़ाइन करेंगे।

(2) शाफ्ट का डिज़ाइन उसकी घूर्णन दृढ़ता (torsional rigidity) के आधार पर भी किया जाता है—इसके अन्तर्गत शाफ्ट का रेडियन में मरोड़ कोण (angle of twist) निम्न सूत्र द्वारा दिया जाता है—

$$\theta = \frac{T \cdot l}{GJ}$$

यहाँ T = शाफ्ट पर मरोड़ घूर्ण (Torque)

l = शाफ्ट की लम्बाई

J = शाफ्ट का ध्रुवीय जड़ता घूर्ण (Polar moment of Inertia)

G = शाफ्ट के पदार्थ का कर्तन मापांक (Modulus of rigidity)

कुछ विशेष परिस्थितियों में मरोड़ कोण θ इस प्रकार माना जाता है—

(I) सामान्य परिस्थितियों में—$\theta = 1°$ प्रति $20d$ शाफ्ट लम्बाई के लिए, जहाँ d = शाफ्ट का व्यास,

(II) लाइन शाफ्टों के लिए—$\theta = 2.5°$ से $3.5°$ प्रति मीटर शाफ्ट लम्बाई,

(III) मशीन-औजार (Machine-tool)—शाफ्टों के लिए $\theta = 0.26°$ प्रति मीटर शाफ्ट लम्बाई (अधिकतम)

सामर्थ्य को आधार मानकर शाफ्ट का डिज़ाइन

(a) जब शाफ्ट पर केवल मरोड़ घूर्ण लगे हो (Shaft subjected to twisting moment only)—जब शाफ्ट पर केवल मरोड़ घूर्ण लगे हो तो शाफ्ट का व्यास, मरोड़ समीकरण द्वारा निम्न प्रकार ज्ञात कर सकते हैं—

$$\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r} = \frac{\tau_{max}}{R}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

जहाँ T = शाफ्ट पर लगाया गया मरोड़ घूर्ण

J = शाफ्ट की अनुप्रस्थ काट का ध्रुवीय जड़ता घूर्ण

$= \frac{\pi}{32} d^4$ [ठोस शाफ्ट के लिए, जहाँ d = शाफ्ट का व्यास]

$= \frac{\pi}{32} [d_o^4 - d_i^4]$ [खोखली शाफ्ट के लिए, जहाँ d_o = शाफ्ट का बाह्य व्यास तथा

d_i = शाफ्ट का अन्त:व्यास]

G = शाफ्ट पदार्थ का कर्तन मापाँक

l = शाफ्ट की लम्बाई, θ = शाफ्ट का मरोड़ कोण

τ = शाफ्ट के केन्द्र से r दूरी पर प्रतिबल

τ_{max} = शाफ्ट में अधिकतम प्रतिबल, शाफ्ट के केन्द्र से R दूरी पर

उपरोक्त मरोड़ सम्बन्ध में, मरोड़ घूर्ण T का मान अधिकतम प्रयोग किया गया है। यह मान (T_{max}), औसत (T_{av}) मान से 20% से 40% तक अधिक मरोड़ घूर्ण जोड़कर प्राप्त किया जाता है।

उपरोक्त मरोड़ सम्बन्ध ज्ञात करने में कुछ मान्यतायें (assumptions) ली जाती हैं। जो अगले अनुच्छेद में दी गयी है।

3.2.1 सरल या शुद्ध मरोड़ तथा उससे सम्बन्धित मान्यतायें

(Pure Torsion and Related Assumptions)

जब किसी शाफ्ट या धरन पर केवल मरोड़ घूर्ण (Torque) ही कार्यरत हो या माना जा सके तो इसके प्रभाव में शाफ्ट का शुद्ध मरोड़ होता है और शाफ्ट में केवल मरोड़-कर्तन प्रतिबल (Torsional shear stresses) ही उपजते हैं। ऐसी अवस्था में नमन घूर्ण का मान बहुत कम होता है तथा इसे नगण्य मानकर शाफ्ट का डिज़ाइन किया जाता है। शुद्ध मरोड़ से सम्बन्धित मान्यतायें निम्न हैं—

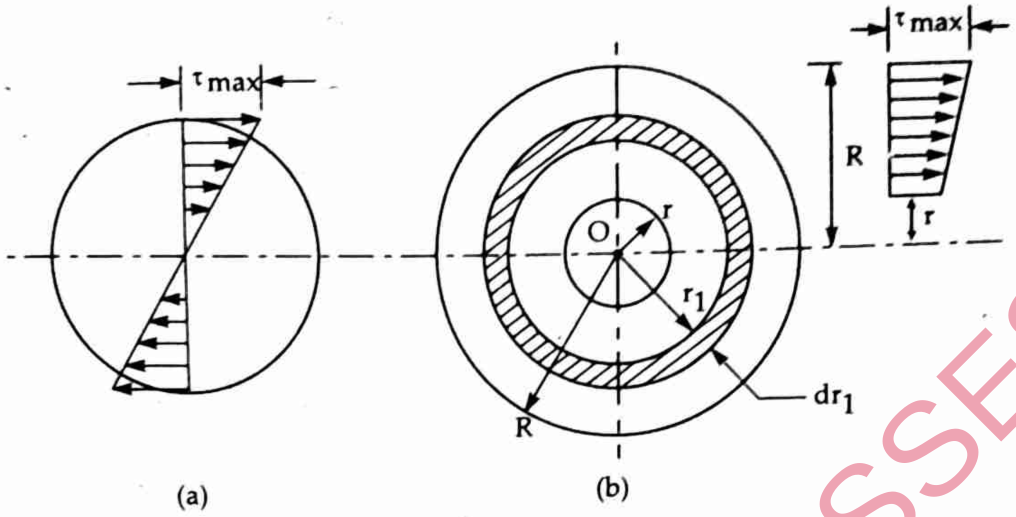
1. मरोड़ घूर्ण लगाने से पहले शाफ्ट की कोई भी वृत्तीय, समतल अनुप्रस्थ काट (Plane and circular cross section) जो कि शाफ्ट की लम्बाई की अक्ष के लम्बरूप है, मरोड़-घूर्ण (Torque) लगाने के पश्चात् भी वृत्तीय, समतल तथा लम्बाई की अक्ष के लम्बरूप रहती है।
2. मरोड़ घूर्ण लगने से पहले व बाद में शाफ्ट के अनुप्रस्थ काटों के बीच की दूरी समान रहेगी।
3. शाफ्ट की विभिन्न अनुप्रस्थ काटों के व्यास, मरोड़ घूर्ण लगने के बाद भी उसी परिमाण में रहेंगे।

उपरोक्त मान्यतायें उसी दशा में सत्य होगी जब मरोड़ कोण का मान बहुत कम होगा।

3.2.2 ठोस तथा खोखली शाफ्ट की तुलना

चित्र 3.1 'a' व 'b' में ठोस व खोखली शाफ्ट की अनुप्रस्थ काट पर कर्तन प्रतिबलों का मान केन्द्र पर शून्य से बाह्य सतह पर अधिकतम मान तक बदलता हुआ दिखाया गया है। कर्तन पर आरेख को देखने से पता चलता है कि कर्तन बलों का मान अनुप्रस्थ काट के केन्द्र अर्थात् शाफ्ट की अक्ष पर शून्य होता है तथा बाहर की ओर बढ़ता हुआ उससे बाहरी सतह पर अधिकतम होता है। केन्द्र से बाह्य सतह की दूरी जितनी अधिक होगी, शाफ्ट उतना ही अधिक प्रतिबल सहन कर सकती है। समान काट के क्षेत्रफल व भार वाली खोखली शाफ्ट में, यह दूरी ठोस शाफ्ट की अपेक्षा अधिक होगी। अत: खोखली शाफ्ट अधिक सामर्थ्य की होगी एवं समान बलाघूर्ण पारेषित करने के लिए। खोखली शाफ्ट का भार कम होगा व पदार्थ की कम आवश्यकता होगी।

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र-3.1

खोखली शाफ्ट के ठोस शाफ्ट की तुलना में लाभ—

(i) खोखली शाफ्ट का भार कम होता है।

(ii) पदार्थ की बचत होती है।

(iii) मरोड़ घूर्ण (Torque) सहने की क्षमता बढ़ जाती है।

(iv) खोखली शाफ्ट के अन्दर से अन्य कार्यकारी अंग गुजारे जा सकते हैं जैसे खराद स्पिंडल।

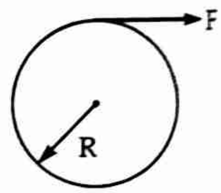
3.2.3 शाफ्ट द्वारा पारेषित शक्ति (Power Transmitted)

यदि R = शाफ्ट का अर्धव्यास, m में

T = शाफ्ट पर औसत बल घूर्ण, Nm में

N = शाफ्ट के चक्कर प्रति मिनट,

F = काट पर लगने वाला स्पर्शीय बल



चित्र-3.2

अब शाफ्ट के एक चक्कर में बल द्वारा कृत कार्य = बल × चली गई दूरी

$$= F \times 2\pi R \text{ Nm में}$$

N चक्करों में कृत कार्य या शाफ्ट द्वारा प्रति मिनट किया गया कार्य

$$= 2\pi R \times F \times N \text{ Nm/min}$$

अब प्रति सेकेण्ड किया गया कार्य $= \dfrac{2\pi R \cdot F \cdot N}{60}$ Nm/sec या J/sec या watt

∴ शाफ्ट द्वारा पारेषित शक्ति $P = \dfrac{2\pi N\,(F \times R)}{60} = \dfrac{2\pi NT}{60}$ watt

∴ $P = \dfrac{2\pi\, NT}{60 \times 1000} = \dfrac{NT}{9500}$ kW (जहाँ $T = F \times R$ न्यूटन/मी)

यदि $T = F \times R$ को kg m में मापा जाये तो शाफ्ट द्वारा पारेषित अश्व शक्ति

$$\text{H.P.} = \frac{2\pi N\,(F \times R)}{4500} \text{ या } \frac{2\pi\, NT}{4500} \text{ (अश्व शक्ति में)}$$

शाफ्ट का डिज़ाइन करते समय यदि शाफ्ट से पारेषित होने वाली शक्ति (P) ज्ञात हो तो उस पर औसत बल-घूर्ण 'T'

$$\text{(Torque)} = \frac{9550\,(P)}{N}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

जहाँ $P = kW$, $N = rpm$ तथा T (Nm) में है।

या $$T_{av} = \frac{(HP) \times 4500}{2\pi N} \quad \text{(kgm में)}$$

शाफ्ट पर सदैव एक सा बलघूर्ण कार्य नहीं करता। अत: शाफ्ट का अभिकल्पन (Design) करते समय मरोड़ सम्बन्ध में T_{max} का मान बहुधा T_{av} से 20% से 40% अधिक तक मान लिया जाता है।

उदाहरण 3.1—80 rpm पर 147 kW शक्ति पारेषित करने के लिए इस्पात की खोखली शाफ्ट का बाह्य व्यास ज्ञात कीजिए। जबकि कर्तन प्रतिबल का मान 50 MPa से अधिक नहीं होने देना है। शाफ्ट का अन्त:व्यास बाह्य का आधा है तथा अधिकतम बलघूर्ण, औसत से 25% अधिक है।

हल—दिया है,

$$P = 147 \text{ kW}, N = 80 \text{ rpm}, \tau_{max} = 50 \text{ MPa} = 50 \text{ N/nm}^2$$

$$d_i = 0.5\, d_o \text{ तथा } T_{max} = T_{av} + \frac{25}{100} T_{av} = 1.25\, T_{av}$$

सम्बन्ध $$P = \frac{NT_{av}}{9550} \quad \text{(kW में)}$$

$$\therefore \quad T_{av} = \frac{147 \times 9550}{80}$$

$$= 17548.125 \text{ Nm}$$

$$\therefore \quad T_{max} = 1.25 \times T_{av}$$

$$= 1.25 \times 17548.125$$

$$= 21{,}935.156 \text{ Nm}$$

$$\therefore \quad T_{max} = 21.935 \times 10^6 \text{ N-mm}$$

मरोड़ घूर्ण समीकरण $\frac{T}{J} = \frac{\tau_{max}}{R}$ से,

$$\therefore \quad \frac{21.935 \times 10^6}{\frac{\pi}{32}[d_{10}{}^4 - d_i{}^4]} = \frac{50}{d_o/2}$$

$$\therefore \quad \frac{21.935 \times 10^6}{50} = \frac{\pi}{16} d_o{}^3 (1^4 - 0.5^4)$$

हल करने पर,

बाह्य व्यास $d_o = 134$ **mm** उत्तर

उदाहरण 3.2—एक फैक्ट्री की लाइन शाफ्ट 4.5 m लम्बी है तथा इसे 200 rpm पर 100 अश्वशक्ति पारेषित करनी है। कर्तन में अनुमेय प्रतिबल 49 N/mm² तथा 20 गुना व्यास लम्बाई में अधिकतम अनुमेय मरोड़ 1° है। G = 80 GPa मानते हुए आवश्यक शाफ्ट-व्यास ज्ञात कीजिए। (U.P. 1998)

हल—दिया है,

$$\text{शक्ति } P = 100 \text{ h.p.} = 73.56 \text{ kW}, N = 200 \text{ rpm}, \tau_{max} = 49 \text{ N/nm}^2,$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$20d$ लम्बाई में $\theta = 1° = \frac{\pi}{180}$ radian, $l = 4.5$ m $= 4500$ mm, $G = 80$ GPa $= 80 \times 10^3$ N/mm^2

$$\text{सम्बन्ध } P = \frac{NT}{9550}$$

$$\therefore \quad T = \frac{9550 \times 73.56}{200} = 3512.5 \text{ N.m}$$

$$= 3.5125 \times 10^6 \text{ N.mm}$$

सम्बन्ध $\frac{T}{J} = \frac{\tau_{max}}{R}$ से,

$$\therefore \quad \frac{3.5125 \times 10^6}{\frac{\pi}{32} d^4} = \frac{49}{d/2}$$

$$\therefore \quad \frac{3.5125 \times 10^6}{49} = \frac{\pi}{16} d^3$$

हल करने पर,

$$d = 71.47 \text{ mm}$$

सम्बन्ध $\frac{T}{J} = \frac{G\theta}{L}$ से,

$$\therefore \quad \frac{3.5125 \times 10^6}{\frac{\pi}{32} d^4} = \frac{80 \times 10^3 \times (\pi/180)}{20\,d}$$

हल करने पर,

$$\mathbf{d = 80.025 \text{ mm}}$$

दोनों व्यासों में से $d = 80.025$ mm ही प्रश्न में दी गयी दोनों प्रतिबंधों अर्थात् अधिकतम अनुमेय प्रतिबल 49 N/mm^2 तथा 20 d लम्बाई में अधिकतम $\theta = 1°$ को सन्तुष्ट कर पाता है। अत: शाफ्ट का अभिष्ट व्यास $\mathbf{d = 80.025}$ **mm** होगा। **उत्तर**

उदाहरण 3.2—एक खोखली शाफ्ट का बाह्य व्यास 50 mm तथा अन्त:व्यास 38 mm है। इस शाफ्ट के द्वारा 500 rpm पर 36.5 kW पुली *A* से संचारित की जाती है। पुली *B* तथा *C* से क्रमश: 22 kW और 14.5 kW की शक्ति की मशीनों को चलाया जाता है। यदि शाफ्ट को इस प्रकार सहारा जाये कि उसमें नमन प्रतिबल का मान नगण्य हो तो ज्ञात कीजिए—

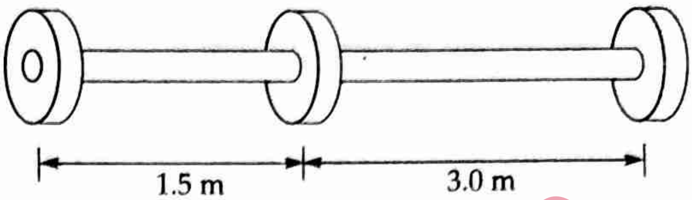
(a) शाफ्ट के पदार्थ में उत्पन्न अधिकतम कर्तन प्रतिबल।

(b) शाफ्ट की पुली *A* से पुली *C* के मध्य उत्पन्न मरोड़ कोण।

$G = 90$ GPa मानिये।

हल—चित्र 3.3 में शाफ्ट को दर्शाया गया है। पुली *A* को 36.5 kW शक्ति 500 rpm पर दी जाती है, जबकि पुली *B* तथा *C* से क्रमश: 22 kW शक्ति तथा 14.5 kW शक्ति लेकर मशीनों को चलाया जाता है। अत: शाफ्ट *AB*, 22 kW शक्ति तथा 14.5 kW शक्ति तथा शाफ्ट *BC*, 14.5 kW शक्ति पारेषित करेगी।

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र-3.3

(a) अधिकतम कर्तन बल शाफ्ट AB में उत्पन्न होगा। शाफ्ट AB में उत्पन्न मरोड़ घूर्ण,

$$P = \frac{2\pi NT}{60}$$

$$\therefore \quad T = \frac{P \times 60}{2\pi N}$$

$$\therefore \quad T_{AB} = \frac{36.5 \times 10^3 \times 60}{2 \times 3.14 \times 500}$$

$$= 697.452 \text{ Nm}$$

$$= 697.452 \times 10^3 \text{ Nmm}$$

अब मरोड़ घूर्ण समीकरण $\frac{T_{AB}}{J_{AB}} = \frac{(\tau_{max})_{AB}}{R_{AB}}$ से,

$$\frac{697.452 \times 10^3}{\frac{\pi}{32}[50^4 - 38^4]} = \frac{\tau_{max}}{(50/2)}$$

हल करने पर,

$$\tau_{max} = \mathbf{42.665\ N/mm^2}$$ उत्तर

(b) अब मरोड़ घूर्ण समीकरण $\frac{T_{AB}}{J_{AB}} = \frac{G \cdot \theta_{AB}}{L_{AB}}$ से,

$\therefore$ AB भाग के लिए मरोड़ कोण $\theta_{AB} = \frac{T_{AB} \times L_{AB}}{J_{AB} \times G}$

$$= \frac{697.452 \times 10^3 \times 1500}{\frac{\pi}{32}[50^4 - 38^4] \times 90 \times 10^3}$$

$$= 0.028497 \text{ radian}$$

$$\therefore \quad \theta_{AB} = \mathbf{1.63^\circ}$$

अब

$$T_{BC} = \frac{P \times 60}{2\pi N}$$

$$= \frac{14.5 \times 10^3 \times 60}{2 \times 3.4 \times 500} = 277.07 \text{ Nm}$$

$$= 277070 \text{ Nmm}$$

$\therefore$ BC भाग के लिए मरोड़ कोण $\theta_{BC} = \frac{T_{BC} \times I_{BC}}{J_{BC} \times G}$

$$= \frac{277070 \times 3000}{\frac{\pi}{32}(50^4 - 38^4) \times 90 \times 10^3}$$

$$= 0.0225989 \text{ Radian}$$
$$= 1.295°$$

अत: AC भाग के लिए मरोड़ कोण $\theta_{AC} = \theta_{AB} + \theta_{BC}$

$$= 1.63° + 1.295°$$
$$= \mathbf{2.925°}$$

उत्तर

उदाहरण 3.3—एक ही भार, लम्बाई तथा पदार्थ से बनी एक ही अधिकतम मरोड़ प्रतिबल वाली एक ठोस तथा एक खोखली शाफ्ट के द्वारा पारेषित मरोड़ घूर्णों की तुलना कीजिए। खोखली शाफ्ट के आन्तरिक व्यास का बाह्य व्यास के साथ अनुपात 'n' है।

हल—हम जानते हैं कि, ठोस शाफ्ट की लम्बाई l के लिए भार,

$$W_s = \frac{\pi}{4} d^2 \times l \times \rho$$

तथा खोखली शाफ्ट का भार $W_h = \frac{\pi}{4}[d_o^2 - d_i^2] \times l \times \rho$

जहाँ d = ठोस शाफ्ट का व्यास, ρ = पदार्थ का घनत्व

तथा d_o, d_i = खोखली शाफ्ट के क्रमश: बाह्य तथा अन्त:व्यास

तथा $d_i / d_o = n$ (दिया है) या $d_i = nd_o$

$$\therefore \quad W_h = \frac{\pi}{4} d_o^2 (1 - n^2) \times l \times \rho$$

परन्तु प्रश्नानुसार $W_s = W_h$

$$\therefore \quad \frac{\pi}{4} d^2 \times l \times \rho = \frac{\pi}{4} d_o^2 (1 - n^2) \times l \times \rho$$

$$\therefore \quad \boldsymbol{d = d_o \sqrt{(1 - n^2)}} \quad \ldots(1)$$

माना कि दोनों शाफ्टों के अधिकतम मरोड़ प्रतिबल τ_{max} हैं, तब

खोखली शाफ्ट द्वारा पारेषित बल घूर्ण (Torque)

$$T_h = \frac{J_h \times \tau_{max}}{R_o} = \frac{J_h \times \tau_{max} \times 2}{d_o}$$

ठोस शाफ्ट द्वारा पारेषित बल घूर्ण $T_s = \frac{J_s \times \tau_{max}}{R} = \frac{J_s \times \tau_{max} \times 2}{d}$

$$\therefore \quad \frac{T_s}{T_h} = \frac{(J_s \times \tau_{max} \times 2)}{d} \times \frac{d_o}{(J_h \times \tau_{max} \times 2)}$$

$$= \frac{J_s \times d_o}{J_h \times d}$$

$$= \frac{\pi}{32} d^4 \times d_o \times \frac{32}{\pi(d_o^4 - d_i^4) \times d}$$

$$= \frac{d_3 \cdot d_o}{d_o^4 (1 - n^4)}$$

$$\therefore \quad \frac{T_s}{T_h} = \frac{d_o^3(1-n^2)(\sqrt{1-n^2})}{d_o^3(1-n^4)}$$

$$\frac{T_s}{T_h} = \frac{(1-n^2)\sqrt{(1-n^2)}}{(1-n^2)(1+n^2)}$$

$$\frac{T_s}{T_h} = \frac{\sqrt{(1-n^2)}}{(1+n^2)}$$ उत्तर

उदाहरण 3.4—एक खोखला शाफ्ट जिसका बाह्य व्यास, आन्तरिक व्यास का 1.75 गुना है तथा इसका 20 N-m बलाघूर्ण, 900 rpm पर पारेषित करने के लिए अभिकल्पन करना है। इस पर मामूली आघात लग सकता है। यदि शाफ्ट पदार्थ के लिए अनुमेय अपरूपण प्रतिबल 175 N/ mm² हो तब शाफ्ट के व्यास तथा उसके द्वारा पारेषित की जाने वाली शक्ति का मान ज्ञात कीजिये। **(U.P. 2006)**

हल—दिया है,

बलाघूर्ण $T_{av} = 20 \text{ N-m} = 20 \times 10^3 \text{ N-mm}$,

चक्करों की संख्या $N = 900$ rpm

अनुमेय अपरूपण प्रतिबल $\tau_{max} = 175 \text{ N/mm}^2$,

$$d_o = 1.75\, d_i \qquad \text{या} \qquad d_i = \frac{d_o}{1.75}$$

क्योंकि शाफ्ट पर मामूली आघात लग सकता है अत: हम शाफ्ट का डिज़ाइन 25% अधिक बलाघूर्ण के लिए करेंगे।

अत:
$$T_{max} = T_{av} + 25\%(T_{av}) = 1.25\, T_{av}$$

$$\therefore \quad T_{max} = 1.25 \times 20 \times 10^3 = 25 \times 10^3 \text{ N-mm}$$

$$\text{पारेषित शक्ति } P = \frac{NT_{av}}{9550} = \frac{900 \times 20}{9550} = \mathbf{1.885\ kW}$$ उत्तर

मरोड़ सम्बन्ध से,

$$\frac{T_{max}}{J} = \frac{\tau_{max}}{R_o}$$

$$\frac{25 \times 10^3}{\frac{\pi}{32}[d_o^4 - d_i^4]} = \frac{175}{d_o/2}$$

$$\therefore \quad 25 \times 10^3 \times \frac{d_o}{2} = 175 \times \frac{\pi}{32}\left[d_o^4 - \left(\frac{d_o}{1.75}\right)^4\right]$$

$$= 175 \times \frac{\pi}{32} \times d_o^4 \times \left[\frac{8.37}{9.37}\right]$$

$$\therefore \quad d_o^3 = 815$$

$$\therefore \quad \mathbf{d_o = 9.5\ mm} \text{ लगभग}$$ उत्तर

$$\therefore \quad \mathbf{d_i = \frac{9.5}{1.75} = 5.428} \quad \text{माना } \mathbf{5.5\ mm}$$ उत्तर

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 3.5—एक ठोस बेलनाकार शाफ्ट 100 rpm पर 300 kW शक्ति पारेषित करती है। (i) यदि अधिकतम कर्तन प्रतिबल 80 MN/m^2 हो तो इसका व्यास ज्ञात करो। (ii) यदि ठोस शाफ्ट की जगह खोखली शाफ्ट प्रयोग की जाये जिसका अन्तःव्यास, बाह्य व्यास का 0.6 गुना हो तो भार में बचत ज्ञात करो। खोखली शाफ्ट की लम्बाई, पदार्थ तथा अधिकतम कर्तन प्रतिबल ठोस शाफ्ट के समान है।

हल—दिया है,

$$P = 300 \text{ kW}, N = 100 \text{ rpm}, \tau = 80 \text{ MN/m}^2, d_i = 0.6\, d_o$$

(i) ठोस शाफ्ट का व्यास '*d*'—

$$P = \frac{NT_{av}}{9550}$$

$$\therefore \quad T_{av} = \frac{9550 \times 300}{100}$$

$$\therefore \quad T_{av} = 28648 \text{ Nm} = T_{max.}$$

$$\frac{T_{max}}{J} = \frac{\tau_{max}}{R}$$

$$\therefore \quad 28648 = 80 \times 10^6 \times \frac{\pi}{16} d^3$$

$$\therefore \quad d^3 = 1.824 \times 10^{-3}$$

$$\therefore \quad d = 0.122 \text{ m} = \mathbf{122 \text{ mm}}$$ उत्तर

(ii) भार में % बचत—

क्योंकि खोखली शाफ्ट द्वारा पारेषित शक्ति = ठोस शाफ्ट द्वारा पारेषित शक्ति

अर्थात् $$T_H = T_S$$

$$\therefore \quad \tau \times \frac{\pi}{16}\left[\frac{d_o^4 - d_i^4}{d_o}\right] = \tau_{max} \times \frac{\pi}{16} d^3$$

$$\therefore \quad \frac{d_o^4 - (0.6\, d_o)^4}{d_o} = d^3 = (0.122)^3$$

हल करने पर,

$$d_o = 0.128 \text{ m या } 128 \text{ mm}$$ उत्तर

तथा $$d_i = 0.6 \times 0.128$$

$$= 0.0768 \text{ m} = \mathbf{76.8 \text{ mm}}$$ उत्तर

पुनः $$\frac{W_H}{W_S} = \frac{A_H L_H \rho_H}{A_S L_S \rho_S}$$ (परन्तु घनत्व $\rho_H = \rho_S$ तथा लम्बाई $L_H = L_S$)

$$= \frac{\frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_i^2)}{\frac{\pi}{4} d^2} = \frac{(0.128)^2 - (0.0768)^2}{(0.122)^2} = 0.704$$

$$\text{भार में प्रतिशत बचत} = \left[1 - \frac{W_H}{W_S}\right] \times 100 = (1 - 0.704) \times 100 = \mathbf{29.6}$$ उत्तर

AKC TECHNICAL CLASSES

3.3 जब शाफ्ट पर केवल नमन आघूर्ण लगा हो (Shaft Subjected to Bending Moment Only)

जब शाफ्ट पर केवल नमन आघूर्ण लगा हो तो शाफ्ट पदार्थ में उपजे अधिकतम प्रतिबलों (तनाव यथा संपीडन में) का मान बंकन समीकरण द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

हम जानते हैं कि—

$$\frac{M}{I} = \frac{\sigma_b}{y} = \frac{E}{R}$$

यहाँ M = मशीनों अवयव में उत्पन्न प्रतिरोधी घूर्ण (kN-m या N-mm)

I = उदासीन अक्ष पर क्षेत्रफल जड़ता घूर्ण (m^4 या N/mm^2),

σ_b = काट पर अधिकतम प्रतिबल तीव्रता (kN/m^2 या N/mm^2),

y = काट की उदासीन अक्ष के सबसे बाह्य तँतु की दूरी (m या mm),

E = मशीनी अवयव के पदार्थ का यँग मापाँक (kN/m^2 या N/mm^2),

R = वक्रता अर्धव्यास (Radius of curvature) (m या mm)।

3.3.1 शुद्ध नमन (Pure bending) तथा सम्बन्धित मान्यतायें (Assumptions)

यदि किसी अंग पर बलयुग्म (couple) लगाकर उसका नमन किया जाता है और उस पर कोई भार या बल नहीं लगता अर्थात् कर्तन बल (shear force) शून्य होता है तो उसे शुद्ध नमन (Pure bending) कहते हैं।

यदि किसी अंग या उसके किसी भाग का नमन इस प्रकार हो कि उसकी काट पर केवल नमन प्रतिबल ही उपजे तो इस प्रकार के नमन को शुद्ध नमन या सरल नमन (pure bending) कहते हैं।

मान्यतायें—

(1) अवयव का नमन प्रत्यास्था सीमा में होना चाहिए।

(2) अवयव का पदार्थ समाँग (homogeneous) होना चाहिए।

(3) अवयव की कोई भी अनुप्रस्थ काट, जो नमन से पहले समतल (plane) है, नमन के बाद भी समतल ही रहती है।

(4) अवयव की प्रत्येक सतह (layer) अपने ऊपर तथा नीचे वाली सतह से प्रभावित हुए बिना ही स्वतन्त्रता से सभी दिशाओं में सिकुड़ तथा खिंच सकती है।

(5) अवयव को नमन होने पर वक्रता अर्धव्यास उसकी अनुप्रस्थ काटीय मापों (Transverse dimensions) की अपेक्षा बहुत बड़ा होता है।

(6) अवयव के तनाव एवं संपीडन तन्तुओं (fibres) के लिए यंत्र मापांक (E) का मान समान रहेगा।

3.3.2 शुद्ध नमन से सम्बन्धित परिभाषायें

(i) उदासीन सतह तथा उदासीन अक्ष (Neutral layer and neutral axis)—जब किसी मशीनी अवयव का नमन होता है, तो उसके सबसे बाहर की ओर वाले तन्तु क्रमश: तनाव व सम्पीडन में होते हैं। अत: **अवयव में एक सतह ऐसी होती है जिस पर किसी भी प्रकार का प्रतिबल उत्पन्न नहीं होता है, इसी सतह को उदासीन सतह (neutral layer) कहते हैं। उदासीन सतह के गुरुत्व केन्द्र से होकर गुजरने वाली अनुदैर्ध्य-अक्ष (longitudinal axis) को उदासीन अक्ष (Neutral axis) कहते हैं।**

AKC TECHNICAL CLASSES

(ii) फटॅन मापांक (Modulus of rupture)—**जब कोई अवयव नमन घूर्ण M पर टूट जाता है, तो नमनघूर्ण के इस मान का प्रयोग करके, ज्ञात नमन प्रतिबल (σ_b) के परिमाण को, फटन मापांक (Modulus of rupture) कहते हैं।**

(iii) आकृति मापांक (Section modulus)—किसी **अवयव की अनुप्रस्थ काट का उसकी उदासीन अक्ष के परित: जड़ता घूर्ण (Moment of inertia) I एवं उदासीन अक्ष से दूरी y के अधिकतम मान के अनुपात को, काट का आकृति मापांक कहते हैं।**

यह किसी अवयव की सामर्थ्य को दर्शाता है तथा 'Z' से प्रदर्शित किया जाता है

$$\therefore \quad \text{आकृति मापांक } (Z) = I / y_{max}$$

यदि उदासीन अक्ष से अधिकतम तनाव वाले तन्तु की दूरी y_t तथा अधिकतम सम्पीडन वाले तन्तु की दूरी y_C हो, तो

तनाव आकृति-मापांक (Section modulus intension) $Z_t = I / y_t$ एवं

सम्पीडन आकृति मापांक (Section modulus in compression) $Z_C = \dfrac{I}{Y_C}$

(iv) नमन दृढ़ता (Flexural Rigidity)—**किसी धरन की काट के लिए उसके पदार्थ के यंग मापाँक (E) एवं काट के जड़ताघूर्ण के गुणनफल को 'नमन-दृढ़ता' कहते हैं।**

$$\text{नमन दृढ़ता} = E \times I$$

नमन दृढ़ता से धरन की पूर्ण सामर्थ्य नियन्त्रित होती है।

3.3.3 नमन में डिज़ाइन के लिए आवश्यक पद (Necessary Steps)

(1) काट की उदासीन अक्ष सदैव काट के केन्द्रक (centroid) से होकर गुजरती है।

(2) सममित (Symmetrical) काटों (जैसे आयताकार, वृत्ताकार, वर्गाकार आदि) के लिए y का मान उसकी गहराई का आधा लिया जाता है।

(3) असममित (Unsymmetrical) काटों के लिए पहले काट का केन्द्रक ज्ञात किया जाता है। उसके पश्चात् y_C तथा y_t ज्ञात करके संपीड़न तथा तनाव में अधिकतम प्रतिबलों को ज्ञात किया जाता है।

(4) अवयव की काट का डिज़ाइन इस प्रकार किया जाता है कि उसमें अधिकतम नमन, कर्तन, तनाव एवं सम्पीडन प्रतिबलों के मान, पदार्थ के अनुमेय प्रतिबलों के मान के बराबर या कम रहे।

(5) ऐसी काटों का प्रयोग किया जाना चाहिए जिनका जड़ताघूर्ण 'I' अधिक व अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल न्यूनतम है। इस आधार पर 'I' काट को **अधिकतम मितव्ययी इंजनियरी काट "Most Economical Engg. Section"** कहा जाता है।

(6) अवयव के उस भाग में जहाँ अधिक नमन प्रतिबल उत्पन्न होते हो, अधिक पदार्थ उपयोग किया जाना चाहिए।

3.3.4 धुरा तथा शाफ्ट (Axle and Shaft)

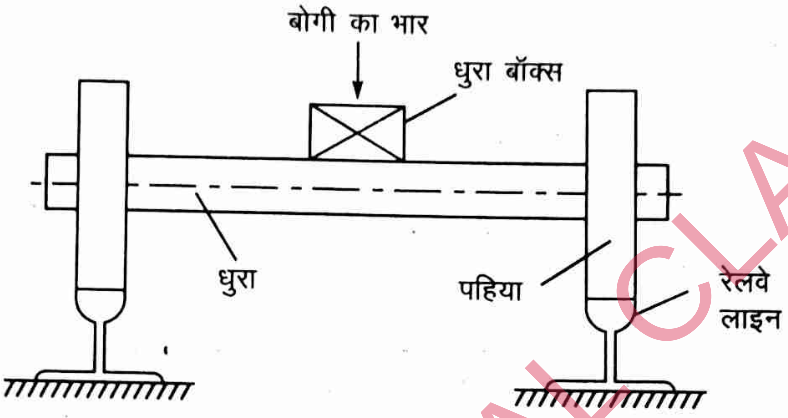
धुरा तथा शाफ्ट मशीन के घूमने वाले अवयवों के सहारने का कार्य करते हैं। धूरा (axle) घूमने वाले अंगों के सापेक्ष स्थिर या उनके साथ घूमने वाला, दोनों प्रकार का हो सकता है। प्रत्येक स्थिति में समस्त ऊर्ध्वाधर भार धुरे के द्वारा सहारा जाता हैं, जिससे इसका नमन होता है। शाफ्ट के द्वारा घूमने वाले अंगों के भार को सहारने के साथ-साथ शक्ति पारेषण भी किया जाता है इस पर नमनघूर्ण तथा मरोड़ घूर्ण दोनों कार्य करते हैं। धुरा वृत्ताकार या वर्गाकार काट वाला होता है जबकि शाफ्ट प्राय: वृत्ताकार काट की होती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

3.3.5 रेलवे धुरा (Railway Axle)

रेलवे धुरे (axle) का प्रयोग, ट्रेन के डिब्बे (compartment) के नीचे लगाकर किया जाता है। इसके दोनों सिरों पर पहिये लगे होते हैं तथा यह डिब्बे के भार को सहारता है। यह धुरा वृत्ताकार या वर्गाकार काट वाला तथा ठोस अथवा खोखला हो सकता है। रेलवे धुरा अपने आलम्बों के सापेक्ष स्थिर या घूमने वाला होता है। रेलवे धुरे तीन प्रकार के हो सकते हैं—

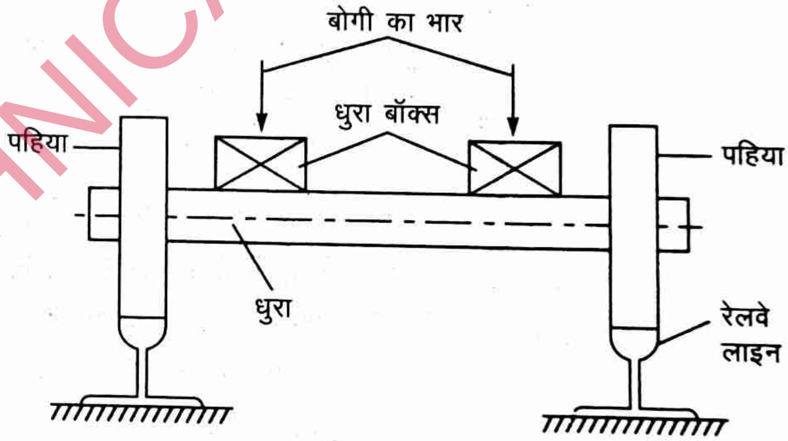
(i) **मध्य में भारित साधारण धुरा** (Centrally load)—देखे चित्र 3.4 (a)। इस व्यवस्था में धुरे की पूर्ण लम्बाई के मध्य एक धुरा बॉक्स लगा होता है तथा बोगी का पूर्ण भार उस पर कार्य करता है।



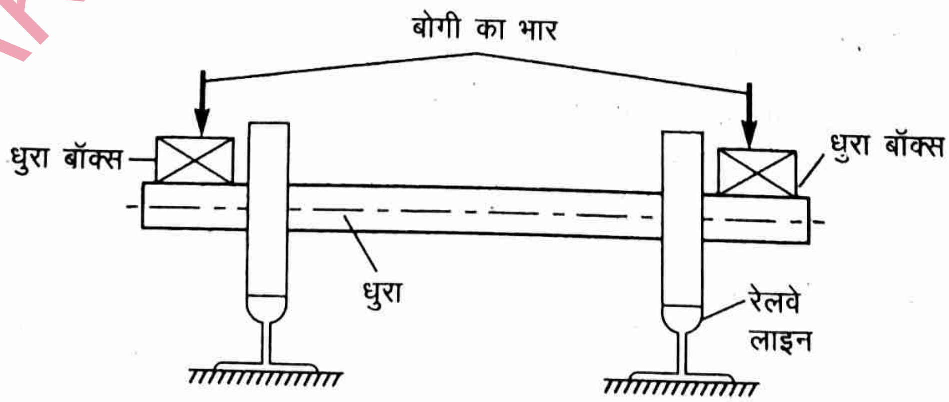
चित्र-3.4(a)

(ii) **दो स्थानों पर भारित साधारण धुरा**—देखे चित्र 3.4 (b)। इस व्यवस्था में धुरे के दोनों सिरों से समान दूरी पर दो धुरा-बॉक्स लगे होते हैं जिन पर बोगी का पूर्ण भार कार्य करता है।

(iii) **प्रलम्बिधत धुरा** (Overhung axle)—देखे चित्र 3.4 (c)। इस व्यवस्था में धुरे के दोनों सिरों पर तथा पहिये के बाहर की ओर दो धुरा बॉक्स स्थित होते हैं। ये धुरा बॉक्स बोगी का भार धुरे पर पारेषित करते हैं।



चित्र-3.4(b)



चित्र-3.4(c)

AKC TECHNICAL CLASSES

3.3.6 धुरे का डिज़ाइन (Design of Axle)

धुरे (axle) को साधारणतया बियरिंगों पर सहारा जाता है। धुरे का वह भाग जो बियरिंगों के अन्दर रहता है उसे जर्नल (journal) कहते हैं। धुरे ठोस तथा खोखले दोनों प्रकार के स्थिर या चल (movable) प्रकार के, परिस्थितियों के अनुसार डिज़ाइन किये जाते हैं।

1. स्थिर धुरे का भार, चल धुरे (rotating axle) की अपेक्षा कम होता है अतः साधारतणया स्थिर धुरे ही अभिकल्पित किये जाते हैं।
2. समान सामर्थ्य के लिये खोखले धुरे का भार ठोस धुरे की अपेक्षा कम होता है, इसलिये खोखले धुरों का प्रयोग किया जाना चाहिये।
3. धुरों को साधारणतया पैड़ीदार (stepped) अर्थात् विभिन्न व्यास का बनाया जाता है। धुरे के मध्य अधिकतम व्यास तथा सिरों पर जहाँ पहिये लगे होते हैं, कम व्यास रखा जाता है। ऐसा धुरे की विभिन्न लम्बाईयों द्वारा सहन किये जाने वाले नमन घूर्ण (bending moment) के आधार पर किया जाता है।
4. समान व्यास के धुरों को, विभिन्न व्यास के धुवों की अपेक्षा बनाना सरल है। परन्तु समान व्यास के धुरे को बियरिंग में सहारने में कठिनाई होती है।
5. प्रतिबल संकेन्द्रण (stress concentration) को कम करने के लिये दो विभिन्न व्यासों के मिलने के स्थान पर फिलेट (fillet) बनाये जाते हैं।
6. धुरे का अपना भार उस पर लगने वाले भार की अपेक्षा नगण्य माना जाता है।
7. धुरे, साधारणतया नरम इस्पात (mild steel) के बनाये जाते हैं। जिनके अनुमेय नमन प्रतिबलों (permissible bending stresses) का मान निम्न प्रकार होता है—
   (i) स्थिर धुरे के लिये—60 से 100 N/mm^2।
   (ii) चल धुरे के लिये—30 से 65 N/mm^2।

साधारणतया धुरे पर भार उसकी अनुदैर्ध्य अक्ष (longitudinal axes) के लम्ब रूप लगता है। अतः सर्वप्रथम पहियों पर उत्पन्न प्रतिक्रिया ज्ञात कर, नमन घूर्ण (bending moment) की गणना की जाती है।

यदि (i) धुरे पर उत्पन्न अधिकतम प्रतिरोधी नमन घूर्ण $= M$

(ii) धुरे की काट का जड़ता घूर्ण $= I$

(iii) धुरे का अधिकतम अनुमेय नमन प्रतिबल $= \sigma_b$

(iv) धुरे का व्यास $= d$

(v) उदासीन अक्ष से बाह्य तन्तु की दूरी $= y$

(i) वृत्ताकार काट के ठोस धुरे के लिये—

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \quad \text{एवं} \quad y = \frac{d}{2}$$

नमन समीकरण $\frac{M}{I} = \frac{\sigma_b}{y}$ से,

$$\frac{M}{\frac{\pi d^4}{64}} = \frac{\sigma_b}{\frac{d}{2}} \quad \text{अथवा} \quad M = \sigma_b \times \frac{\pi d^3}{32}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

(ii) खोखले वृत्ताकार काट के धुरे के लिये—

$$I = \frac{\pi}{64}(D^4 - d_1^4)$$

जहाँ D = धुरे का बाह्य व्यास।

d_1 = धुरे का अन्त: व्यास।

तथा $y = \frac{D}{2}$

$$\frac{M}{\frac{\pi}{64}(D^4 - d_1^4)} = \frac{\sigma_b}{\frac{D}{2}}$$

$$M = \frac{\pi}{32}\frac{(D^4 - d_1^4)}{D}\sigma_b \quad \text{...(2)}$$

समीकरण (1) तथा (2) को बाह्य लगे भार (external load) के कारण उत्पन्न अधिकतम नमन घूर्ण (B.M.) के बराबर रखकर, धुरे के व्यास को ज्ञात किया जा सकता है।

उदाहरण 3.6—2m लम्बा धुरा सिरों पर बियरिंगों में लगा है। इसके मध्य में 2 kN का पहिया लगाया जाना है। यदि धुरे में अधिकतम अनुमेय प्रतिबल 110 N/mm² तक सीमित रखना हो, तो धुरे का व्यास ज्ञात कीजिये।

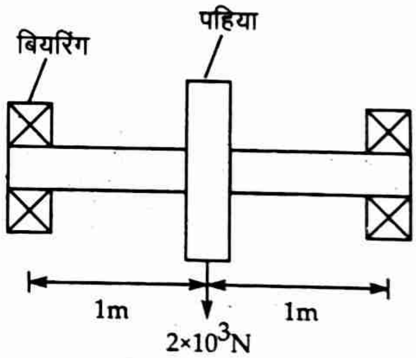
हल—दिया है,

(i) पहिये का भार $(W) = 2$ kN

(ii) धुरे की लम्बाई $(L) = 2$ m

(iii) अधिकतम अनुमेय प्रतिबल $(\sigma_b) = 110\ \text{N/mm}^2$

(iv) धुरे का व्यास $(d) = ?$



चित्र-3.5

चित्र 3.5 का अवलोकन कीजिये।

$$\text{अधिकतम नमन घूर्ण } (B.M.) = \frac{WL}{4}$$

$$= \frac{2\times10^3\times2}{4} = 1000\ \text{Nm}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64}\ \text{m}^4 \quad \text{तथा} \quad y = \frac{d}{2}$$

अब, समीकरण $\frac{M}{I} = \frac{\sigma_b}{y}$ से,

$$\frac{1000}{\frac{\pi d^4}{64}} = \frac{110\times10^6}{\frac{d}{2}}$$

$$d^3 = \frac{1000\times64}{\pi\times110\times10^6\times2}$$

$$d^3 = 92.64\times10^{-6}$$

$$d = 0.0453\ \text{m} = \mathbf{45.3\ mm}$$ उत्तर

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 3.7—एक गाड़ी का धुरा दो बियरिंगों पर टिका हुआ है। इस पर 100 kN का एक भार एक बियरिंग से 1.2 m तथा दूसरे बियरिंग से 0.9 m की दूरी पर लगा है। यदि धुरे के पदार्थ के लिये अनुमेय नमन प्रतिबल (permissible bending stress) 70 N/mm² से अधिक न हो, तो उसका व्यास ज्ञात कीजिये।

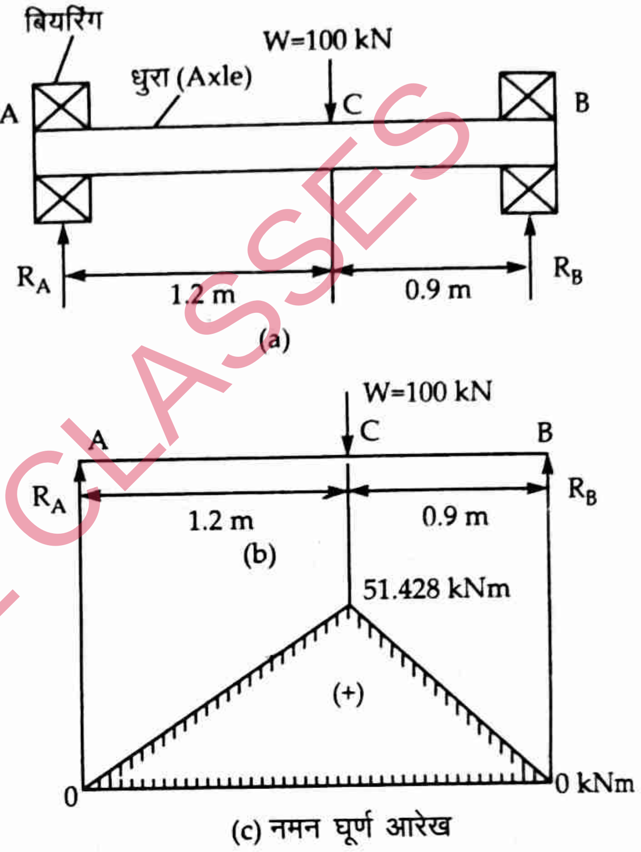
हल—दिया है,

(i) धुरे का भार $(W) = 100 \text{ kN}$

(ii) अनुमेय नमन प्रतिबल $(\sigma_b) = 70 \text{ N/mm}^2$

(iii) धुरे का व्यास $(d) = ?$

चित्र 3.6 (a), (b) तथा (c) का अवलोकन कीजिये। चित्र 3.6 (b) में धुरे पर भार का रेखा आरेख (line diagram) एवं चित्र 3.6 (c) में दिये गये भार के लिये नमन घूर्ण आरेख प्रदर्शित किया गया है।



चित्र-3.6

अधिकतम नमन घूर्ण (Bending moment) ज्ञात करने के लिये सर्वप्रथम प्रतिक्रियाओं R_A एवं R_B को ज्ञात किया जायेगा।

बिन्दु B के सापेक्ष घूर्ण लेने पर,

$$R_A \times 2.1 = 100000 \times 0.9$$

$$R_A = 42857.143 \text{ N}$$

$$= 42.857 \text{ kN}$$

अतः प्रतिक्रिया $(R_B) = 100 - 42.857$

$$= 57.143 \text{ kN}$$

अधिकतम नमन घूर्ण (Maximum Bending moment)

$$M = 42.857 \times 1.2$$

$$= 51.428 \text{ kNm}$$

(यहाँ 'M' प्रतिरोधी घूर्ण है, जिसका मान अधिकतम नमन घूर्ण के बराबर होगा।)

नमन समीकरण से,

$$\frac{M}{I} = \frac{\sigma_b}{y}$$

$$\frac{51.428 \times 10^3}{\frac{\pi}{64} d^4} = \frac{70 \times 10^6}{\frac{d}{2}}$$

$$d^3 = \frac{51.428 \times 10^3 \times 64}{70 \times 10^6 \times \pi \times 2}$$

तथा $$d^3 = 0.0074873$$

हल करने पर,

$$d = 0.19595 \text{ m} = \mathbf{195.95 \text{ mm}}$$ उत्तर

AKTECHNICAL CLASSES

उदाहरण 3.8—एक रेलवे वैगन पर चित्र 3.7 के अनुसार भाग लग रहा है। प्रत्येक धुरा बॉक्स पर 30 kN का भार पहियों से 0.3 m बाहर की ओर लगा है। यदि दोनों पहियों के मध्य 1.5 m की दूरी हो तथा अनुमेय नमन प्रतिबल का मान 88 N/mm^2 हो, तो धुरे का व्यास ज्ञात कीजिये।

हल—दिया है,

(i) प्रत्येक धुरा बॉक्स का पर भार $(W) = 30\text{ kN} = 30000\text{ N}$

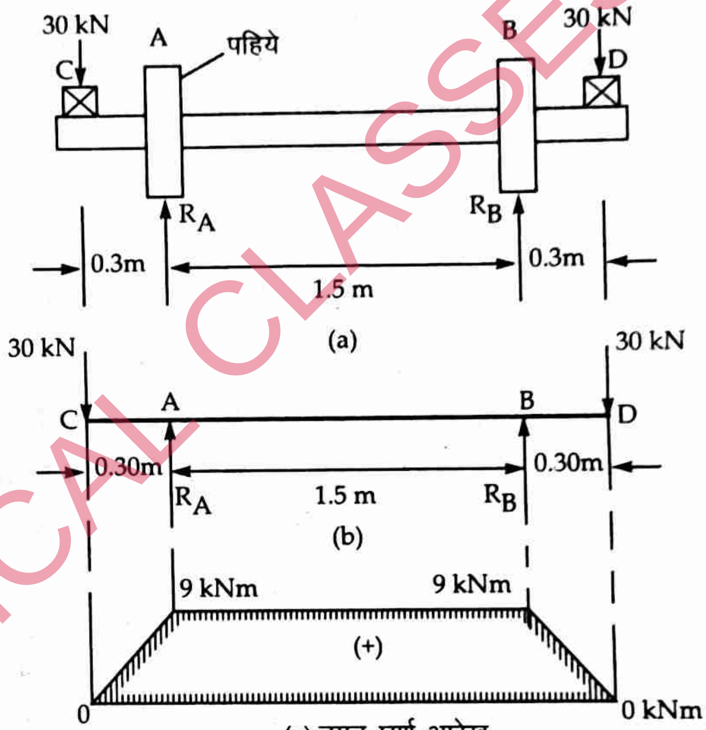
(ii) पहियों के मध्य दूरी = 1.5 m

(iii) दोनों धुरा बॉक्सों के मध्य दूरी = 2.10 m

(iv) अनुमेय नमन प्रतिबल = 88 N/mm^2

(v) धुरे का व्यास $(d) = ?$

चित्र 3.7 (a), (b), (c) का अवलोकन कीजिये।



(c) नमन घूर्ण आरेख

चित्र-3.7

प्रतिक्रियायें $R_A = R_B = 30\text{ kN}$

अधिकतम नमन आघूर्ण $= 30 \times 0.30$

$= 9.00\text{ kNm}$

$= 9000\text{ Nm}$

प्रतिरोधी नमन घूर्ण (M), अधिकतम नमन आघूर्ण के बराबर होगा। नमन समीकरण से,

$$\frac{M}{I} = \frac{\sigma_b}{y}$$

$$\frac{9000}{\frac{\pi}{64} d^4} = \frac{88 \times 10^6}{\frac{d}{2}}$$

$$d^3 = \frac{9000 \times 64}{3.14 \times 88 \times 10^6 \times 2}$$

$$= 1042.26 \times 10^{-6}$$

अतः $d = 0.10162\text{ m} = \mathbf{101.62\text{ mm}}$ उत्तर

उदाहरण 3.9—एक रेलवे वैगन के पहियों के युग्ल (pair) पर 100 kN का अधिकतम भार है। एक पहिये को 70 kN का व दूसरे पहिये को 30 kN का भार वहन करना है। रेलों के मध्य की दूरी 1.45 m तथा धुरी बक्सों के केन्द्रों के मध्य दूरी 1.9 m है। पहियों की धुरी का व्यास ज्ञात कीजिये। सुरक्षित प्रतिबल 77 N/mm^2 है।

हल—दिया है,

(i) धुरे पर कुल भार = 100 kN

(ii) एक पहिये पर भार (प्रतिक्रिया) = 70 kN

(iii) दूसरे पहिये पर भार (प्रतिक्रिया) = 30 kN

(iv) पहियों के मध्य दूरी = 1.45 m

(v) धुरी बक्सों के मध्य दूरी = 1.90 m

(vi) सुरक्षित प्रतिबल $(\sigma_b) = 77\ N/mm^2$

(vii) धुरी का व्यास $(d) = ?$

चित्र 3.8 (a), (b) व (c) का अवलोकन कीजिये।

$$W_1 + W_2 = 100\ kN$$

A के परित: पूर्ण लेने पर,

$$W_2 \times 1.675 - W_1 \times 0.225 = 30 \times 1.45$$

समीकरण (1) से W_2 का मान समीकरण (2) में रखने पर,

$$(100 - W_1) \times 1.675 - W_1 \times 0.225 = 43.5$$

$$167.5 - 1.675\ W_1 - 0.225\ W_1 = 43.5$$

$$1.9\ W_1 = 167.5 - 43.5$$

या $$1.9\ W_1 = 124$$

अत: $$W_1 = 65.263\ kN$$

एवं $$W_2 = (100 - 65.263)$$

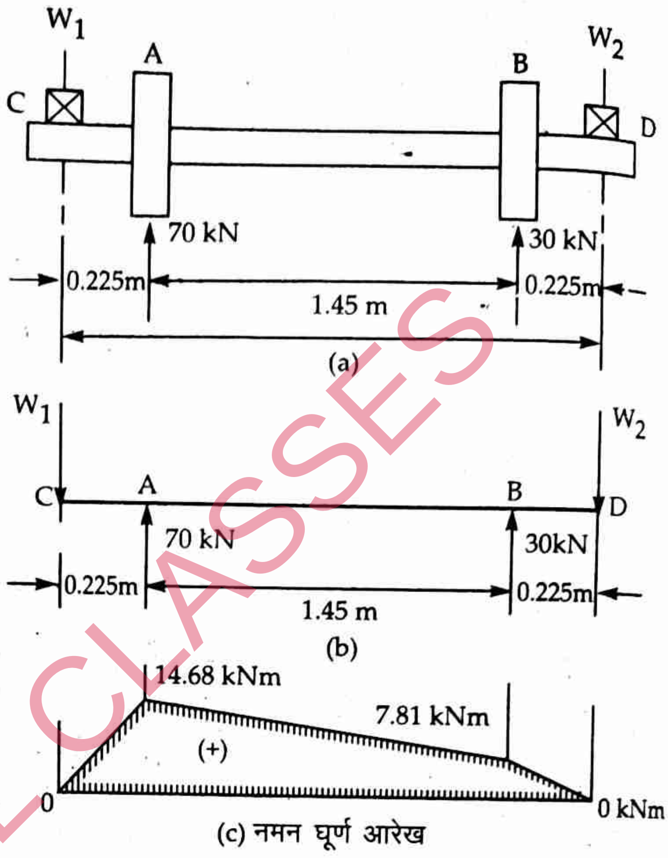
$$= 34.736\ kN$$

A पर नमन घूर्ण (अधिकतम) $= 65.26 \times 0.225$

$= 14.68\ kNm$

B पर नमन घूर्ण $= 34.73 \times 0.225$

$= 7.81\ kNm$



चित्र-3.8

नमन घूर्ण का अधिकतम परिमाण लेकर प्रश्न को हल किया जायेगा। यही प्रतिरोधी घूर्ण (M) का मान होगा। नमन घूर्ण समीकरण से,

$$\frac{M}{I} = \frac{\sigma_b}{y}$$

$$\frac{14.68 \times 10^3}{\frac{\pi}{64} d^4} = \frac{77 \times 10^6}{d/2}$$

$$d^3 = \frac{14.68 \times 10^3 \times 64}{3.14 \times 77 \times 10^6 \times 2}$$

$$d^3 = 0.00194$$

$$d = 0.125\ m = \mathbf{125\ mm}$$ उत्तर

उदाहरण 3.10—एक धुरे की लम्बाई 2 m है और वह अपने दोनों सिरों पर बियरिंगों पर आधारित है। यदि धुरे पर चित्र 3.9 के अनुसार भार लग रहे हों तथा धुरे के पदार्थ का अनुमेय नमन प्रतिबल 70 N/mm² हो, तो धुरे का व्यास ज्ञात कीजिये।

AKC TECHNICAL CLASSES

हल—चित्र 3.9 का अवलोकन कीजिये।

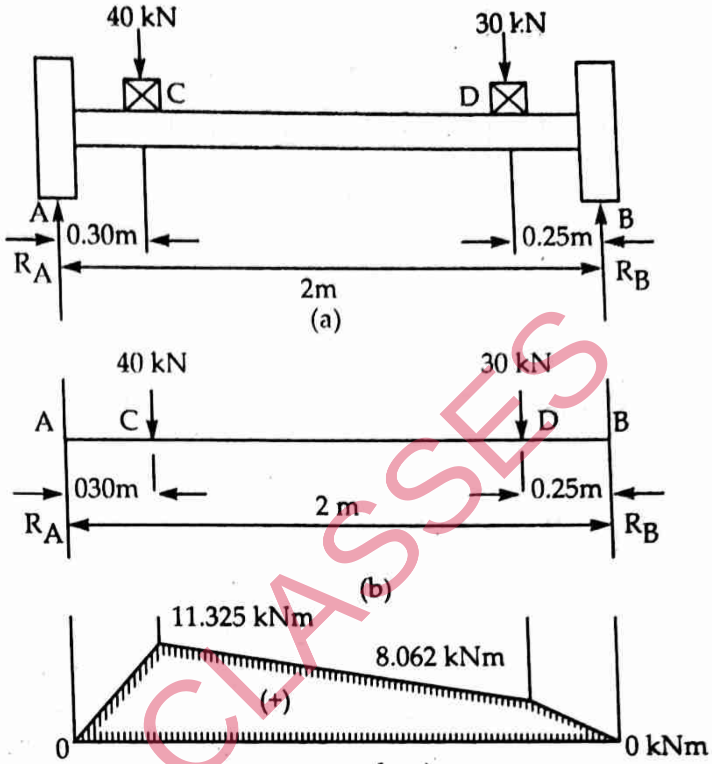
दिया है—

(i) धुरे की लम्बाई $= 2\text{ m}$

(ii) अनुमेय नमन प्रतिबल $(\sigma_b) = 70\text{ N/mm}^2$

(iii) धुरे पर भार चित्रानुसार क्रमश: 40 kN एवं 30 kN लगे हैं।

(iv) धुरे का व्यास $(d) = ?$



(c) नमन घूर्ण आरेख

चित्र-3.9

सर्वप्रथम पहियों पर उत्पन्न प्रतिक्रियायों ज्ञात करने के लिये बिन्दु A के सापेक्ष घूर्ण लेने पर,

$$R_B \times 2 = 40 \times 0.30 + 30 \times 1.75$$

या $$2R_B = 12 + 52.5$$

या $$2R_B = 64.5$$

अत: $$R_B = 32.25\text{ kN}$$

एवं $$R_A = 70 - 32.25$$
$$= 37.75\text{ kN}$$

बिन्दु C पर नमन घूर्ण $= 37.75 \times 0.30$
$$= 11.325\text{ kNm}$$

एवं बिन्दु D पर नमन घूर्ण $= 32.25 \times 0.25$
$$= 8.06\text{ kNm}$$

अत: अधिकतम नमन घूर्ण बिन्दु C पर होगा। यही प्रतिरोधी घर्ण (M) का भी मान होगा। नमन घूर्ण समीकरण से,

$$\frac{M}{I} = \frac{\sigma_b}{y}$$

$$\frac{11.325 \times 10^3}{\frac{\pi}{64} d^4} = \frac{70 \times 10^6}{\frac{d}{2}}$$

$$d^2 = \frac{11.325 \times 10^3 \times 64}{70 \times 10^6 \times 3.14 \times 2}$$

या $$d^3 = 1.648 \times 10^{-3}$$

अत: $$d = 0.11838\text{ m} = \mathbf{118.38\text{ mm}}$$ उत्तर

उदाहरण 3.11—एक रेल वैगन के धुरे पर पहियों के केन्द्र से 150 mm की दूरी पर 10 kN के संकेन्द्री भार लगे हैं। दोनों पहियों के मध्य दूरी 1500 mm है। यदि धुरा पदार्थ की तनन सामर्थ्य 520 N/mm² हो तो सुरक्षा गुणाँक 2 रखते हुए, धुरे का सुरक्षित व्यास ज्ञात कीजिए। (U.P. 2009)

हल—दिया है,

(i) प्रत्येक धुरे भार $W = 10\text{ kN} = 10000\text{ N}$,

AKC TECHNICAL CLASSES

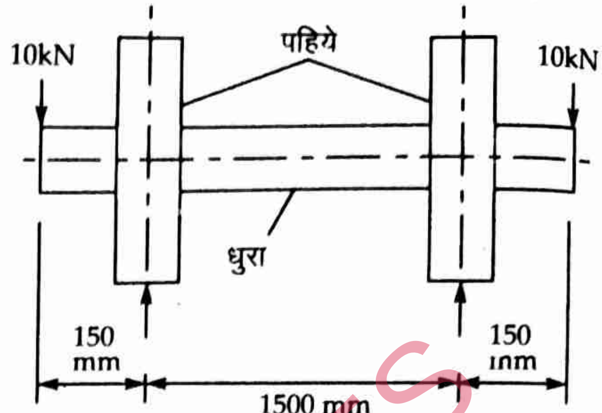
(ii) सुरक्षा गुणाँक (F.O.S.) = 2,

(iii) तनन सामर्थ्य = 520 N/mm^2

(iv) पहियों की बॉक्स से दूरी = 150 mm

$\therefore$ अनुमेय प्रतिबल $\sigma = \dfrac{\text{तनन सामर्थ्य}}{\text{सुरक्षा गुणांक}}$

$$= \frac{520}{2} = 260 \text{ N/mm}^2$$



चित्र-3.10

सममिति से, धुरे पर अधिकतम नमन घूर्ण

$$M = 10{,}000 \times 150 = 1.5 \times 10^6 \text{ N-mm}$$

सूत्र $\dfrac{M}{I} = \dfrac{\sigma_b}{y}$ से,

$$\frac{1.5 \times 10^6}{\frac{\pi}{64} d^4} = \frac{260}{\frac{d}{2}}$$

हल करने पर,

$$d = 38.87 \text{ mm}$$

उत्तर

उदाहरण 3.12—एक गाड़ी दो स्प्रिंगों द्वारा धुरे पर टिकी है। स्प्रिंगों के बीच की दूरी 90 cm है। यदि गाड़ी के पहिये 1.4 m की दूरी पर हो और धुरे के पदार्थ में अधिकतम अनुमेय नमन प्रतिबल 80 MPa तक सीमित रखना हो तो गाड़ी सहित उस पर कितना अधिकतम भार लादा जा सकता है? धुरे का व्यास 24 mm है।

हल—दिया है,

धुरे का व्यास $d = 24$ mm

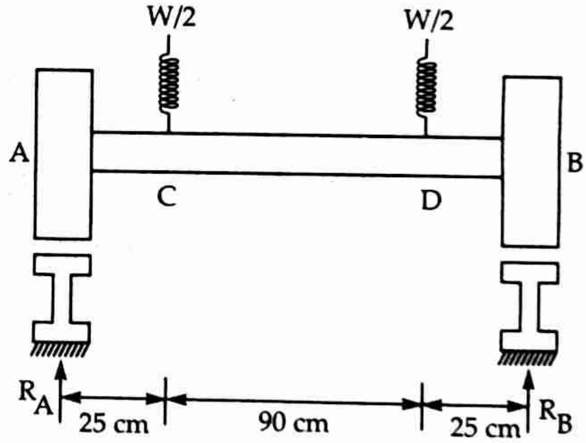
अनुमेय नमन प्रतिबल = 80 MPa = 80 N/mm^2

चित्र 3.11 में धुरे पर भार तथा प्रतिक्रियायें प्रदर्शित हैं। चित्रानुसार सममिति से,

$$R_A = R_B = W/2$$

इस प्रकार धुरे पर अधिकतम नमनघूर्ण धुरे के CD भाग पर होगा तथा इसका मान

$$M = \frac{W}{2} \times 250 = 125\, W \text{ Nmm}$$



चित्र-3.11

यहाँ $I = \dfrac{\pi}{64} d^4 = \dfrac{\pi}{64} \times (24)^4 = 16286 \text{ mm}^4$

$$y = \frac{d}{2} = \frac{24}{2} = 12 \text{ mm}$$

अब सम्बन्ध से,

$$\frac{M}{I} = \frac{\sigma_b}{y} \quad \Rightarrow \quad \frac{125\, W}{16286} = \frac{80}{12}$$

$$\therefore \quad W = 868.58 \text{ N}$$

उत्तर

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 3.13—किसी कैन्टीलीवर धुरे की लम्बाई 1.5 m है। इसके स्वतन्त्र सिरे पर 1.5 kN का भार लगाने से यह टूट जाता है। धुरे की अनुप्रस्थ काट का व्यास 25 mm है। यदि इस पदार्थ के बने शुद्धालम्ब धुरे की लम्बाई 1.5 m एवं अनुप्रस्थ काट 40 mm चौड़ी एवं 60 mm गहरी हो, तो उस पर मध्य में कितना सुरक्षात्मक भार लगाया जा सकता है। धुरे के पदार्थ के लिये सुरक्षा गुणांक 5 मानिये।

हल—दिया है,

(a) कैन्टीलीवर धुरे के लिये—

(i) लम्बाई $(l_1) = 1.5$ m

(ii) स्वतन्त्र सिरे पर भार $(W_1) = 1.5$ kN

(iii) काट का व्यास $(d) = 25$ mm

(b) शुद्धालम्ब धुरे के लिये—

(i) लम्बाई $(l_2) = 1.5$ m

(ii) अनुप्रस्थ काट की माप = 40 mm चौड़ी × 60 mm गहरी

(iii) मध्य में भार $(W_2) = ?$

(iv) सुरक्षा गुणांक = 5 (दोनों प्रकार के धुरों के लिये)

कैन्टीलीवर धुरे की अनुप्रस्थ काट पर उत्पन्न अधिकतम नमन घूर्ण,

$$M = W_1 l_1$$
$$= 1.5 \times 1.5 = 2.25 \text{ kNm}$$

अनुप्रस्थ काट का जड़त्व आघूर्ण,

$$I = \frac{\pi \times 25^4}{64} = 19165 \text{ mm}^4$$

$$y = \frac{d}{2} = \frac{25}{2} = 12.5 \text{ mm}$$

नमन समीकरण से,

$$\frac{M}{I} = \frac{\sigma_b}{y}$$

$$\frac{2.25 \times 10^6}{19165} = \frac{\sigma_b}{12.5}$$

$$\sigma_b = \frac{2.25 \times 10^6 \times 12.5}{19165}$$

$$= 1467.5 \text{ N/mm}^2$$

प्रतिबल का यह मान अधिकतम है। जो कैन्टीलीवर धुरे के पदार्थ द्वारा सहन करने की क्षमता है।

अत: सुरक्षात्मक प्रतिबल $(\sigma_b) = \frac{1467.5}{5}$

$$= 293.5 \text{ N/mm}^2$$

शुद्धालम्ब धुरे के मध्य में लगे संकेन्द्रित भार (W_2) की गणना उपरोक्त सुरक्षात्मक प्रतिबल को लेकर की जायेगी।

हम जानते हैं, कि शुद्धालम्ब धुरे की अनुप्रस्थ काट पर उत्पन्न अधिकतम घूर्ण

AKC TECHNICAL CLASSES

$$M = \frac{W_2 l_2}{4} = \frac{W_2 \times 1.5}{4}$$
$$= 0.375\, W_2 \quad \text{kNm}$$
$$= 0.375 \times 10^6\, W_2 \quad \text{Nmm}$$

नमन समीकरण से,

$$\frac{M}{I'} = \frac{\sigma_b}{y'}$$

अनुप्रस्थ काट का जड़ता आघूर्ण $(I') = \frac{40 \times 60^3}{12}\ \text{mm}^4$ एवं $y' = \frac{60}{2} = 30\ \text{mm}$ होगा।

अत:
$$\frac{0.375 \times 10^6\, W_2}{\frac{40 \times 60^3}{12}} = \frac{293.5}{30}$$

$$W_2 = \frac{293.5 \times 40 \times 60^3}{12 \times 30 \times 0.375 \times 10^6}$$
$$= \mathbf{18.78\ kN}$$ उत्तर

3.4 जब शाफ्ट पर संयुक्त नमन तथा मरोड़घूर्ण लगा हो (Shafts Subjects to Combined Twisting Moment and Bending Moment)

जब शाफ्ट पर नमन तथा मरोड़ घूर्ण संयुक्त रूप से लगे हो तो शाफ्ट पर नमन घूर्ण के कारण, नमन प्रतिबल (bending stresses) क्रिया करेगा, जो शाफ्ट की अनुदैर्ध्य अक्ष के लम्बरूप कार्यरत होगा तथा मरोड़ घूर्ण के कारण, कर्तन प्रतिबल (shearing stress) कार्यरत होगा जो शाफ्ट की सतह के अनुरूप कार्य करेगा। क्योंकि शाफ्ट पर एक से अधिक प्रतिबल कार्य कर रहे हैं अत; शाफ्ट का व्यास, अधिकतम एवं निम्नतम मुख्य प्रतिबलों (Principal stresses) की सहायता से ज्ञात किया जायेगा।

हम जानते हैं कि मरोड़घूर्ण 'T' के कारण शाफ्ट के पदार्थ में उत्पन्न कर्तन प्रतिबलों 'τ'$_{max}$ का मान मरोड़ सम्बन्ध द्वारा ज्ञात किया जाता है।

अर्थात् $$\frac{T}{J} = \frac{\tau_{max}}{r} \quad \text{या} \quad \tau_{max} = \frac{T}{J} \cdot r$$

अब $r = \frac{d}{2}$ = शाफ्ट का अर्धव्यास तथा J = शाफ्ट की अनुप्रस्थ काट का ध्रुवीय जड़ताघूर्ण $= \frac{\pi}{32} d^4$

मान रखने पर, $$\tau_{max} = \frac{16T}{\pi d^3} \qquad \ldots(i)$$

इसी प्रकार नमनघूर्ण 'M' के कारण शाफ्ट के पदार्थ में उत्पन्न नमन प्रतिबलों 'σ_b' का मान नमन सम्बन्ध द्वारा ज्ञात किया जाता है।

अर्थात् $$\frac{M}{I} = \frac{\sigma_b}{y} \quad \text{या} \quad \sigma_b = \frac{M}{I} \times y$$

$I = \frac{\pi}{64} d^4$ तथा $y = \frac{d}{2}$ रखने पर

AKC TECHNICAL CLASSES

$$\sigma_b = \frac{32\,M}{\pi d^3} \quad \ldots(ii)$$

पुनः हम जानते हैं कि—

$$\text{अधिकतम मुख्य प्रतिबल } \sigma_1 = \frac{1}{2}[(\sigma_x + \sigma_y) + \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau^2}]$$

यहाँ $\sigma_x = \sigma_b, \sigma_y = 0$ तथा $\tau = \tau$ रखने पर

$$\sigma_1 = \frac{1}{2}[\sigma_b + \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau^2}] \quad \ldots(iii)$$

इसी प्रकार, न्यूनतम प्रतिबल $\sigma_2 = \frac{1}{2}[(\sigma_x + \sigma_y) - \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau^2}$ से,

$$\therefore \quad \sigma_2 = \frac{1}{2}[\sigma_b - \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau^2}] \quad \ldots(iv)$$

उपरोक्त समीकरण (iii) तथा (iv) में तनाव प्रतिबल (+) ive, संपीडन प्रतिबल (–) ive माने गये हैं। इसी प्रकार प्रवाम (anticlockwise) कर्तन प्रतिबल (+ ive) तथा प्रदक्षिण (clockwise) कर्तन प्रतिबल (–ive) माने गये हैं।

समीकरण (iii) तथा (iv) में समी॰ (i) व (ii) से σ_b तथा τ का मान रखने पर,

$$\therefore \quad \sigma_1 = \frac{1}{2}\left[\frac{32\,M}{\pi d^3} + \sqrt{\left\{\frac{32\,M}{\pi d^3}\right\} + 4\left\{\frac{16T}{\pi d^3}\right\}^2}\right]$$

या

$$\sigma_1 = \frac{16}{\pi d^3}[M + \sqrt{(M^2 + T^2)}] \quad \ldots(v)$$

तथा

$$\sigma_2 = \frac{16}{\pi d^3}[M - \sqrt{(M^2 + T^2)}) \quad \ldots(vi)$$

3.4.1 अधिकतम कर्तन प्रतिबल (Maximum Shear Stress)

हम जानते हैं कि, यदि σ_1 तथा σ_2 से अधिकतम तथा न्यूनतम मुख्य प्रतिबल हो तो अधिकतम कर्तन प्रतिबल का मान निम्न सम्बन्ध द्वारा ज्ञात किया जा सकता है—

$$\tau_1 = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \quad \ldots(vii)$$

समी॰ (v) तथा (vi) से σ_1 तथा σ_2 का मान (vii) में रखने पर,

$$\tau_1 = \frac{1}{2} \times \frac{16}{\pi d^3}[\{M + \sqrt{(M^2 + T^2)}\} - \{M - \sqrt{(M^2 + T^2)}\}]$$

$$\therefore \quad \tau_1 = \text{शाफ्ट पर अधिकतम कर्तन प्रतिबल} = \frac{16}{\pi d^3}[\sqrt{(M^2 + T^2)}] \quad \ldots(viii)$$

3.4.2 समतुल्य मरोड़ घूर्ण (Equivalent Twisting Moment)

यह मरोड़ घूर्ण का वह मान है, जो अकेले ही शाफ्ट में उतना अधिकतम कर्तन प्रतिबल उपजाता है, जितना कि वास्तव में लगे हुए नमनघूर्ण '*M*' तथा मरोड़ घूर्ण '*T*' के संयुक्त प्रभाव से उपजता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

यदि समतुल्य मरोड़ घूर्ण को 'T_e' तथा इससे उपजने वाले कर्तन प्रतिबल को τ से प्रदर्शित किया जाये तो $\tau = \tau_1$ होगा।

परन्तु $$\tau = \frac{16T_e}{\pi d^3} \quad \text{तथा} \quad \tau_1 = \frac{16}{\pi d^3}[\sqrt{M^2 + T^2}]$$

$$\therefore \quad \frac{16\,T_e}{\pi d^3} = \frac{16}{\pi d^3}[\sqrt{M^2 + T^2}]$$

$$\therefore \quad T_e = \sqrt{M^2 + T^2} \qquad \ldots(ix)$$

3.4.3 समतुल्य नमन घूर्ण (Equivalent Bending Moment)

यह नमनघूर्ण का वह मान है जो अकेले ही शाफ्ट में उतना अधिकतम लम्ब प्रतिबल (normal stresses) उपजाता है, जितना कि वास्तव में लगे हुए नमनघूर्ण 'M' एवं मरोड़ घूर्ण 'T' के संयुक्त प्रभाव से उपजता है।

यदि समतुल्य नमनघूर्ण को 'M_e' तथा उससे उपजने वाले नमन प्रतिबल 'δ_b' से प्रदर्शित किया जाये तो,

$$\sigma_b = \sigma_1$$

परन्तु $$\sigma_b = \frac{32\,M_e}{\pi d^3} \quad \text{तथा} \quad \sigma_1 = \frac{16}{\pi d^3}[M + \sqrt{M^2 + T^2}]$$

$$\therefore \quad \frac{32M_e}{\pi d^3} = \frac{16}{\pi d^3}[M + \sqrt{M^2 + T^2}]$$

$$\therefore \quad M_e = \frac{1}{2}[M + \sqrt{M^2 + T^2}] \qquad \ldots(x)$$

3.4.4 शाफ्ट पर बदलते भारों का प्रभाव (Effect of Fluctuating Loads on Shaft)

पूर्व अनुच्छेदों में हमने शाफ्ट पर स्थिर मान के मरोड़ तथा नमनघूर्ण को कार्यरत माना है परन्तु वास्तविक परिस्थितियों में शाफ्टों पर बदलते मान के मरोड़ तथा नमनघूर्ण कार्य करते हैं। ऐसी शाफ्टों (जैसे लाइन शाफ्ट या काऊँटर शाफ्ट आदि) का डिज़ाइन करते समय मरोड़ घूर्ण तथा नमन घूर्ण के के मानों के साथ मरोड़ तथा नमन के लिए संयुक्त झटका (shock) तथा थकान (fatigue) गुणांकों का भी प्रयोग करते हैं।

इस प्रकार, शाफ्ट पर समतुल्य मरोड़ घूर्ण

$$T_e = \sqrt{(K_m \times M)^2 + (K_t \times T)^2}$$

तथा शाफ्ट पर समतुल्य नमनघूर्ण

$$M_e = \frac{1}{2}[K_m \times M + \sqrt{(K_m \times M)^2 + (K_t \times T)^2}]$$

यहाँ K_m = नमन के लिए संयुक्त झटका तथा थकान गुणांक (Combined shock and fatigue factor)

K_t = मरोड़ के लिए संयुक्त झटका तथा थकान गुणाँक

विभिन्न परिस्थितियों में संयुक्त झटका तथा थकान गुणांकों के मान तालिका में प्रदर्शित हैं।

AKTU TECHNICAL CLASSES

तालिका 3.1

भारों की प्रकृति	K_m	K_t
1. स्थिर शाफ्टें		
(i) धीरे-धीरे लगने वाला भार (Gradually applied load)	1.0	1.0
(ii) आकस्मिक भार (Suddenly applied load)	1.5 से 2.0	1.5 से 2.0
2. घूमती शाफ्टें		
(i) धीरे-धीरे लगने वाला अथवा एक समान भार (Gradually applied or steady load)	1.5	1.0
(ii) आकस्मिक भार कम मान के झटकों सहित (Suddenly applied load with minor shocks)	1.5 से 2.0	1.0 से 1.5
(iii) आकस्मिक भार उच्च झटकों सहित (Suddenly applied load with heavy shocks)	2.0 से 3.0	1.5 से 3.0

उदाहरण 3.14—एक M.S. Shaft 300 rpm पर 100 kW शक्ति पारेषित करती है। 3 m लम्बाई की यह शाफ्ट अपने दोनों सिरे पर आधारित हैं। इस शाफ्ट पर दो पुलियाँ, प्रत्येक 1500 N भार की, दोनों सिरे से एक-एक मीटर की दूरी पर हैं जैसाकि चित्र 3.12 में प्रदर्शित है। प्रतिबलों का सुरक्षित मान $\tau = 60$ mPa मानते हुए शाफ्ट का व्यास ज्ञात कीजिए।

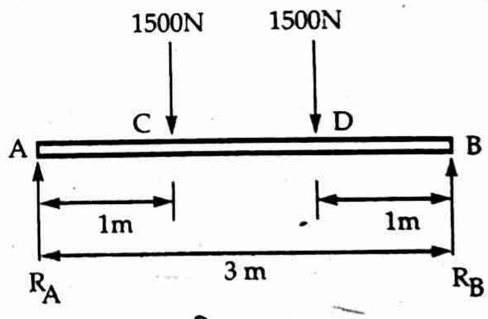
हल—दिया है,

$$P = 100 \text{ kW} = 100 \times 10^3 \text{ W}, N = 300 \text{ rpm}, L = 3 \text{ m} = 300 \text{ mm}$$

$$W = 1500 \text{ N}, \tau = 60 \text{ MPa} = 60 \text{ N/mm}^2$$

शाफ्ट द्वारा पारेषित $T = \dfrac{60 \times P}{2\pi N}$

$$= \frac{100 \times 10^3 \times 60}{2\pi \times 300} = 3183 \text{ Nm}$$



चित्र-3.12

चित्र 3.12 के अनुसार,

शाफ्ट के दोनों सिरे पर प्रतिक्रिया $R_A = R_B = 1500$ N.

शाफ्ट पर अधिकतम नमनघूर्ण $M_A = M_B = 1500 \times 1 = 1500$ Nm

माना d = शाफ्ट का व्यास, mm में

हम जानते हैं,

समतुल्य मरोड़ घूर्ण $T_e = \sqrt{M^2 + T^2} = \sqrt{(1500)^2 + (3183)^2} = 3519$ N-m

$$= 3519 \times 10^3 \text{ Nmm}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

परन्तु समतुल्य मरोड़ घूर्ण $T_e = \frac{\pi}{16} \times \tau \times d^3$

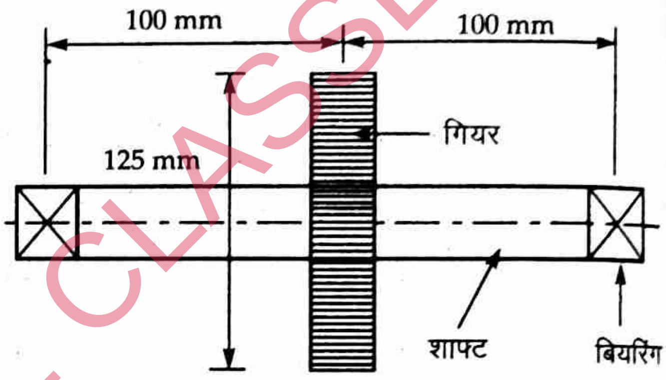
$$\therefore \quad 3519 \times 10^3 = \frac{\pi}{16} \times 60 \times d^3$$

हल करने पर,

$$d = 66.8 \text{ mm}$$ उत्तर

उदाहरण 3.15—दो बियरिंगों पर आधारित किसी शाफ्ट पर एक गियर लगा है जैसा कि चित्र 3.13 में दिखाया गया है। गियर का व्यास 125 mm है तथा यह 120 rpm पर 3.7 kW शक्ति पारेषित कर रहा है। अनुमेय कर्तन प्रतिबल का मान 42 N/mm^2 मानते हुए शाफ्ट का व्यास ज्ञात कीजिए।

हल—दिया है,



चित्र-3.13

$$D = 125 \text{ mm} = 0.125 \text{ m}$$

शक्ति $P = 3.7$ kW,

$N = 120$ rpm, $\tau = 42$ N/mm^2

हम जानते हैं कि—

$$P = \frac{NT}{9550} \text{ kW}$$

$$\therefore \quad T = \frac{3.7 \times 9550}{120} \text{ Nm} = 294.4 \text{ N-m}$$

$\therefore$ गियर के दाँतों पर लगने वाला स्पर्शीय बल $F_t = \frac{2T}{D} = \frac{2 \times 294.4}{0.125}$

$$\therefore \quad F_t = 4710.4 \text{ newton.}$$

तथा गियर के केन्द्र पर नमन घूर्ण $M = F_t \times D/2$

$$= 4710.4 \times \frac{0.125}{2} = 294.4 \text{ N-m}$$

माना शाफ्ट का व्यास $= d$ mm

हम जानते हैं कि—

समतुल्य मरोड़ घूर्ण $T_e = \sqrt{M^2 + T^2}$

$$= \sqrt{(294.4)^2 + (294.4)^2}$$

$\therefore$ $T_e = 416.3$ N-m या 416.3×10^3 N-mm

पुनः हम जानते हैं कि अनुमेय कर्तन प्रतिबल 'τ' $= \frac{16 T_e}{\pi d^3}$

$$\therefore \quad d^3 = \frac{16 T_e}{\pi \tau} = \frac{16 \times 416.3 \times 10^3}{\pi \times 42}$$

हल करने पर,

$$d = 37 \text{ mm}$$ उत्तर

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 3.16—एक धात्वीय पिंड में प्रधान प्रतिबल + 35 MN/m² तथा –95 MN/m² है तथा तीसरा प्रधान प्रतिबल शून्य है। प्रत्यास्थता सीमा प्रतिबल तनन व संपीडन में समान है तथा इसका मान 220 MN/m² है। अधिकतम अपरूपण प्रतिबल सिद्धान्त पर इसके लिए सुरक्षा-गुणांक का मान ज्ञात कीजिये। (U.P. 2001)

हल—दिया है,

$$\sigma_1 = \sigma_x = +35\ \text{MN/m}^2 = 35\ \text{N/mm}^2, \sigma_y = -95\ \text{N/mm}^2 = \sigma_2$$

तथा $$\sigma_z = 0, \sigma_{el} = 220\ \text{MN/mm}^2 = 220\ \text{N/mm}^2$$

अधिकतम कर्तन प्रतिबल सिद्धान्त के अनुसार, **"सरल तनाव में या संपीडन में अधिकतम कर्तन प्रतिबल का मान अधिक लम्ब प्रतिबल का आधा होता है"**

$$\therefore \quad \tau_{el} = \frac{\sigma_{el}}{2} = \frac{220}{2} = 110\ \text{N/mm}^2$$

$$\therefore \quad \text{सुरक्षा गुणांक (F.O.S.)} = \frac{\tau_{el}}{\tau_1}$$

परन्तु $$\tau_1 = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = \frac{35-(-95)}{2}$$

$$\therefore \quad \tau_1 = 65\ \text{N/mm}^2$$

$$\text{सुरक्षा गुणांक (F.O.S.)} = \frac{10}{65} = \mathbf{1.692\ \text{या}\ 2\ (\text{माना})}$$ **उत्तर**

उदाहरण 3.17—एक ठोस शाफ्ट पर 50 N-m का बंकन आघूर्ण लगता है तथा वह 600 nm पर 5 kW शक्ति पारेषित करता है सुरक्षा-गुणांक 2 लेते हुये तथा अधिकतम अपरूपण प्रतिबल विभंग सिद्धान्त का प्रयोग करते हुए शाफ्ट का व्यास ज्ञात कीजिये। शाफ्ट पदार्थ का पराभव प्रतिबल 280 N/mm² है। (U.P. 2007)

हल—दिया है,

$$\text{नमनघूर्ण } M = 50\ \text{N-m}, P = 5\ \text{kW}, N = 600\ \text{rpm}, \text{F.O.S.} = 2$$

शाफ्ट पदार्थ का पराभव प्रतिबल $= 280\ \text{N/mm}^2$

अब सूत्र $P = \dfrac{NT}{9550}$ से,

$$T = \frac{9550 \times 5}{600} = 79.58\ \text{N-m} = 80\ \text{N-m}$$ **उत्तर**

अब शाफ्ट पर सुरक्षित लम्ब प्रतिबल $= \sigma_b = \dfrac{280}{2} = 140\ \text{N/mm}^2$

अधिकतम अपरूपण प्रतिबल विभव सिद्धान्त से,

$$\tau = \frac{\sigma_b}{2} = \frac{140}{2} = 70\ \text{N/mm}^2$$

परन्तु $\tau = \dfrac{16}{\pi d^3}\sqrt{T^2 + M^2}$ से,

$$d^3 = \frac{16}{\pi \times 70}\sqrt{(8000)^2 + (50000)^2} = 6863.83$$

$$\therefore \quad \mathbf{d = 19\ mm}$$ **उत्तर**

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 3.18—एक ठोस शाफ्ट पर अधिकतम ऐंठन घूर्ण 500 N-m तथा बंकन आघूर्ण 1 kN-m का लग रहा है। शाफ्ट पर मामूली एक आघात (shock) लग सकता है। शाफ्ट के पदार्थ का पराभव प्रतिबल 290 N/mm² है। यदि $K_t = 1.2$ तथा $K_m = 1.1$ हो तब 2 सुरक्षा गुणाँक के लिए शाफ्ट की अभिकल्पना कीजिए। **(U.P. 2008)**

हल—दिया है,

अधिकतम ऐंठन घूर्ण $T = 500$ N-mm, अधिकतम बंकन घूर्ण $(M) = 1$ kNm = Nm

अधिकतम प्रतिबल $\sigma_{el} = 290 \dfrac{\text{N}}{\text{mm}^2}$,

झटका गुणाँक $K_m = 1.1$, $K_t = 1.2$

सुरक्षा गुणांक (F.O.S.) $= 2$

अब, सुरक्षित लम्ब प्रतिबल $\sigma_b = \dfrac{\sigma_{el}}{\text{F.O.S.}} = \dfrac{290}{2} = 145 \text{ N/mm}^2$

अब, समतुल्य बंकन आघूर्ण $M_e = \dfrac{1}{2}[K_m \times M + \sqrt{(K_m \times M)^2 + (K_T \times T)^2}]$

$$\therefore \quad M_e = \frac{1}{2}[1.1 \times 1000 + \sqrt{(1.1 \times 1000)^2 + (1.2 \times 500)^2}]$$

$$= 1176.5 \text{ N-m} = 1.1765 \times 10^6 \text{ N-mm}$$

$\therefore$ सुरक्षित लम्ब प्रतिबल, $\sigma_b = \dfrac{32\,M_e}{\pi d^3}$

$$\therefore \quad d^3 = \frac{32\,M_e}{\pi \cdot \sigma_b}$$

$$\therefore \quad d^3 = \frac{32 \times 1.1765 \times 10^6}{\pi \times 145} = 0.083 \times 10^6$$

$$\therefore \quad d = 0.436 \times 10^2 \text{ mm} = 43.6 \text{ mm}$$

माना $d = 44$ **mm** उत्तर

उदाहरण 3.19—एक ठोस शाफ्ट के किसी परिच्छेद पर 50 N-m का बंकन आघूर्ण लग रहा है तथा वह 1000 rpm पर 3.5 kW शक्ति पारेषित करता है। यदि पदार्थ की चरम तनन सामर्थ्य तथा अपरूपण सामर्थ्य क्रमश: 420 N/mm² तथा 250 N/mm² हो तब शाफ्ट का सुरक्षित व्यास निम्नलिखित विभंग सिद्धान्तों के अनुसार ज्ञात कीजिए।

(U.P. 2009)

(i) असफलता का मुख्य प्रतिबल सिद्धान्त, तथा

(ii) असफलता का अधिकतम अपरूपण बल सिद्धान्त।

हल—दिया है,

$$M = 50 \text{ N-m} = 50 \times 10^3 \text{ Nmm}, \; N = 1000 \text{ rpm}, \; P = 3.5 \text{ kW}$$

चरम तनन सामर्थ्य $\sigma_t = 420 \text{ N/mm}^2 = \sigma_1$

चरम अपरूपण सामर्थ्य $\tau_{max} = 250 \text{ N/mm}^2 = \tau_1$

AKC TECHNICAL CLASSES

अब सूत्र $P = \frac{NT}{9550}$ से

$$T = \frac{9550 \times 3.5}{1000} = 33.425 \text{ Nm}$$

$$= 33425 \text{ Nmm}$$

(i) माना ठोस शाफ्ट का व्यास $= d$

अधिकतम मुख्य प्रतिबल $\sigma_1 = \frac{16}{\pi d^3}[M + \sqrt{M^2 + T^2}]$ से,

$$420 = \frac{16}{\pi d^3}[50 \times 10^3 + \sqrt{(50 \times 10^3)^2 + (33.425 \times 10^3)^2}]$$

$$= 560995.817/d^3$$

$\therefore$ $\quad$ $\mathbf{d = 11 \text{ mm}}$ **उत्तर**

(ii) अधिकतम अपरूपण प्रतिबल $\tau_1 = \frac{16}{\pi d^3}\sqrt{M^2 + T^2}$ से,

$$\therefore \quad 250 = \frac{16}{\pi d^3}\sqrt{(50 \times 10^3)^2 + (33.425 \times 10^3)^2}$$

$$= \frac{306307.9}{d^3}$$

$\therefore$ $\quad$ $\mathbf{d = 10.7 \text{ mm}}$ **उत्तर**

उदाहरण 3.20—100 mm व्यास की ठोस शाफ्ट 120 rpm पर 30 kW शक्ति पारेषित (transmit) करती है। शाफ्ट पर 9 kN-m का नमन घूर्ण तथा सिरों पर 4 kN का अक्षीय दाब (end thrust) भी लग रहे हैं। शाफ्ट में उत्पन्न अधिकतम लम्ब प्रतिबल ज्ञात कीजिए।

हल—दिया है,

$$d = 100 \text{ mm}, N = 120 \text{ rpm}, P = 300 \text{ kW}, M = 9 \text{ kN-m} = 9 \times 10^6 \text{ N-mm}$$

अक्षीय दाब $W = 4 \text{ kN} = 4 \times 10^3 \text{ N}$

सूत्र $P = \frac{NT}{9550}$ से,

$$\text{मरोड़ घूर्ण } T = \frac{9550 \times 300}{120} = 23875 \text{ Nm}$$

$$= 23875 \times 10^3 \text{ N-mm}$$

$\therefore$ इस मरोड़ घूर्ण के कारण शाफ्ट पर अधिकतम कर्तन प्रतिबल

$$\tau = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16 \times 23875 \times 10^3}{\pi \times (100)^3} = 121.6 \text{ N/mm}^2$$

शाफ्ट पर अक्षीय दाब के कारण लम्ब प्रतिबल $\sigma_0 = \frac{W}{\frac{\pi}{4}d^2}$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$\therefore \quad \sigma_0 = \frac{4 \times 10^3}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \times (100)^2} = 0.51 \text{ N/mm}^2$$

शाफ्ट पर नमनपूर्ण के कारण नमन प्रतिबल $\sigma_b = \dfrac{32 M}{\pi d^3}$

$$\therefore \quad \sigma_b = \frac{32 \times 9 \times 10^6}{\pi \times (100)^3} = 91.68 \text{ N/mm}^2$$

∴ शाफ्ट की अक्ष की दिशा में कुल लम्ब प्रतिबल = अक्षीय भार के कारण लम्ब प्रतिबल (σ_0) + नमन घूर्ण के कारण नमन प्रतिबल (σ_b)

$$\therefore \quad \text{कुल लम्ब प्रतिबल } \sigma = \sigma_b + \sigma_0$$

$$= 91.68 + 0.51 = 92.19 \text{ N/mm}^2$$

क्योंकि शाफ्ट पर लम्ब प्रतिबल 'σ' तथा कर्तन प्रतिबल 'τ' परस्पर लम्ब दिशाओं में कार्य करते हैं अत: शाफ्ट पर अधिकतम अभिकल्पन प्रतिबल

$$\sigma_1 = \frac{1}{2}[\sigma + \sqrt{(\sigma^2 + 4\tau^2)}]$$

$$= \frac{1}{2}[92.19 + \sqrt{(92.19)^2 + 4(121.6)^2}]$$

$$= \mathbf{176.13 \text{ N/mm}^2}$$ उत्तर

उदाहरण 3.21—एक 50 mm व्यास की मृदु इस्पात की शाफ्ट पर 2000 N-m मान का नमनघूर्ण तथा '*T*' मान का मरोड़ घूर्ण कार्य कर रहा है। यदि तनाव में पराभव प्रतिबल 200 MPa है तो बिना पराभव (yielding) के शाफ्ट में अधिकतम '*T*', का मान ज्ञात कीजिए। असफलता का आधार (i) अधिकतम लम्ब प्रतिबल, (ii) अधिकतम कर्तन प्रतिबल मानिये।

हल—दिया है,

$d = 50$ mm, $M = 2000$ Nm $= 2 \times 10^6$ Nmm, $\sigma_{yt} = 200$ MPa $= 200$ N/mm², मरोड़ घूर्ण = "*T*" N-mm

(i) अधिकतम लम्ब प्रतिबल सिद्धान्त से—बंकन प्रतिबल $\sigma_b = \dfrac{32 M}{\pi d^3}$ से,

$$\sigma_b = \frac{32 \times 2 \times 10^6}{\pi \times (50)^3} = 163 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{मरोड़ घूर्ण के कारण } \tau = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16T}{\pi (50)^3} = 0.0407 \times 10^{-3} \times T \text{ N/mm}^2$$

$$\therefore \text{ अधिकतम मुख्य प्रतिबल } \sigma_1 = \frac{\sigma_b}{2} + \frac{1}{2}[\sqrt{(\sigma_b)^2 + 4\tau^2}]$$

$$= \frac{163}{2} + \frac{1}{2}[\sqrt{(163)^2 + 4(0.0407 \times 10^{-3} T)^2}] \text{ N/mm}^2$$

$$= 81.5 + \sqrt{6642.5 + 1.65 \times 10^{-9} T^2}$$

न्यूनतम मुख्य प्रतिबल $\sigma_2 = \frac{\sigma_b}{2} - \frac{1}{2}[\sqrt{(\sigma_b)^2 + 4\tau^2}]$

$$= \frac{163}{2} - \frac{1}{2}[\sqrt{(163)^2 + 4(0.0407 \times 10^{-3} T)^2}$$

$$= 81.5 - \sqrt{[6642.5 + 1.65 \times 10^{-9} T^2]}$$

तथा अधिकतम कर्तन प्रतिबल $\tau_1 = \tau_{max} = \frac{1}{2}[\sqrt{(163)^2 + 4(0.0407 \times 10^{-3} T)^2}]$

$$= \sqrt{6642.5 + 1.65 \times 10^{-9} T^2} \quad \text{N/mm}^2$$

अधिकतम तनाव प्रतिबल सिद्धान्त से $\sigma_1 = \sigma_{yt}$ (F.O.S. को 1 मानने पर)

$\therefore \quad 81.5 + \sqrt{6642.5 + 1.65 \times 10^{-9} T^2} = 200$

$\therefore \quad T^2 = 4485 \times 10^9 = 4.485 \times 10^{12}$

$\therefore \quad T = 2.118 \times 10^6$ Nmm = **2118 Nm** उत्तर

(ii) अधिकतम कर्तन प्रतिबल सिद्धान्त से—इस सिद्धान्त से,

$$\tau_1 = \tau_{yt} = \frac{\sigma_{yt}}{2}$$

$\therefore \quad \sqrt{6642.5 + 1.65 \times 10^{-9} T^2} = \frac{200}{2} = 100$

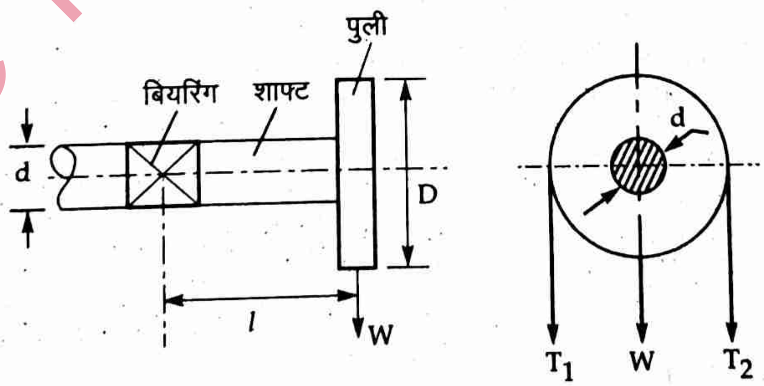
$\therefore \quad T^2 = 2035 \times 10^9$

$\therefore \quad T = 1426 \times 10^3$ N-mm = **1426 N-m** उत्तर

3.4.5 पट्टा चालन में ओवर हंग (प्रलम्ब) पुली के लिये शाफ्ट के व्यास का अभिकल्पन

(Design of Shaft Diameter for Over Hung Pulley in a Belt Drive)

चित्र 3.14 का अवलोकन कीजिये। इसमें एक ओवर हंग पुली प्रदर्शित की गई है जिसको नीचे लगी एक मोटर की सहायता से एक पट्टे के द्वारा चलाया जाता है।



चित्र-3.14

यहाँ D = पुली का व्यास।

d = शाफ्ट का व्यास।

AKC TECHNICAL CLASSES

T_1 = पट्टे के खींचे पक्ष में तनाव।

T_2 = पट्टे के ढीले पक्ष में तनाव।

w = पुली का भार।

l = पुली के केन्द्र पर बियरिंग के केन्द्र के मध्य दूरी।

शाफ्ट द्वारा पारेषित घुमाऊ घूर्ण,

$$T = (T_1 - T_2)\frac{D}{2} \quad \ldots(1)$$

पुली के केन्द्र पर कुल ऊर्ध्वाधर बल, $W = (T_1 + T_2 + w)$

यह बल शाफ्ट के सिरे पर लगेगा। यहाँ पट्टे के दोनों भागों को ऊर्ध्वाधर माना गया है।

∴ शाफ्ट पर अधिकतम नमन घूर्ण $M = W \times l$

या

$$M = (T_1 + T_2 + w) \times l \quad \ldots(2)$$

क्योंकि शाफ्ट पर मरोड़ घूर्ण (T) तथा नमन घूर्ण (M) लगा है अत: शाफ्ट का व्यास (d) समतुल्य मरोड़ घूर्ण (T_e) एवं समतुल्य नमन आघूर्ण (M_e) के आधार पर ज्ञात करेंगे।

हम जानते हैं कि समतुल्य मरोड़ घूर्ण,

$$T_e = \sqrt{(M^2 + T^2)} \quad \ldots(3)$$

एवं समतुल्य नमन आघूर्ण,

$$M_e = \frac{1}{2}[M + \sqrt{(M^2 + T^2)}] \quad \ldots(4)$$

समतुल्य मरोड़ घूर्ण (T_e) के कारण उत्पन्न अधिकतम कर्तन प्रतिबल

$$\tau = \frac{16T_e}{\pi d^3} \quad \ldots(5)$$

समतुल्य मरोड़ घूर्ण (M_e) के कारण उत्पन्न अधिकतम नमन आघूर्ण,

$$\sigma_b = \frac{32M_e}{\pi d^3} \quad \ldots(6)$$

समकीरण (5) व (6) से शाफ्ट व्यास 'd' के दो मानों में से अधिक व्यास, शाफ्ट का उपयुक्त व्यास होगा।

उदाहरण 3.22—एक ढलवाँ लोहे की घिरनी में, जिसका व्यास 900 mm है, सबसे पास के बियरिंग से 240 mm का प्रलम्ब (overhung) है। यह नीचे से एक विद्युत मोटर द्वारा चलाया जाता है। पट्टे के सिरे ऊर्ध्वाधर व समानान्तर हैं। पट्टे के तने पक्ष में खिंचाव 3.5×10^3 N एवं ढीले पक्ष में तनाव 1.5×10^3 N है। घिरनी का भार 800 N है। यदि अनुमेय अपरूपक प्रतिबल 60 N/ mm^2 तक सीमित हो, तो घिरनी के शाफ्ट का उचित व्यास ज्ञात कीजिये।

हल—दिया है,

(i) ∴ घिरनी का व्यास (D) = 900 mm

(ii) बियरिंग से घिरनी के केन्द्र से दूरी (l) = 240 mm

(iii) पट्टे के तने पक्ष में तनाव (T_1) = 3.5×10^3 N

(iv) पट्टे के ढीले पक्ष में तनाव (T_2) = 1.5×10^3 N

AKC TECHNICAL CLASSES

(v) घिरनी का भार $(w) = 800$ N

(vi) अनुमेय अपरूपक प्रतिबल $(\tau) = 60$ N/mm^2

(vii) शाफ्ट का व्यास $(d) = ?$

चित्र 3.14 का अवलोकन करें।

शाफ्ट द्वारा पारेषित घुमाव घूर्ण $T = (T_1 - T_2) \times \frac{D}{2}$

$$= (3.5 \times 10^3 - 1.5 \times 10^3) \times \frac{900}{2}$$

$$= 90 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

शाफ्ट पर कार्यरत अधिकतम नमन आघूर्ण (M)

$$= (T_1 + T_2 + w) \times l$$

$$= (3.5 \times 10^3 + 1.5 \times 10^3 + 800) \times 240$$

$$= 5800 \times 240$$

$$= 1392 \times 10^3 \text{ Nmm}$$

अत: समतुल्य मरोड़ घूर्ण $(T_e) = \sqrt{(1.392 \times 10^6)^2 + (0.9 \times 10^6)^2}$

$$= \sqrt{1.9376 \times 10^{12} + 0.81 \times 10^{12}}$$

$$= \sqrt{2.7476 \times 10^{12}}$$

$$= 1.6575 \times 10^6$$

$\therefore$ शाफ्ट का व्यास, $\tau = \frac{16 T_e}{\pi d^3}$

या $d^3 = \frac{16 T_e}{\pi \times \tau}$

या $d^3 = \frac{16 \times 1.6575 \times 10^6}{3.14 \times 60}$

या $d^3 = 140764.33$

या $d = 52$ **mm** उत्तर

उदाहरण 3.23—एक शाफ्ट के व्यास का अभिकल्पन कीजिये जो कि एक विद्युत मोटर से खराद मशीन के हैड स्टॉक की घिरनी को पट्टे द्वारा शक्ति पारेषित करता है। घिरनी का भार 200 N है तथा वह बियरिंग के मध्य से 100 mm की दूरी पर स्थित है। घिरनी का व्यास 250 mm है तथा यह अधिकतम 1 kW शक्ति 120 चक्कर प्रति मिनट पर पारेषित करती है। पट्टे का छादन कोण (angle of lap) 180° है तथा पट्टे एवं घिरनी के मध्य घर्षण गुणांक 0.3 है। पट्टे में खिंचाव (pull) नीचे की ओर है। शाफ्ट में अनुमेय कर्तन प्रतिबल 30 N/mm^2 है।

AKC TECHNICAL CLASSES

हल—दिया है,

(i) घिरनी का भार $(w) = 200$ N

(ii) घिरनी एवं बियरिंग के केन्द्रों की मध्य दूरी $(l) = 100$ mm

(iii) घिरनी का व्यास $(D) = 250$ mm $= 0.25$ m

(iv) पारेषित शक्ति $(P) = 1$ kW

(v) शाफ्ट के चक्कर प्रति मिनट $(N) = 120$

(vi) छादन कोण $(\theta) = 180°$

(vii) घर्षन गुणांक $(\mu) = 0.3$

(viii) अनुमेय कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 30$ N/mm^2

हम जानते हैं, कि पारेषित शक्ति $P = \dfrac{(T_1 - T_2)\pi DN}{60}$

या $$1 \times 10^3 = \frac{(T_1 - T_2) \times 3.14 \times 0.25 \times 120}{60}$$

अथवा $$(T_1 - T_2) = \frac{60 \times 1 \times 10^3}{3.14 \times 0.25 \times 120} = 636.9 \text{ N} \quad ...(1)$$

एवं $$\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu\theta}$$

या $$\frac{T_1}{T_2} = e^{0.3 \times \left(\frac{180°}{180°} \times \pi\right)} = e^{0.942}$$

या $$\frac{T_1}{T_2} = 2.565 \quad ...(2)$$

समीकरण (2) से T_1 का मान (1) में रखने पर,

$$(2.565\, T_2 - T_2) = 636.9$$

या $$1.565\, T_2 = 636.9$$

या $$T_2 = 406.96 \text{ N}$$

T_2 का मान समीकरण (2) में रखने पर,

$$T_1 = 2.565 \times 406.96$$
$$= 1043.85 \text{ N}$$

अब शाफ्ट द्वारा पारेषित घुमाव घूर्ण,

$$T_1 = (T_1 - T_2) \times \frac{D}{2}$$
$$= (1043.85 - 406.96) \times \frac{250}{2}$$
$$= 636.89 \times 125$$
$$= 79611.55 \text{ Nmm}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

एवं शाफ्ट पर कार्यरत अधिकतम नमन आघूर्ण

$$M = (T_1 + T_2 + w) \times l$$
$$= (1043.85 + 406.96 + 200) \times 100$$
$$= 1650.81 \times 100$$
$$= 165081 \text{ Nmm}$$

समतुल्य मरोड़ घूर्ण, $T_e = \sqrt{(M^2 + T^2)}$

$$= \sqrt{(165081)^2 + (79611.55)^2}$$
$$= \sqrt{(2.725 \times 10^{10} + 6.3379 \times 10^9)}$$
$$= 1.832 \times 10^5$$

हम जानते हैं, कि अनुमेय कर्तन प्रतिबल,

$\therefore$ $$\tau = \frac{16 T_e}{\pi d^3}$$ से,

$$30 = \frac{16 \times 1.832 \times 10^5}{3.14 \times d^3}$$

या $$d^3 = \frac{16 \times 1.832 \times 10^5}{3.14 \times 30}$$

या $$d^3 = 31116.77$$

$\therefore$ **शाफ्ट का व्यास $d = 31.45$ mm** उत्तर

प्रश्नावली (Exercise)

1. शाफ्ट को परिभाषित कीजिए। इसके विभिन्न प्रकारों का वर्णन कीजिए।
2. शाफ्ट बनाने में प्रयुक्त होने वाले पदार्थों का वर्णन कीजिए। इन पदार्थों में क्या-क्या गुण होने चाहिए?
3. शाफ्टों में किस प्रकार के प्रतिबल उपजते हैं? स्पष्ट कीजिए।
4. शाफ्टों का डिज़ाइन किस प्रकार किया जाता है?
5. शुद्ध मरोड़ तथा उससे सम्बन्धित मान्यताओं का वर्णन कीजिए।
6. किसी शाफ्ट पर मरोड़ तथा नमन के सम्मिलित प्रभाव को कैसे ज्ञात किया जाता है?
7. समतुल्य नमन आघूर्ण एवं समतुल्य मरोड़ घूर्ण से आप क्या समझते हैं?
8. ठोस शाफ्ट की तुलना में खोखली शाफ्ट के लाभों का वर्णन कीजिए।
9. शुद्ध नमन तथा उससे सम्बन्धित मान्यताओं का वर्णन कीजिए।
10. धुरे (axle) का डिज़ाइन किस प्रकार किया जाता है? स्पष्ट कीजिए।
11. एक प्रलम्ब क्रैंक पिन (overhung crack pin) का डिज़ाइन किस-किस प्रकार किया जाता है? संक्षिप्त वर्णन कीजिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

12. एक शाफ्ट पर प्रलम्ब पुली लगी है तथा इस पर लगे पट्टे द्वारा शक्ति का संचारण किया जा रहा है। शाफ्ट का अभिकल्पन कीजिये।

13. एक शाफ्ट 240 rpm पर 1MW शक्ति पारेषित करती है। शाफ्ट अपने व्यास के 15 गुना लम्बाई में 1° से अधिक कोण पर ऐंठना नहीं चाहिए। यदि शाफ्ट पदार्थ के लिए दृढ़ता मापाँक (modulus of rigidity) 80 GPA हो तो शाफ्ट का व्यास तथा उत्पन्न कर्तन प्रतिबल ज्ञात कीजिए।

[उत्तर—165 mm, 46.5 MPa]

14. एक खोखली शाफ्ट का अन्त: व्यास, बाह्य व्यास का 2/3 है। इस शाफ्ट के सामर्थ्य तथा कड़ापन की तुलना, समान पदार्थ की ठोस शाफ्ट से कीजिए।

[उत्तर—1.93, 2.6]

15. एक रोटरी कम्प्रेशर के लिए 4750 Nm अधिकतम शक्ति पारेषित करने वाली खोखली शाफ्ट का अभिकल्पन कीजिए। शाफ्ट में अधिकतम कर्तन प्रतिबल 50 MPa है। शाफ्ट का बाह्य तथा अन्त: व्यास ज्ञात कीजिए। यदि बाह्य व्यास, अन्त: व्यास का ढ़ाई गुना (2.5 times) है।

[उत्तर—35 mm, 90 mm]

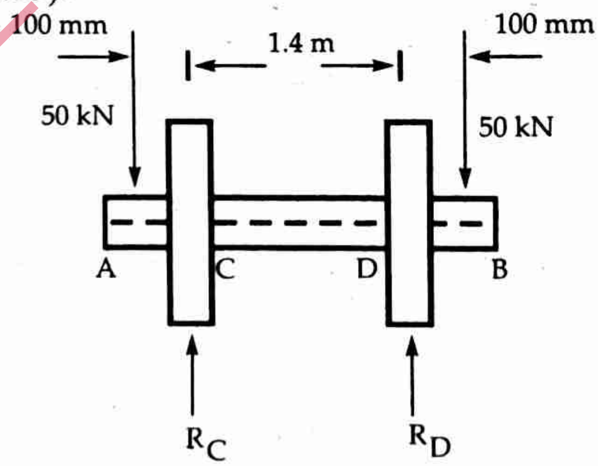
16. एक ठोस शाफ्ट 240 mm पर 1 MW शक्ति पारेषित करती है। शाफ्ट का व्यास ज्ञात कीजिए। जबकि अधिकतम बलाघूर्ण माध्य बलाघूर्ण से 20% अधिक है। अधिकतम अनुमेय कर्तन प्रतिबल 60 MPa मानिए।

[उत्तर—160 mm]

17. एक ठोस शाफ्ट 200 rpm पर 20 kW शक्ति पारेषित करती है शाफ्ट का व्यास ज्ञात कीजिए जबकि अधिकतम कर्तन प्रतिबल 360 MPa तथा सुरक्षा गुणांक 8 मानिए। यदि ठोस शाफ्ट के स्थान पर खोखली शाफ्ट का प्रयोग किया जाये तो खोखली शाफ्ट का अन्त: तथा बाह्य व्यास ज्ञात कीजिए जबकि अन्त: व्यास बाह्य का आधा है।

[उत्तर—48 mm, 50 mm तथा 25 mm]

18. एक रेलवे वैगन के पहियों के एक जोड़े के प्रत्येक धूरा बॉक्स पर 50 kN का भार, पहियों के आधार से 100 mm दूरी पर कार्यरत है। दोनों पहियों के मध्य दूरी 1.4 m है। धूरे का व्यास ज्ञात कीजिए यदि अधिकतम प्रतिबलों का मान 100 MPa हो (देखे चित्र 3.15)। **(UP 2013)**



चित्र-3.15

[उत्तर—80 mm]

19. एक साधारण स्पर गियर युक्त शाफ्ट 300 rpm पर घूमते हुए 7.5 kW शक्ति पारेषित करती है। गियर का पिच वृत्त व्यास 150 mm है। गियर दोनों बियरिंगों के ठीक बीच में लगा है तथा गियर के मध्य से प्रत्येक बियरिंग की दूरी 100 mm है। शाफ्ट स्टील की बनी है जिसका अनुमेय कर्तन प्रतिबल 45 MPa है। शाफ्ट का व्यास ज्ञात कीजिए यदि गियर का दाब कोण 20° है।

[उत्तर—32 mm]

AKC TECHNICAL CLASSES

20. एक स्टील शाफ्ट, जिसकी पराभव सामर्थ्य 700 MPa है, पर स्थैतिक भार लगे हैं जो 10 kN-m के नमन घूर्ण तथा 30 kN-m के मरोड़ घूर्ण के कारण उत्पन्न होते हैं। सुरक्षा गुणांक (F.O.S.) 2 मानते हुए दो भिन्न असफलता के सिद्धान्तों के आधार पर शाफ्ट का व्यास ज्ञात कीजिए।

[उत्तर—100 mm]

21. एक ठोस बेलनाकार शाफ्ट पर 3000 N-m का नमन घूर्ण तथा 10000 N-m का मरोड़ लगा है। शाफ्ट 45C8 इस्पात से बनी है जिसका अन्तिम तनाव प्रतिबल 700 MPa तथा अन्तिम कर्तन प्रतिबल 500 MPa है। सुरक्षा गुणांक 6 मानते हुए शाफ्ट का व्यास ज्ञात कीजिये।

[उत्तर—86 mm]

22. 120 mm व्यास की कठोर शाफ्ट 120 rpm पर 220 kW शक्ति पारेषित करती है। शाफ्ट पर 8 kN-m का नमन घूर्ण तथा सिरों पर 5 kN का अक्षीय दबाव (end thrust) लग रहे हैं। शाफ्ट में प्रेरित अधिकतम लम्ब प्रतिबल ज्ञात कीजिये।

[उत्तर—58.9 N/mm^2]

23. किसी शाफ्ट पर 3×10^6 Nmm का नमन घूर्ण (bending moment) एवं 4×10^6 Nmm का मरोड़ घूर्ण (twisting moment) लगता है। यदि शाफ्ट का व्यास 100 mm हो, तो उसमें उत्पन्न प्रतिबल (principal stresses) एवं अधिकतम कर्तन प्रतिबल (maximum shear stress) ज्ञात कीजिये।

[उत्तर—40.76 N/mm^2, –10.19 N/mm^2, 25.47 N/mm^2]

24. एक ठोस वृत्ताकार शाफ्ट पर 18×10^5 Nmm का मरोड़ घूर्ण (torque) तथा 5×10^5 Nmm का नमन घूर्ण (bending moment) लगा है। अधिकतम नमन प्रतिबल (maximum bending stress) तथा अधिकतम कर्तन प्रतिबल (maximum shearing stress) क्रमशः 98 N/mm^2 तथा 74 N/mm^2 हैं। शाफ्ट का व्यास ज्ञात कीजिये।

[उत्तर—50.28 mm]

25. एक ठोस शाफ्ट पर 3.46×10^3 Nm का नमन आघूर्ण एवं 11.5×10^3 Nm का बल आघूर्ण लगाया जाता है। शाफ्ट इस्पात का अन्तिम तनाव व कर्तन प्रतिबल क्रमशः 690 N/mm^2 व 517.5 N/mm^2 है। शाफ्ट का सुरक्षित व्यास ज्ञात कीजिए। सुरक्षा गुणांक 6 मानिये।

[उत्तर—88.79 mm]

26. एक लाइन शाफ्ट को एक मोटर के द्वारा, जो शाफ्ट के ऊर्ध्वाधर नीचे लगी है, घुमाया जाता है। लाइन शाफ्ट पर लगी पुली का व्यास 1.5 m है तथा पट्टे के खींचे पक्ष (tight side) एवं ढीले पक्ष (slack side) में तनाव क्रमशः 5.4 kN एवं 1.8 kN है। पुली शाफ्ट के सिरे पर लगी है तथा प्रलम्ब (overhung) है। पुली एवं बियरिंग की केन्द्र रेखा के मध्य 400 mm की दूरी हो तो शाफ्ट का व्यास ज्ञात कीजिये। अनुमेय कर्तन प्रतिबल 42 N/mm^2 व पुली का भार 1000 N मानिये।

[उत्तर—79.82 mm]

27. एक लाइन शाफ्ट के द्वारा 160 r.p.m. पर 30 kW शक्ति पारेषित की जाती है। इस शाफ्ट के सिरे पर लगी 1 m व्यास की पुली को, मोटर से पट्टे के द्वारा शक्ति का संचारण हो रहा है। पुली, बियरिंग के केन्द्र से 150 mm प्रलम्ब (overhung) है। पट्टे के खींचे पक्ष (tight side) में तनाव ढीले पक्ष के तनाव का 2.5 गुणा है। यदि अनुमेय कर्तन प्रतिबल 56 N/mm^2 व पुली का भार 1600 N हो, तो शाफ्ट का व्यास ज्ञात कीजिये।

[उत्तर—59.4 mm]

AKC TECHNICAL CLASSES

28. एक ढलवाँ लोहे की घिरनी में, जिसका व्यास 0.90 m है, सबसे पास के बियरिंग से 240 mm का प्रलम्ब (overhung) है। यह नीचे से एक विद्युत मोटर द्वारा चलायी जाती है। पट्टे के सिरे ऊर्ध्वाधर एवं समानान्तर हैं। पट्टे के तने पक्ष (tight side) में खिंचाव 3500 N एवं ढीले पक्ष (slack side) पर 1500 N है। घिरनी का भार 800 N है। यदि अनुमेय अपरूपक प्रतिबल 60 N/mm^2 तक सीमित हो तो घिरनी के शाफ्ट का उचित व्यास ज्ञात कीजिये।

[उत्तर—51.81 mm]

29. 1 m व्यास की ढलवाँ लोहे की घिरनी जो पट्टा चालित है तथा स्वयं के भार से 900 N बल संप्रेषित करती है। घिरनी नीचे से संचालित होती है तथा पट्टे के सिरे ऊर्ध्वाधर तथा समानान्तर हैं। पट्टे के खिंचे पक्ष में तनाव 4000 N तथा ढीले सिरे पर 1800 N है। घिरनी के शाफ्ट के व्यास की गणना कीजिए, यदि अनुमेय प्रतिबल 55 N/mm^2 तक सीमित हो। घिरनी अपने निकटस्थ बियरिंग से 250 mm ओवर हंग करती है। **(U.P.T.B. 1998)**

[उत्तर—69.5 mm]

30. एक प्रलम्ब (overhung) खोखली शाफ्ट के सिरे पर 900 mm व्यास की पुली लगी है। पुली एवं सबसे पास की बियरिंग के केन्द्र के मध्य 250 mm की दूरी है। पुली का भार 600 N तथा छादन कोण 180° है। पुली को एक मोटर, जो ऊर्ध्वाधर नीचे स्थित है, के द्वारा शक्ति का संचारण पट्टे की सहायता से हो रहा है। यदि अनुमेय अधिकतम तनाव का परिणाम 2650 N हो तथा पट्टे एवं पुली की सतह के मध्य घर्षण गुणांक $(\mu) = 0.3$ हो, तो शाफ्ट का व्यास ज्ञात कीजिये। शाफ्ट का अन्त: व्यास (d), बाह्य व्यास (D) का 0.6 है।

अपकेन्द्रीय तनाव (centrifugal tension) को नगण्य तथा शाफ्ट में अनुमेय तनाव एवं कर्तन प्रतिबलों का परिमाण क्रमश: 84 N/mm^2 एवं 63 N/mm^2 मानिये।

[उत्तर—54.61 mm, 32.76 mm]

■

AKC TECHNICAL CLASSES

अध्याय

4

कुँजी का डिज़ाइन
(Design of Key)

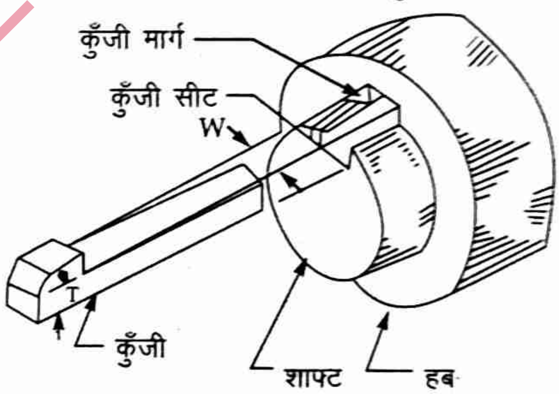
Inside this Chapter

Types of key, materials of key, functions of key, Failure of key (by Shearing and Crushing), Design of key (Determination of key dimension), Effect of keywary on shaft strength (Figures and problems).

4.1 परिचय (Introduction)

परिभाषा, कुँजी पदार्थ तथा कार्य (Definition, materials of Keys, Functions of Key)—**यह ऐसा मशीनी अवयव है, जो शाफ्ट एवं पुली व गियर इत्यादि के हब (hub) या बॉस (boss) के सापेक्ष गति को रोकने के लिए प्रयोग की जाती है। यह साधारणतया मृदु इस्पात (Mild steel) की बनी होती है।** यह शाफ्ट की अनुदैर्ध्य अक्ष के समानान्तर (parallel) इस प्रकार प्रयोग की जाती है कि इसका आधा भाग शाफ्ट में तथा शेष आधा भाग हब में रहता है। कुँजी द्वारा बनने वाले जोड़ अस्थायी प्रकार के होते हैं और आसानी से अलग किए जा सकते हैं। शक्ति पारेषण के समय कुँजी को कर्तन एवं क्रसिंग प्रतिबलों (Shearing and Crushing stresses) को सहना पड़ता है।

कुँजी लगाने के लिए साधारणतया शाफ्ट तथा हब में कुंजी की मापों के अनुसार खाँचे बनाये जाते हैं। शाफ्ट में काटा गया खाँचा "**कुँजी सीट**" **(Key seat)** तथा हब में काटा गया खाँचा "**कुँजी मार्ग**" **(Key way)** कहलाता है।



चित्र-4.1 कुँजी सीट तथा कुँजी मार्ग

4.1.1 कुँजियों के प्रकार (Types of Keys)

कुछ प्रमुख प्रकार की कुन्जियाँ (key), चित्र 4.3 में प्रदर्शित की गई हैं। इनको परिस्थिति के अनुसार प्रयोग किया जाता है।

(a) सैडल कुन्जी (Saddle Key)—यह कुन्जी घर्षण के कारण, शक्ति का पारेषण करती हैं। अत: इसका प्रयोग कम शक्ति संचारण के लिये किया जाता है। देखिये चित्र 4.3 (I)।

(b) वर्गाकार शंक कुन्जी (Square Sunk Key)—इस कुन्जी की अनुप्रस्थ काट वर्गाकार होती है। इसकी अनुप्रस्थ काट का आधा भाग शाफ्ट में तथा आधा भाग जोड़े जाने वाले भाग के हब में रहता है। देखिये चित्र 4.3 (II)।

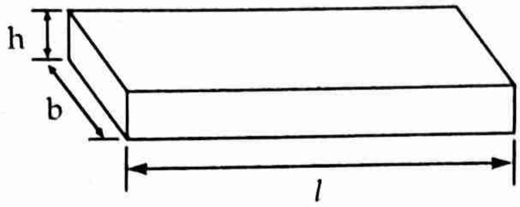
(c) आयताकार या फ्लैट कुन्जी (Rectangular or Flat Key)—इस कुन्जी की अनुप्रस्थ काट आयताकार होती है। कुन्जी की चौड़ाई, मोटाई की अपेक्षा अधिक होती है। देखिये चित्र 4.3 (III)।

(d) जिब हैड कुन्जी (Gib Head Key)—चित्र 4.3 (IV) का अवलोकन कीजिये। इस कुन्जी का अनुप्रस्थ काट वर्गाकार या आयताकार होता है। इसके एक सिरे पर जिब (gib) बना होता है जिसे जिब सिर (gib head) कहते हैं। इसकी सहायता से कुन्जी को दो जोड़े जाने वाले भागों से आसानी से निकाला जा सका है। इनका उपयोग ऐसी परिस्थितियों में किया जाता है जहाँ अधिक कम्पन उत्पन्न होते हैं।

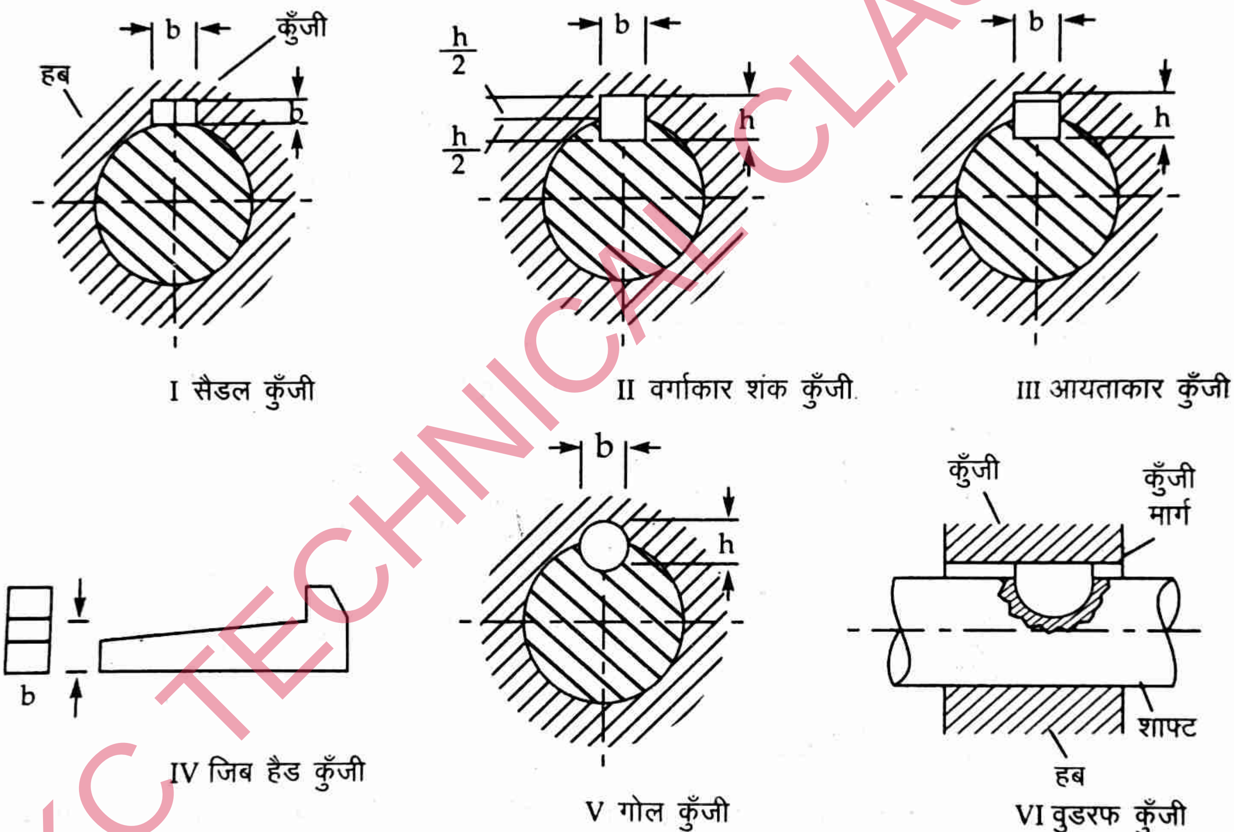
AKC TECHNICAL CLASSES

(e) गोल कुन्जी (Round Key)—देखिये चित्र 4.3 (V)। इनका अनुप्रस्थ काट गोलाकार होता है इनको ऐसे स्थानों पर प्रयोग किया जाता है जहाँ कम शक्ति का संचारण होता है।

(f) वुडरफ कुन्जी (Woodruff Key)—इस कुन्जी को आसानी से समंजित किया जा सकता है। यह वृत्तकार डिस्क के सेगमेंट (segment) के आकार की होती है जो शाफ्ट में उसी आकार के बने खाँचे में फिट की हुई होती है। इस कुन्जी का प्रयोग अधिकतर मशीनी औजारों (machine tools) एवं आटोमोबाइल्स में किया जाता है। देखिये चित्र 4.3 (VI)।



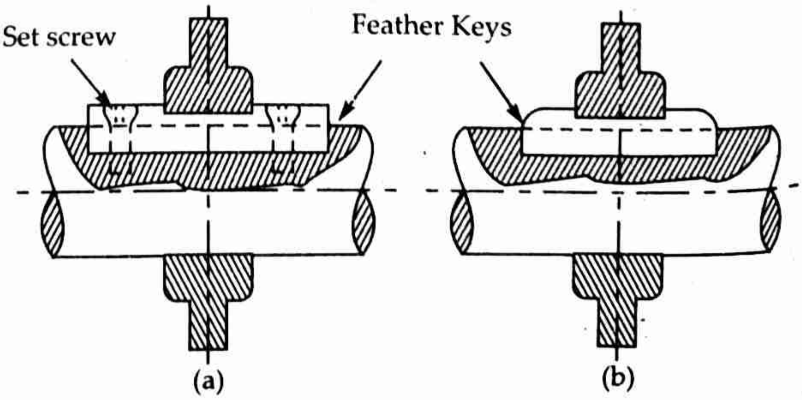
चित्र-4.2 आयताकार कुँजी



चित्र-4.3 विभिन्न प्रकार की कुँजी

(g) पंख कुन्जी (Feather Key)—यह कुन्जी दो सम्बन्धित किये जाने वाले भागों में से एक भाग के साथ जुड़ी होती है। यह एक विशेष प्रकार की समानान्तर कुन्जी है जो घुमाऊ घूर्ण पारेषित करने के साथ-साथ दोनों सम्बन्धित भागों के सापेक्ष अक्षीय गति भी करने देती है। देखिये चित्र 4.4 (a) व (b)।

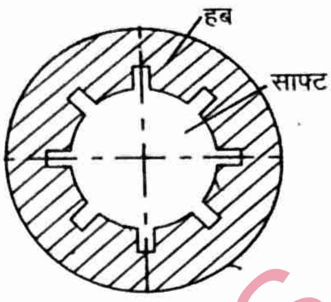
(h) स्प्लाइन (Splines)—यदि कई आयताकार चाबियों को शाफ्ट के साथ जुड़ा हुआ



चित्र-4.4 पंख कुँजी

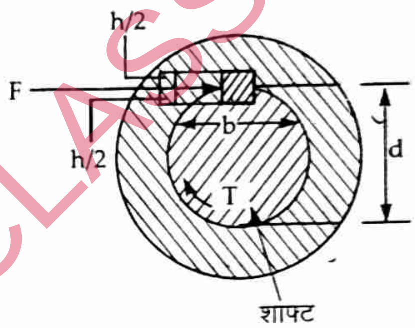
AKC TECHNICAL CLASSES

बनाया जाये, तो इसको **स्प्लाइन्स (splines)** कहा जाता है। इस शाफ्ट को **स्प्लाइन शाफ्ट (splines shaft)** कहते हैं। शाफ्ट पर आमतौर पर चार, छः आठ, दस या सोलह स्प्लाइन्स बनाये जाते हैं। स्प्लाइन शाफ्ट को फिट करने के लिये हब में समान आकार के आयताकार खाँचे ब्रोचिंग क्रिया के द्वारा बनाये जाते हैं। सप्लाइन शाफ्ट उस शाफ्ट से अधिक मजबूत होती है जिनमें एक चाबी को लगाने के लिये खाँचा बना हो। देखिये चित्र 4.5। इनके द्वारा शाफ्ट को अक्षीय गति दी जा सकती है। इनका प्रयोग आमतौर पर आटोमोबाइल्स में किया जाता है।



चित्र-4.5 स्प्लाइन

4.2 कुन्जी की असफलता (Failure of Key)



चित्र-4.6

चित्र 4.6 का अवलोकन कीजिये। चित्र में एक आयताकार कुन्जी, d व्यास के शाफ्ट को, किसी हब से जोड़ती है। शाफ्ट, कुंजी के द्वारा हब को T घुमाऊ घूर्ण पारेषित करती है जिसके कारण शाफ्ट की परिधि पर स्पर्श रेखीय बल F कार्य करता है, जिसका परिमाण निम्न प्रकार ज्ञात किया जा सकता है—

$$F = \frac{T}{d/2} = \frac{2T}{D} \qquad \ldots(3)$$

कुन्जी के पदार्थ में उपरोक्त स्पर्श रेखीय बल के कारण दो प्रकार के प्रतिबल क्रमशः **कर्तन प्रतिबल** (τ) **एवं क्रसिंग प्रतिबल** (σ_c) क्रिया करते हैं।

चित्र 4.6 के अनुसार माना कुन्जी की कुल मोटाई 'h' है। जिसमें से आधी मोटाई $h/2$ हब के अन्दर तथा $h/2$ शाफ्ट के अन्दर है। कुन्जी की चौड़ाई b तथा लम्बाई l है।

अतः कर्तन का विरोध करने वाला क्षेत्रफल $= l \times b$

$$\therefore \quad \textbf{कर्तन प्रतिबल } (\tau) = \frac{F}{l \times b}$$

$$= \frac{2T}{d \times l \times b} \qquad \ldots(2)$$

एवं कुन्जी का क्रसिंग सहने वाला क्षेत्रफल $= l \times \frac{h}{2}$

अतः कुन्जी में उत्पन्न, **क्रसिंग प्रतिबल** $(\sigma_c) = \frac{F}{l \times h/2}$

$$= \frac{2T}{d \times l \times h/2}$$

$$= \frac{4T}{d \times l \times h} \qquad \ldots(3)$$

आवश्यक (Important)—समीकरण (2) व (3) से प्राप्त कर्तन प्रतिबल (τ) एवं क्रसिंग प्रतिबल (σ_c) **का परिमाण** कुन्जी के पदार्थ के लिये क्रमशः अनुमेय कर्तन प्रतिबल (τ) एवं अनुमेय क्रसिंग प्रतिबल (σ_c) **के मान से अधिक नहीं होना** चाहिये।

AKC TECHNICAL CLASSES

4.3 कुंजी का अभिकल्पन (Design of Key)

कुन्जी के अभिकल्पन के लिये सर्वप्रथम नीचे दिये गये सूत्रों की सहायता से उसकी मापें लम्बाई (l), चौड़ाई (b) एवं मोटाई (h) ज्ञात की जाती हैं तथा इसके पश्चात् इन मापों को प्रयोग करके उपरोक्त सूत्र (2) व (3) की सहायता से दिये गये घुमाऊ घूर्ण के अन्तर्गत उत्पन्न प्रतिबलों को ज्ञात किया जाता है।

यदि शाफ्ट का व्यास $= d$ mm है।

तब $K = (d + 13)$ mm, $b = K/4$, $h = K/6$, तथा $l = 3/2\ K$

कुन्जी का अभिकल्पन करने के लिये अधिकतम घुमाऊ घूर्ण का मान निम्न समीकरण से ज्ञात किया जाता है—

$$T_{(\text{अधिकतम})} = T_{(\text{औसत})} + 20 \text{ से } 40\%\ T_{(\text{औसत})}$$

औसत घुमाऊ घूर्ण (T) में, 20 से 40% घुमाऊ घूर्ण, इसलिये जोड़ा जाता है क्योंकि शाफ्ट में कुंजी मार्ग बनाने में पदार्थ की क्षति होती है, जिसको इस प्रकार अधिक घुमाऊ घूर्ण लेकर, शाफ्ट का अधिक व्यास ज्ञात कर, पदार्थ की क्षतिपूर्ति कर ली जाती है।

4.4 शाफ्ट की सामर्थ्य पर कुँजी मार्ग काटे जाने का प्रभाव (Effect of Keyway on Shaft Strength)

कुँजी मार्ग काटे जाने से शाफ्ट की भार सहने की क्षमता घट जाती है। शाफ्ट के अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल कम हो जाने तथा कुँजी मार्ग के कोनों पर प्रतिबलों का सान्द्रण (Stress concentration) हो जाने के कारण ऐसा होता है। दूसरे शब्दों में शाफ्ट की मरोड़ सामर्थ्य (Torsional strength) कम हो जाती है। कुँजी मार्ग के इस कमजोर करने वाले प्रभाव को H.F. Moore के अनुभाविक सूत्र (Empirical formulae) द्वारा निम्न प्रकार ज्ञात किया जाता है—

$$\boldsymbol{e = 1 - 0.2(w/d) - 1.1(h/d)}$$

जहाँ $e =$ शाफ्ट का सामर्थ्य गुणाँक (Shaft strength factor)। यह गुणाँक शाफ्ट की सामर्थ्य कुँजी मार्ग के साथ तथा बिना कुँजी मार्ग के सामर्थ्य का अनुपात होता है।

$w =$ कुँजी मार्ग की चौड़ाई, $d =$ शाफ्ट का व्यास तथा

$$h = \textbf{कुँजी मार्ग की गहराई} = \frac{\textbf{कुँजी की मोटाई } (t)}{2}$$

सामान्यतया e का मान 0.75 माना जा सकता है। यदि गणना से प्राप्त e का मान भी उपलब्ध हो तो जो मान दोनों में अध्कि होगा वही मान्य होगा।

उदाहरण 4.1—80 mm व्यास की मृदु इस्पात (M.S.) की बनी शाफ्ट, जो 5 kN-m मरोड़ बलाघूर्ण वहन करती है, के लिए मृदु इस्पात से बनी आयताकार कुँजी की लम्बाई, चौड़ाई और मोटाई का मान निर्धारित कीजिए। दिया है, $\tau = 50\ N/mm^2$ और $\sigma_c = 120\ N/mm^2$। **[U.P. 2003]**

हल—हम जानते हैं कि—

कुँजी के डिज़ाइन के लिए, समानुपाती इकाई $K = d + 13$ mm

जहाँ $d =$ शाफ्ट का व्यास है।

$$\therefore \quad K = 80 + 13 = 93 \text{ mm}$$

$$\therefore \quad \text{कुँजी की लम्बाई } (l) = \frac{3}{2}(K) = 3/2 \times (93) = 139.5 = 140 \text{ mm (माना)}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$\because$ कुँजी की चौड़ाई $(b) = \frac{K}{4} = \frac{93}{4} = 23.25 = 24$ mm (माना)

एवं कुँजी की मोटाई $(h) = \frac{K}{6} = \frac{93}{6} = 15.5 = \mathbf{16\ mm}$ (माना)

इन विमाओं से हम कर्तन प्रतिबल (τ) तथा क्रसिंग प्रतिबल (σ_c) का परिमाण ज्ञात करेंगे, जो कुंजी के पदार्थ के लिए दिए गए अनुमेय प्रतिबल से कम होने चाहिए।

$$\text{कर्तन प्रतिबल } \tau = \frac{2T}{d \times l \times b}$$

$$= \frac{2 \times 5 \times 10^6}{80 \times 140 \times 24}$$

$$= \mathbf{37.2\ N/mm^2}$$

व
$$\text{क्रसिंग प्रतिबल } \sigma_c = \frac{4T}{d \times l \times h}$$

$$= \frac{4 \times 5 \times 10^6}{80 \times 140 \times 16}$$

$$= \mathbf{111.6\ N/mm^2}$$

अत: पदार्थ में उपजे कर्तन प्रतिबल तथा क्रसिंग प्रतिबल का मान, कुँजी के पदार्थ के लिए अनुमन्य मानों से कम है। अत: **कुँजी का डिज़ाइन सुरक्षित** है। **उत्तर**

उदाहरण 4.2—90 mm व्यास की शाफ्ट के लिए शंक कुँजी की लम्बाई व मोटाई ज्ञात कीजिये। चाबी के पदार्थ के लिए कर्तन प्रतिरोध शाफ्ट के पदार्थ के समान ले। चाबी की चौड़ाई 25 mm तथा $\tau = 0.4\sigma_c$ है।

हल—दिया है,

$$d = 90\text{ mm},\ b = 25\text{ mm},\ \tau = 0.4\sigma_c$$

हम जानते हैं कि—

कर्तन प्रतिबल
$$\tau = \frac{2T}{d \times l \times b}$$

तथा
$$\text{क्रसिंग प्रतिबल } \sigma_c = \frac{4T}{d \times l \times h}$$

परन्तु $\tau = 0.4\sigma_c$

$$\frac{2T}{d \times l \times b} = 0.4 \times \frac{4T}{d \times l \times h}$$

$$\therefore \quad h = 0.4 \times 2 \times b = 0.4 \times 2 \times 25 = 20\text{ mm}$$

सूत्र $\frac{T}{J} = \frac{\tau}{R}$ से,

$$\therefore \quad \text{शाफ्ट में कर्तन प्रतिबल } \tau = \frac{16T}{\pi d^3}$$

$\therefore$ परन्तु दिया है कि—

शाफ्ट में कर्तन प्रतिबल = चाबी में उत्पन्न कर्तन प्रतिबल

$$\therefore \quad \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{2T}{d \times l \times b}$$

$\frac{T}{J} = \frac{\tau}{R}$

$\tau = \frac{TR}{J}$

$= \frac{16 \times T}{\pi d^3}$

$\frac{2T}{d l \times b} = \frac{16 \times T}{\pi d^3}$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$\therefore \quad l = \frac{2T}{16T} \cdot \frac{\pi d^3}{d \times b} = \frac{\pi d^2}{8 \times b}$$

$$\therefore \quad l = \frac{\pi \times 90^2}{8 \times 25}$$

$$= \mathbf{127.17\ mm}$$ उत्तर

उदाहरण 4.3—एक पट्टा पुली को 20 rpm पर 70 kW शक्ति पारेषित कर रहा है। यह पुली एक कुँजी द्वारा 80 mm व्यास की शाफ्ट से जुड़ी है। कुँजी की लम्बाई, चौड़ाई तथा मोटाई क्रमशः 10 cm, 2 cm तथा 1.8 cm है। कुँजी में उपजे प्रतिबल ज्ञात कीजिए।

हल—हम जानते हैं कि—

$$P = \frac{NT}{9550} \text{ kW}$$

या

$$T = \frac{P \times 9550}{N} \text{ N·mm}$$

$$\therefore \quad T = \frac{70 \times 9550}{200}$$

$$= 3342.5 \text{ N.mm}$$

$$= 3342.5 \times 10^3 \text{ N.mm}$$

अब कुँजी में कर्तन प्रतिबल, $\tau = \dfrac{2T}{d \times l \times b}$

$$= \frac{2 \times 3342.5 \times 10^3}{80 \times 100 \times 20}$$

$$\therefore \quad \tau = \mathbf{41.78\ N/mm^2}$$ उत्तर

कुँजी में क्रसिंग प्रतिबल $\sigma_c = \dfrac{4T}{d \times l \times h}$

$$= \frac{4 \times 3342.5 \times 10^3}{80 \times 100 \times 18}$$

$$= \mathbf{92.84\ N/mm^2}$$ उत्तर

उदाहरण 4.4—एक 14 mm चौड़े × 10 mm मोटे × 75 mm लम्बे आयताकार संक कुँजी द्वारा 1200 Nm का बलआघूर्ण एक 50 mm व्यास के ठोस शाफ्ट द्वारा पारेषित करना है। यह ज्ञात कीजिए कि कुँजी की लम्बाई यथेष्ट है या नहीं? यदि अनुमेय अपरूपण प्रतिबल तथा क्रसिंग प्रतिबल क्रमशः 56 N/mm² या 168 N/mm² तक सीमित हो।

हल—दिया है—

कुँजी की चौड़ाई 'b' = 14 mm, मोटाई 'h' = 10 mm,

लम्बाई 'l' = 75 mm, मरोड़ घूर्ण $T = 12 \times 10^5$ N-mm,

शाफ्ट का व्यास 'd' = 50 mm, $\tau = 56$ N/mm², $\tau = 168$ N/mm².

हम जानते हैं, कि—

अपरूपण प्रतिबल $\tau = \dfrac{2T}{d \times l \times b}$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$\therefore \quad \tau = \frac{2 \times 12 \times 10^5}{50 \times 75 \times 14}$$

$$= \mathbf{45.71\ N/mm^2}$$ **उत्तर**

एवं क्रसिंग प्रतिबल $\sigma_c = \dfrac{4T}{d \times l \times h}$

$$= \frac{4 \times 12 \times 10^5}{50 \times 75 \times 10} = \mathbf{128\ N/mm^2}$$ **उत्तर**

क्योंकि कुंजी के पदार्थ में उत्पन्न हुए दोनों प्रकार के प्रतिबल अपने अनुमेय प्रतिबलों के मान से कम है। अतः प्रश्न में **दी गई कुँजी की लम्बाई सही है।** **उत्तर**

उदाहरण 4.5—एक 15 kW शक्ति तथा 960 rpm पर घूमने वाली मोटर की शाफ्ट की लम्बाई 75 mm तथा व्यास 40 mm है। कुँजी के लिए अनुमेय कर्तन तथा क्रसिंग प्रतिबलों के मान क्रमशः 56 N/mm² तथा 112 N/mm² हैं। मोटर शाफ्ट के लिए कुँजी मार्ग (Key way) का डिज़ाइन कीजिए। कुँजी की कर्तन सामर्थ्य की तुलना शाफ्ट की सामर्थ्य से कीजिए।

हल—दिया है,

$$P = 15\ \text{kW} = 15 \times 10^3\ \text{W},\ N = 960\ \text{rpm},\ d = 40\ \text{mm},$$

$l = 75$ mm, $\tau = 56\ \text{N/mm}^2$ तथा $\sigma_c = 112\ \text{N/mm}^2$, हम जानते हैं कि,

मोटर द्वारा पारेषित शक्ति $P = \dfrac{NT}{9550}$

$$\therefore \quad \text{मरोड़ घूर्ण } T = \frac{9550 \times 15 \times 10^3}{960}$$

$$= 149\ \text{N.mm} = 149 \times 10^3\ \text{N.mm}$$

माना $w =$ कुँजी अथवा कुँजीमार्ग की चौड़ाई

कुँजी के कर्तन पर विचार करने पर, हम जानते हैं कि—

$$T = w \cdot l \cdot \tau \cdot \frac{d}{2}$$

$$\therefore \quad 149 \times 10^3 = 75 \times w \times 56 \times \frac{40}{2} = 84 \times 10^3 w$$

$$\therefore \quad w = 1.8\ \text{mm}$$

कुँजी अथवा कुँजी मार्ग की यह चौड़ाई बहुत कम है। कुँजीमार्ग की न्यूनतम चौड़ाई, $d/4$ होनी चाहिए।

$$\therefore \quad w = \frac{d}{4} = \frac{40}{4} = \mathbf{10\ mm}$$ **उत्तर**

परन्तु प्रनानुसार $\sigma_c = 2\tau$ दिया है। अतः $w = 10$ mm (चौड़ाई) तथा $t = 10$ mm (मोटाई) की वर्गाकार कुँजी का चयन करते हैं।

H.F. Moore के अनुसार, शाफ्ट का सामर्थ्य गुणाँक

$$e = 1 - 0.2\,(w/d) - 1.1\,(h/d) \qquad (\because h = t/2)$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$e = 1 - 0.2\,(10/40) - 1.1\left(\frac{10}{2 \times 40}\right)$$

$$= 0{,}8125$$

$\therefore$ शाफ्ट की कुँजीमार्ग सहित सामर्थ्य $= \frac{\pi}{16} \cdot \tau \cdot d^3 \cdot e$

$$= \frac{\pi}{16} \times 56 \times 40^3 \times 0.8125$$

$$= 571844 \text{ N}$$

कुँजी की कर्तन सामर्थ्य $= l \times w \times \tau \times d/2$

$$= 75 \times 10 \times 56 \times \frac{40}{2}$$

$$= 840000 \text{ N}$$

$\therefore$ $\dfrac{\textbf{कुँजी की कर्तन सामर्थ्य}}{\textbf{शाफ्ट की सामर्थ्य}} = \dfrac{\mathbf{840000}}{\mathbf{571844}} = \mathbf{1.47}$ **उत्तर**

4.5 मानक समानान्तर टेपरित तथा जिब हैड कुँजियों के विभिन्न अनुपात (Proportions of Standard Parallel, Tapered and Gib Head Keys)

IS : 2292 तथा 2293-1974 (पुन: पुष्टि—1992) के अनुसार मानक समान्तर, टेपरित तथा जिब हैड कुँजियों के विभिन्न अनुपात तालिका 4.1 में प्रदर्शित है।

तालिका 4.1–मानक समानान्तर, टेपरित तथा जिब हैड कुँजियों के विभिन्न अनुपात

Shaft diameter (mm) upto and including	Key cross-section		Shaft diameter (mm) upto and including	Key cross-section	
	Width (mm)	Thickness (mm)		Width (mm)	Thickness (mm)
6	2	2	85	25	14
8	3	3	95	28	16
10	4	4	110	32	18
12	5	5	130	36	20
17	6	6	150	40	22
22	8	7	170	45	25
30	10	8	200	50	28
38	12	8	230	56	32
44	14	9	260	63	32
50	16	10	290	70	36
58	18	11	330	80	40
65	20	12	380	90	45
75	22	14	440	100	50

AKC TECHNICAL CLASSES

प्रश्नावली (Exercise)

1. कुंजी को परिभाषित कीजिए। ये किन-किन पदार्थों की बनाई जाती है?
2. सँक तथा सैड़ल कुँजी में क्या अन्तर है? स्पष्ट कीजिए।
3. कुँजी का क्या कार्य है? विभिन्न प्रकार की प्रमुख कुँजियों के नाम लिखिये।
4. कुँजी तथा कॉटर में अन्तर बताइये। इनमें से प्रत्येक के दो अनुप्रयोग लिखिये। **(U.P. 2001)**
5. एक कुँजी के असफल होने की सम्भावनाओं को समझाइये।
6. चाबियों के डिज़ाइन की विधि का वर्णन कीजिये। **(U.P. 1997, 2000)**
7. कुँजी मार्ग (Key way) काटने से शाफ्ट की सामर्थ्य पर क्या प्रभाव पड़ता है?
8. एक शाफ्ट व कुँजी एक ही पदार्थ के बनाये जाते हैं। कुँजी की चौड़ाई शाफ्ट व्यास का 1/4 है। शाफ्टव्यास के पदों में कुंजी की आवश्यक लम्बाई ज्ञात कीजिए।

   [**उत्तर**—1.5 d]
9. एक आयताकार सँक कुँजी 16 mm चौड़ी, 12 mm मोटी तथा 80 mm लम्बी है एवं 1500 Nm बल-आघूर्ण, 60 mm व्यास की शाफ्ट से पारेषित करना है। चाबी में कर्तन एवं क्रसिंग प्रतिबलों की गणना कीजिए।

   [**उत्तर**—$\tau = 39.06 \text{ N/mm}^2$ तथा $\sigma_c = 104.167 \text{ N/mm}^2$]
10. एक पुली 200 rpm पर चलते हुए पट्टे द्वारा 45 kW शक्ति पारेषित करती है। यह पुली 100 mm व्यास की शाफ्ट पर कुँजी द्वारा जुड़ी है। कुँजी कल लम्बाई, चौड़ाई तथा मोटाई क्रमश: 80 mm, 20 mm तथा 20 mm है। कुँजी में उत्पन्न प्रतिबलों के मान 42 N/mm^2 उत्पन्न होता है।

    [**उत्तर**—$\tau = 26.86 \text{ N/mm}^2$ तथा $\sigma_c = 53.74 \text{ N/mm}^2$]
11. एक शक्ति संचारण करने वाली शाफ्ट का व्यास 8 mm है। शक्ति संचारण करते समय इसमें अधिकतम 63 N/mm^2 का कर्तन प्रतिबल उत्पन्न होता है। कुँजी की लम्बाई ज्ञात करो यदि इसकी चौड़ाई 20 mm हो तथा उसमें अधिकतम कर्तन प्रतिबल का मान 42 N/mm^2 उत्पन्न होता है।

    [**उत्तर**—188.4 mm]
12. एक 30 mm व्यास की शाफ्ट 80 N/mm^2 के कर्तन प्रतिबल पर शक्ति का संचारण कर रही है। यदि पुली को शाफ्ट पर एक कुँजी के द्वारा बद्ध किया गया हो, तो कुँजी की विमायें ज्ञात कीजिये जबकि कुँजी पदार्थ में अधिकतम कर्तन प्रतिबल का मान 50 N/mm^2 एवं क्रसिंग प्रतिबल 125 N/mm^2 हो। कुँजी की लम्बाई, उसकी चौड़ाई का चार गुना हो।

    [**उत्तर**—$l = 48$ mm, $b = 12$ mm, $t = 10$ mm]
13. 60 mm व्यास की शाफ्ट के लिए एक आयताकार कुँजी का अभिकल्पन कीजिए। कुँजी के पदार्थ अनुमेय कर्तन एवं क्रसिंग प्रतिबल क्रमश: 42 N/mm^2 एवं 70 N/mm^2 हैं।

    [**उत्तर**—$l = 110$ mm, $b = 19$ mm, $t = 16$ mm]

AKC TECHNICAL CLASSES

14. 14 mm चौड़ी, 10 mm मोटी तथा 80 mm लम्बी एक कुंजी को 50 mm व्यास की एक शाफ्ट पर लगाकर पुली से जोड़ा गया है। यदि कुँजी के पदार्थ के लिए कर्तन तथा क्रसिंग में अनुमेय प्रतिबल क्रमशः 56 तथा 155 N/mm^2 हों तो ज्ञात कीजिये कि इस प्रबन्ध को अधिकतम 100 rpm पर कितनी शक्ति पारेषित करने के लिए प्रयोग किया जा सकता है?

[उत्तर—शक्ति $P = 16.23$ kW]

15. एक पट्टा घिरनी, जो 200 rpm पर चलती है, 7.46 kW पारेषित करती है। घिरनी पर 75 mm व्यास के शाफ्ट के साथ एक आयताकार चाबी, जिसकी विमाएँ 22 mm × 19 mm × 100 mm हैं, से बद्ध है। शाफ्ट और चाभी में प्रेरित प्रतिबल का मान ज्ञात कीजिये। **(U.P. 2005)**

[उत्तर—शाफ्ट में $\tau_{max} = 43\ N/mm^2$, चाबी में $\tau = 43\ N/mm^2, \sigma_b = 100\ N/mm^2$]

■

AKC TECHNICAL CLASSES

अध्याय 5

जोड़ों का डिज़ाइन
(Design of Joints)

Inside this Chapter

Types of joints : Temporary and permanent joints, utility of various joints, Temporary joint : Knuckle joints-Different parts of the joint, material used for the joint, type of knuckle joint, design of the knuckle joint. (Figures and problems), Cotter joint-Different parts of the spigot and socket joints, Design of spigot and socket joint, Permanent joint : Welded joint-Welding symbols, Types of welded, joint, strength of parallel and transverse fillet welds, Stength of combined parallel and transverse weld, Riveted joints : Rivet materials, Rivet heads, leak proofing of riveted joint caulking and fullering, Different modes of rivet joint failure, Design of riveted joint-Lap and butt, single and multi riveted joint.

AKC TECHNICAL CLASSES

परिचय (Introduction)

जोड़ (Joint)—**किसी मशीन अथवा ढाँचे के दो भागों को एक साथ पकड़ने के लिए जो युक्ति प्रयोग की जाती है उसे जोड़ (Joint) या बन्धक (fastening) कहते हैं।**

"The device used to join two parts of a machine or a structure together is known as fastening."

जोड़ों के प्रकार (Types of Joints)—जोड़ मुख्य रूप से दो प्रकार के होते हैं—

(a) अस्थाई जोड़ (Temporary Joints)—इस प्रकार के जोड़ों में जोड़े जाने वाले अंगों को अस्थाई रूप से जोड़ा जाता है तथा आवश्यकतानुसार आसानी से अलग भी किया जा सकता है।

"The temporary or detachable fastening are those fastening which can be disassembled without destroying the connecting components. The examples of temporary fastenings are screwed, keys, cotters, pins and splined joints."

इस प्रक्रिया में बंधक का कोई भाग टूटता नहीं है और न ही कोई भाग तोड़ा जाता है। इस प्रकार के जोड़, नट तथा बोल्ट, स्टड़ तथा नट, कुँजियाँ (keys) तथा कॉटर पिन आदि द्वारा बनाये जाते हैं।

(b) स्थाई जोड़ (Permanent joints)—**इस प्रकार के जोड़ों में स्थायी प्रकार का जोड़ बनता है तथा उन्हें सरलता से अलग नहीं किया जा सकता है।**

"The permanent fastenings are those fastening which can not be disassembling without destroying the connecting components. The example of permanent fastening in order of strength are soldered, brazed, welded and rivetd joints."

इस प्रकार के जोड़ रिवेटन, वेल्ड़न, सोल्डरिंग, ब्रेजन तथा बाधा आसँग (Interference fit) आदि द्वारा बनाये जाते हैं। इस प्रकार के जोड़ों को बिना तोड़े या नुकसान पहुँचाये अलग नहीं किया जा सकता है।

जोड़ों की उपयोगिता (Ultility of Joints)—प्रत्येक मशीन सैकड़ों, हजारों अंगों से मिलकर बनती है। उदाहरणतया एक इंजन सहित आटोमोबाइल में लगभग 16 हजार पुर्जे होते हैं। मशीन से किसी कार्य को सम्पादित कराने के लिए इन सभी

पुर्जों को सरकने (slide) वाले या बद्ध जोड़ों द्वारा जोड़ा जाता है। सरकने वाले जोड़ कड़ियों द्वारा बनाये जाते हैं जैसे कनेक्टिंग रॉड तथा क्रैंक पिन, शाफ्ट तथा शाफ्ट बियरिंग आदि। बद्ध जोड़ बन्धकों (fasteners) द्वारा बनाये जाते हैं जैसे बॉयलर के जोड़ या एक कवर तथा बियरिंग हाऊसिंग आदि।

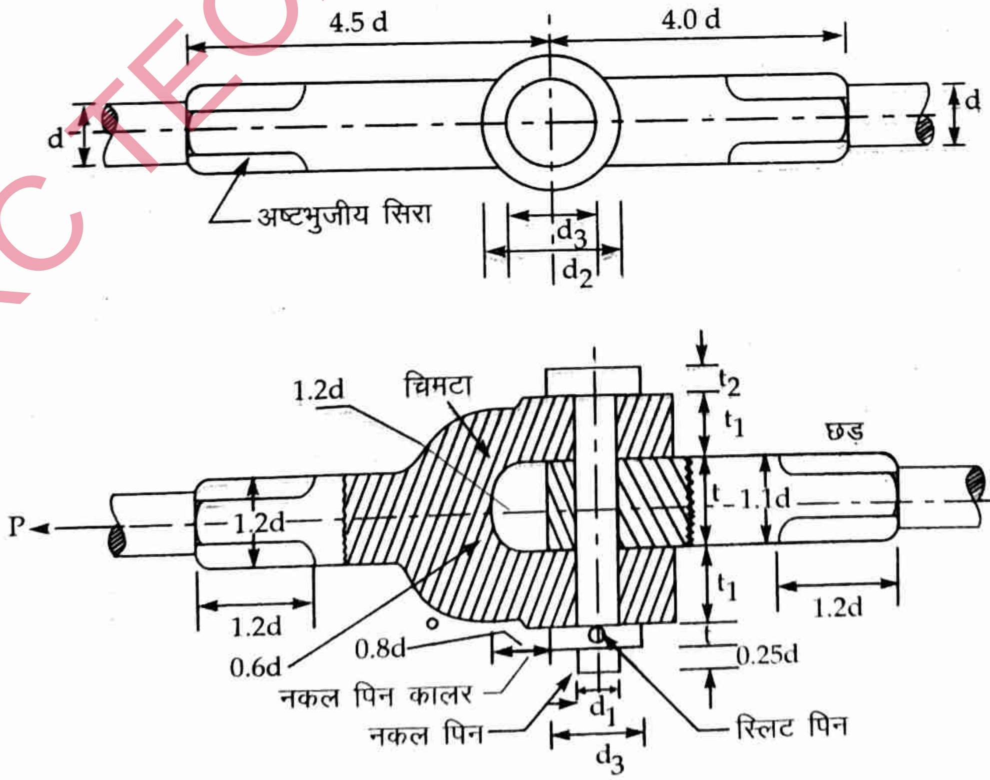
सरकने वाले जोड़ों से मशीन अंगों की शुद्ध गति निर्धारित होती है जबकि बद्ध जोड़ों से मशीन की विभिन्न इकाईयों (Units), इकाई के विभिन्न अंगों को इस प्रकार जोड़ा जाता है कि मशीन का निर्माण, उसका परिवहन तथा उनका अनुरक्षण आदि सम्भव हो सके। इंजीनियरी कार्यों में बहुधा बद्ध जोड़ों को ही जोड़ (joints) कहा जाता है।

5.1.(A) अस्थाई जोड़ (Temporary Joints)

5.1.1 नकल जोड़ (Knuckle Joints)

इस जोड़ का प्रयोग ऐसी दो छड़ों को अस्थायी रूप में जोड़ने के लिए किया जाता है जो एक ही अक्ष पर जोड़ी जानी हो तथा जिनके द्वारा तनाव बल पारेषित किया जाना हो। इस जोड़ के साथ गाइड़ों (guides) का प्रयोग कर सम्पीडन बल भी पारेषित किया जा सकता है। इस जोड़ का लाभ यह है कि इस जोड़ को समायोजित या मरम्मत करने के लिए शीघ्रता से खोला तथा पुनः बनाया जा सकता है। इस जोड़ के प्रयोग से दोनों छड़ों का कुछ सीमा तक कोणीय विस्थापन सम्भव है।

चित्र 5.1 में एक नकल जोड़ प्रदर्शित किया गया है। इसको बनाने के लिए, जोड़ के दाँये सिरे पर दर्शायी गई छड़ के एक सिरे को स्थूलन (upsetting) तथा मशीनन करके एक आँख (eye) बनायी जाती है। दूसरी छड़ के सिरे पर इसी प्रकार चिमटे की आकृति बनाई जाती है। चिमटे के दोनों भागों में मशीनन द्वारा आँख बनाई जाती है। चिमटे के मध्य दूसरी छड़ का आँख वाला भाग रखकर नकल पिन लगा दी जाती है। नकल पिन के नीचे कॉलर लगाकर स्पिलिट पिन (split pin) लगा दी जाती है। इस जोड़ का पदार्थ मृदु इस्पात (mild steel) या पिटवाँ लोहा (wrought iron) होता है।



चित्र 5.1 नकल जोड़

AKC TECHNICAL CLASSES

इसका प्रयोग बाईसिकल की चैन की कड़ियों, छत की ट्रसों के तनाव सदस्यों को जोड़ने में, पुलों के तनाव लिंक (link) में, पम्प की छड़ के जोड़ में, लीवर एवं छड़ के विभिन्न जोड़ बनाने में किया जाता है।

5.1.1. (a) नकल जोड़ का अभिकल्पन (Design of Knuckle Joint)

चित्र 5.1 का अवलोकन कीजिये। यह जोड़ साधारणतया तनाव बल के अन्तर्गत निम्न प्रकार से असफल होता है—

नकल जोड़ के विभिन्न भागों की विमायें निम्न प्रकार हैं—

नकल जोड़ की सभी विमायें अनुभविक सूत्रों (Empirical formulae) के द्वारा निश्चित की जाती है। यहाँ यह भी ध्यान रखना होगा कि सभी अवयव एक ही पदार्थ मृदु इस्पात या पिटवाँ लोहे के बने होने चाहियें।

यदि $d =$ छड़ों का व्यास है। तब—

नकल पिन का व्यास $(d_1) = d$

छेद (eye) का बाह्य व्यास $(d_2) = 2d$

नकल पिन के हैड व कॉलर का व्यास $(d_3) = 1.5d$

छड़ के छेद (eye) वाले भाग की मोटाई $(t) = 1.25d$

चिमटे (fork) के छेद वाले भाग की मोटाई $(t_1) = 0.75d$

पिन हैड की मोटाई $(t_2) = 0.5d$

शेष अन्य विमाओं को चित्र पर प्रदर्शित किया गया है।

5.1.1 (b) नकल जोड़ का तनाव में असफल होना

नकल जोड़ को चित्र 5.1 में प्रदर्शित किया गया है।

यदि $P =$ जोड़ पर लगा तनाव बल।

$d =$ प्रत्येक छड़ का व्यास।

$d_1 =$ नकल पिन का व्यास।

$d_2 =$ छेद का बाह्य व्यास।

$t =$ छड़ के छेद वाले भाग की मोटाई।

$t_1 =$ चिमटे के छेद वाले भाग की मोटाई।

σ_b, τ एवं σ_c क्रमशः अनुमेय तनाव, कर्तन तथा क्रसिंग प्रतिबल हैं। जोड़ की सामर्थ्य को विभिन्न कारणों से असफल होने की सम्भावनाओं को ध्यान में रखकर ज्ञात किया जाता है। जोड़ की सामर्थ्य को ज्ञात करने में निम्न प्रकार मान्यतायें मानी गई हैं—

1. जोड़ के किसी भाग पर प्रतिबलों का संकेन्द्रन (concentration) नहीं होता है।
2. जोड़ के प्रत्येक भाग पर तनाव भार समान रूप से लगा है।

AKC TECHNICAL CLASSES

(i) छड़ का तनाव में असफल होना—

छड़ का तनाव सहने वाला क्षेत्रफल $= \frac{\pi}{4} d^2$

$\therefore$ छड़ की तनाव सामर्थ्य $(P) = \frac{\pi}{4} d^2 \times \sigma_t$ ...(1)

समीकरण (1) की सहायता से छड़ का व्यास (d) ज्ञात किया जा सकता है।

(ii) छड़ का छेद वाले भाग पर तनाव में असफल होना—

छड़ का छेद वाले भाग का तनाव सहने वाले भाग का क्षेत्रफल $= (d_2 - d_1) \times t$

$\therefore$ छड़ के छेद वाले भाग की तनाव में सामर्थ्य $P = (d_2 - d_1) \times t \times \sigma_t$ ...(2)

(iii) चिमटेदार सिरे का छेद वाले भाग पर तनाव में असफल होना—

चिमटेदार सिरों का छेद वाले भाग का क्षेत्रफल $= (d_2 - d_1) \times 2t_1$

$\therefore$ चिमटेदार सिरों की छेद पर तनाव में सामर्थ्य $P = (d_2 - d_1) \times 2t_1 \times \sigma_t$ ...(3)

(iv) नकल पिन का कर्तन में असफल होना—नकल पिन दोहरे कर्तन में होगी।

नकल पिन का कर्तन सहने वाला क्षेत्रफल $= \frac{\pi}{4} d_1^2 \times 2$

$\therefore$ नकल पिन का कर्तन में सामर्थ्य $P = \frac{\pi}{4} d_1^2 \times 2 \times \tau$ ...(4)

समीकरण (4) की सहायता से नकल पिन का व्यास (d_1) ज्ञात किया जा सकता है।

(v) छड़ के छेद वाले बाँये सिरे का कर्तन में असफल होना—इस भाग का दोहरा कर्तन होगा। अत: छड़ के छेद वाले बाँये सिरे का कर्तन सहने वाला क्षेत्रफल,

$$= \left[\frac{(d_2 - d_1)}{2} \times t\right] \times 2$$

$\therefore$ छड़ के छेद वाले बाँये सिरे का कर्तन सामर्थ्य, $P = \left[\frac{(d_2 - d_1)}{2} \times t\right] \times 2 \times \tau$ ...(5)

(vi) चिमटेदार सिरों पर बने छेद के दाँये सिरे का कर्तन में असफल होना—इस भाग में भी दोहरा कर्तन होगा। अत: चिमटेदार सिरों का छेद के दाँये ओर का कर्तन सहने वाला क्षेत्रफल,

$$= \frac{(d_2 - d_1)}{2} \times 2t_1 \times 2$$

$\therefore$ चिमटेदार सिरों पर बने छेद के दाँये ओर के भाग की कर्तन सामर्थ्य,

$$P = (d_2 - d_1) \times 2t_1 \times \tau \quad ...(6)$$

(vii) पिन या छड़ के छेद वाले भाग का बियरिंग में असफल होना—

पिन या छड़ के छेद का बियरिंग सहने वाला क्षेत्रफल $= d_1 \times t$

AKC TECHNICAL CLASSES

$\therefore$ बियरिंग या क्रसिंग सामर्थ्य, $P = d_1 \times t \times \sigma_c$ ...(7)

(viii) चिमटेदार सिरों के छेद वाले भाग या पिन का बियरिंग में असफल होना—

पिन या चिमटेदार भाग में बने छिद्रों का बियरिंग सहने वाला क्षेत्रफल $= d_1 \times 2t_1$

$\therefore$ बियरिंग या क्रसिंग सामर्थ्य, $P = d_1 \times 2t_1 \times \sigma_c$ ...(8)

आवश्यक (Important)—नकल जोड़ के अभिकल्पन के लिए सर्वप्रथम दिये गये तनाव भार के अन्तर्गत छड़ों का व्यास (d) ज्ञात किया जाता है। प्राप्त छड़ व्यास (d) से जोड़ के विभिन्न अवयवों व भागों की विमायें मानक अनुपात (standard proportions) को उपयोग कर ज्ञात की जाती है। इसके पश्चात् जोड़ की विभिन्न प्रकार की असफलताओं की सम्भावनाओं के सूत्रों को प्रयोग करके तनाव प्रतिबल (σ_t), कर्तन प्रतिबल (τ) एवं क्रसिंग प्रतिबल (σ_c) का मान ज्ञात किया जाता है, जो विभिन्न प्रतिबलों के अनुमेय मान से कम या बराबर होना चाहिये।

उदाहरण 5.1—दो वृत्ताकार इस्पात की छड़ें एक नकल जोड़ से सम्बद्ध हैं और 120 kN का भार पारेषित करती हैं। छड़ों का व्यास तथा पिन की विमायें ज्ञात कीजिये। इस्पात की चरम तनन सामर्थ्य 420 N/mm^2 तथा चरम कर्तन सामर्थ्य 250 N/mm^2 मानिये। सुरक्षा गुणाँक = 4 मानिये।

हल—चित्र 5.1 का अवलोकन कीजिये। दिया है—

(i) पारेषित बल $(P) = 120 \times 10^3$ N

(ii) चरम तनन सामर्थ्य $(\sigma_t) = 420$ N/mm^2

(iii) चरम कर्तन सामर्थ्य $(\tau) = 250$ N/mm^2

(iv) सुरक्षा गुणांक = 4

(v) छड़ का व्यास $(d) = ?$

(vi) पिन का व्यास $(d_1) = ?$

$$\text{अनुमेय तनन सामर्थ्य } (\sigma_t) = \frac{420}{4} = 105 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{अनुमेय कर्तन सामर्थ्य } (\sigma_c) = \frac{250}{4} = 62.5 \text{ N/mm}^2$$

(i) छड़ का व्यास (d)—छड़ तनाव में असफल होगी। अत:

$$P = \frac{\pi}{4} d^2 \times \sigma_t$$

$$120 \times 10^3 = \frac{\pi}{4} d^2 \times 105$$

$$d = \sqrt{\left(\frac{120 \times 10^3 \times 4}{105 \times 3.14}\right)}$$

$= \mathbf{38.15}$ **mm या 38.2 mm** **उत्तर**

AKC TECHNICAL CLASSES

(ii) नकल पिन का व्यास (d_1)—नकल पिन कर्तन में असफल होगी। यहाँ दोहरा कर्तन होगा। अत:

$$P = \frac{\pi}{4} d_1^2 \times 2 \times \tau$$

$$120 \times 10^3 = \frac{3.14}{4} \times d_1^2 \times 2 \times 62.5$$

$$d_1 = \sqrt{\left(\frac{120 \times 10^3 \times 4}{3.14 \times 2 \times 62.5}\right)}$$

$$= \sqrt{(1222.9)}$$

$$= \mathbf{34.97\ mm\ \text{या}\ 35\ mm}$$ उत्तर

(ii) नकल पिन के सिर (head) का व्यास (d_3) = 1.5 d

$$= 1.5 \times 38.2$$

$$= 57.3 \text{ mm}$$ उत्तर

(iv) नकल पिन के सिर (head) की मोटाई (t_2) = 0.5 d

$$= 0.5 \times 38.2$$

$$= 19.1 \text{ mm}$$ उत्तर

उदाहरण 5.2—70 kN के एक अधिकतम खिचाँव बल को सहारने हेतु वृताकार काट की तान छड़ों के लिए एक नकल जोड़ का डिज़ाइन कीजिए। फटन (tearing) के विरुद्ध छड़ के पदार्थ की चरम सामर्थ्य 420 MPa है। नकल पिन के पदार्थ की चरम तनन तथा कर्तन सामर्थ्य क्रमश: 510 MPa तथा 396 MPa है। तान छड़ की काट तथा पिन की काट ज्ञात कीजिए। सुरक्षा गुणाँक = 6 मानिए।

हल—दिया है,

(i) पारेषित किया जाने वाले तनन बल (P) = 70 kN = 70×10^3 N

(ii) चरम तनाव प्रतिबल (छड़ के लिए) (σ_{t_U}) = 420 MPa = 420 N/mm^2

(iii) चरम तनाव प्रतिबल (पिन के लिए) ($\sigma_{t_{U_1}}$) = 510 MPa = 510 N/mm^2

(iv) चरम कर्तन प्रतिबल (पिन के लिए) (τ_{U_1}) = 396 MPa = 396 N/mm^2

(v) सुरक्षा गुणाँक (F.O.S.) = 6

हम जानते है कि, छड़ के पदार्थ के लिए अनुमेय तनाव प्रतिबल

$$\sigma_t = \frac{\sigma_{t_U} \text{ छड़ के लिए}}{\text{सुरक्षा गुणाँक}} = \frac{420}{6} = 70 \text{ N/mm}^2$$

अब, पिन के पदार्थ के लिए अनुमेय कर्तन प्रतिबल

AKG TECHNICAL CLASSES

$$\tau = \frac{\tau_{U_1}}{F.O.S.} = \frac{396}{6} = 66 \text{ N/mm}^2$$

अब जोड़ की असफलता की विभिन्न विधियों पर विचार करते हैं।

1. छड़ का तनाव में असफल होना—माना, d = छड़ का व्यास

अब
$$\text{भार } (P) = \frac{\pi}{4} d^2 \times \sigma_t$$

$$70{,}000 = 0.785 \times d^2 \times 70$$

$\therefore$
$$d^2 = \frac{70{,}000}{55} = 1253$$

$\therefore$
$$\mathbf{d = 36 \text{ mm}}$$ उत्तर

जोड़ की अन्य विमाएँ निम्न प्रकार ज्ञात की जा सकती है—

नकल पिन का व्यास $d_1 = d = \mathbf{36 \text{ mm}}$

आँख सिरे का बाह्य व्यास $d_2 = 2d = 2 \times 36 = \mathbf{72 \text{ mm}}$

नकल पिन के सिर (Head) तथा कॉलर (Collar) का व्यास

$$d_3 = 1.5\, d = 1.5 \times 36 = \mathbf{54 \text{ mm}}$$

आँख सिरे पर मोटाई $t = 1.25\, d$

$$= 1.25 \times 36 = \mathbf{45 \text{ mm}}$$

चिमटे वाले भाग की मोटाई $t_1 = 0.75d = 0.75 \times 36 = \mathbf{27 \text{ mm}}$

जोड़ में उत्पन्न प्रतिबलों की जाँच निम्न प्रकार करते हैं—

2. कर्तन में नकल पिन की असफलता—क्योंकि पिन दोहरे (double) कर्तन में है

अतः
$$\text{भार } (P) = 2 \times \frac{\pi}{4} (d_1^2) . \tau$$

$\therefore$
$$70{,}000 = 2 \times \frac{\pi}{4} (36)^2 . \tau = 2036 . \tau$$

$\therefore$
$$\tau = \frac{70000}{2036} = \mathbf{34.4 \text{ N/mm}^2}$$

3. तनाव में एकल आँख या छड़ सिरे की असफलता—भार के कारण एकल आँख या छड़ सिरे की असफलता तनाव में होने के कारण होगी। इस प्रकार,

$$P = (d_2 - d_1) . t \times \sigma_t$$

$\therefore$
$$70{,}000 = (72 - 36) \times 45 \times \sigma_t = 1620 \sigma_t$$

$\therefore$
$$\sigma_t = \frac{70{,}000}{1620} = \mathbf{43.2 \text{ N/mm}^2}$$

4. तनाव में चिमटे वाले सिरे का असफल होना—भार के कारण चिमटे वाला सिरा तनाव में असफल होगा। अतः

$$P = (d_2 - d_1) . 2t_1 \times \sigma_t$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$\therefore \quad 70{,}000 = (72-36)\times 2\times 27\times \sigma_t = 1944\,\sigma_t$$

$$\therefore \quad \sigma_t = \frac{70{,}000}{1944} = 36 \text{ N/mm}^2$$

क्योंकि उत्पन्न सभी प्रतिबल, दिये गये अनुमेय मानो से काफी कम है अत: **जोड़ सुरक्षित है।** उत्तर

उदाहरण 5.3—100 kN तनाव बल को पारेषित करने के लिए एक नकल जोड़ का अभिकल्पन कीजिये। नकल पिन एवं जोड़ी जाने वाली दोनों छड़ों का पदार्थ मृदु इस्पात (M.S.) है, जिसके लिये अनुमेय तनाव प्रतिबल $(\sigma_t) = 80\text{N / mm}^2$, कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 65 \text{ N/mm}^2$ तथा क्रसिंग प्रतिबल $(\sigma_c) = 160 \text{ N/mm}^2$ है।

हल—चित्र 5.1 का अवलोकन कीजिये। दिया है—

(i) पारेषित किया जाने वाला तनाव बल $(P) = 100 \text{ kN}$

(ii) अनुमेय तनाव प्रतिबल $(\sigma_t) = 80 \text{ N/mm}^2$

(iii) अनुमेय कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 65 \text{ N/mm}^2$

(iv) अनुमेय क्रसिंग प्रतिबल $(\sigma_c) = 160 \text{ N/mm}^2$

उपरोक्त तनाव भार के अन्तर्गत जोड़ के असफल होने की निम्न सम्भावनायें हैं—

1. छड़ का तनाव में असफल होना—यदि d = छड़ का व्यास है। तब

$$P = \frac{\pi}{4} d^2 \times \sigma_t$$

$$d = \sqrt{\left(\frac{100\times 10^3}{0.785\times 80}\right)}$$

$$= \mathbf{39.9 \text{ या } 40 \text{ mm}}$$

अब जोड़ की विभिन्न विमायें मानक अनुपातों (Standard proportions) से निम्न प्रकार ज्ञात करेंगे—

(i) नकल पिन का व्यास $(d_1) = d = \mathbf{40 \text{ mm}}$

(ii) सॉकेट या छड़ में छेद का बाह्य व्यास $(d_2) = 2d = 2\times 40 = \mathbf{80 \text{ mm}}$

(iii) नकल पिन के सिर (Head) एवं कॉलर (Collar) का व्यास

$$d_3 = 1.5\, d = 1.5\times 40 = \mathbf{60 \text{ mm}}$$

(iv) छड़ के छेद वाले भाग की मोटाई $(t) = 1.25\, d = 1.25\times 40 = \mathbf{50 \text{ mm}}$

(v) चिमटे के भाग की मोटाई $(t_1) = 0.75\times d = 0.75\times 40 = \mathbf{30 \text{ mm}}$

(vi) पिन के सिर (Head) की मोटाई $(t_2) = 0.5\, d = 0.5\times 40 = \mathbf{20 \text{ mm}}$

इसके पश्चात् जोड़ की उपरोक्त विभिन्न विमाओं को लेकर, जोड़ के असफल होने की सम्भावित दशाओं में उत्पन्न विभिन्न प्रतिबलों का मान ज्ञात करेंगे।

2. नकल पिन का कर्तन में असफल होना—नकल पिन दोहरे कर्तन में होगा। अत:

AKC TECHNICAL CLASSES

$$P = 2 \times \frac{\pi}{4} d_1^2 \times \tau$$

$$100 \times 10^3 = 2 \times \frac{\pi}{4} (40)^2 \times \tau$$

$$\tau = \frac{100 \times 10^3 \times 4}{2 \times 3.14 \times 1600} = \mathbf{39.8\ N/mm^2}$$

3. छड़ के सिरे का छेद के आड़े तनाव में असफल होना—

$$P = (d_2 - d_1)\, t\sigma_t$$

$$100 \times 10^3 = (80 - 40) \times 50 \times \sigma_t$$

$$\therefore \quad \sigma_t = \frac{100000}{40 \times 50} = \mathbf{50 N / mm^2}$$

4. छड़ के छेद के बाँये सिरे का कर्तन में असफल होना—यह भाग दोहरे कर्तन में होगा। अत:

$$P = \left[\frac{(d_2 - d_1)}{2} \times t\right] \times 2 \times \tau$$

$$100 \times 10^3 = \frac{(80 - 40)}{2} \times 50 \times 2 \times \tau$$

$$\therefore \quad \tau = \frac{100 \times 10^3 \times 2}{40 \times 50 \times 2} = \mathbf{50\ N/mm^2}$$

5. पिन या छड़ के छेद वाले भाग का क्रसिंग या बियरिंग में असफल होना—

$$P = d_1 \times t \times \sigma_c$$

$$100 \times 10^3 = 40 \times 50 \times \sigma_c$$

$$\therefore \quad \sigma_c = \frac{100000}{2000} = \mathbf{50\ \ N/mm^2}$$

6. चिमटेदार सिरे का छेद वाले भाग पर तनाव में असफल होना—

$$P = (d_2 - d_1) \times 2t_1 \times \sigma_t$$

$$100 \times 10^3 = (80 - 40) \times 2 \times 30 \times \sigma_c$$

$$\therefore \quad \sigma_t = \frac{100000}{40 \times 2 \times 30} = \mathbf{41.667\ N/mm^2}$$

7. चिमटेदार सिरों पर छेद के दाँये सिरे का कर्तन में असफल होना—इस भाग में भी दोहरा कर्तन होगा। अत:

$$P = \left[\frac{(d_2 - d_1)}{2} \times 2t_1\right] \times 2 \times \tau$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$100 \times 10^3 = [(d_2 - d_1) \times t_1] \times 2 \times \tau$$

$$100 \times 10^3 = (80 - 40) \times 30 \times 2 \times \tau$$

$$\therefore \quad \tau = \frac{100000}{40 \times 30 \times 2} = \mathbf{41.667\ N/mm^2}$$

8. चिमटेदार सिरों के छेद वाले भाग या पिन का क्रसिंग या बियरिंग में असफल होना—

$$P = d_1 \times 2t_1 \times \sigma_c$$

$$100 \times 10^3 = 40 \times 2 \times 30 \times \sigma_c$$

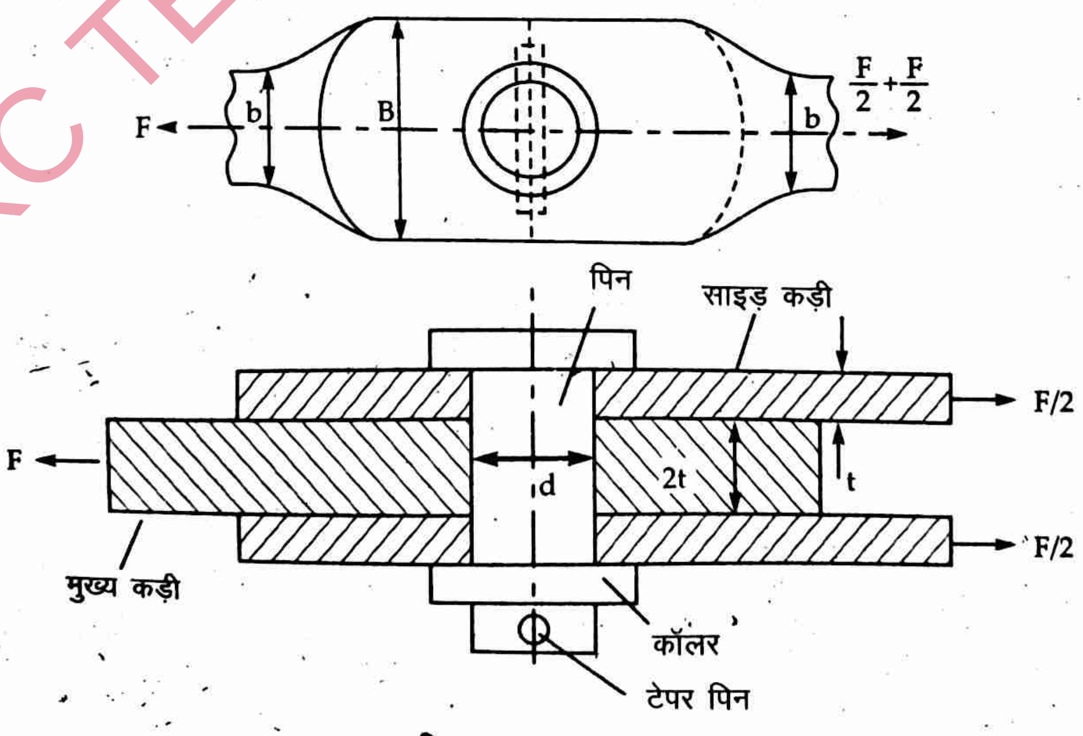
$$\therefore \quad \sigma_c = \frac{10000}{2400} = \mathbf{41.66\ N/mm^2}$$

इस प्रकार हम देखते हैं कि, जोड़ की सभी सम्भावित असफल होने की दशाओं में उत्पन्न प्रतिबलों का मान दिये गये अनुमेय प्रतिबलों के परिमाण से कम आता है। अत: **जोड़ अभिकल्पन की दृष्टि से सुरक्षित है।** उत्तर

5.1.(B) लटकन कड़ी जोड़ (Suspension Link Joint)

लटकन पुलों की कड़ियों के सिरे प्राय: चौड़े (enlarged) होते हैं। चित्र 5.2 में प्रदर्शित व्यवस्था के अनुसार, कड़ी के सिरों पर पिन के लिए छिद्र का निर्माण करने से जो सिरे कमजोर हो जाते हैं उन्हें पर्याप्त मजबूत बनाने के लिए छिद्र के स्थान पर कड़ी की चौड़ाई कम से कम पिन के व्यास जितनी अतिरिक्त बनाई जाती है। इससे चौड़े सिरे पर कुल अनुप्रस्थ काट, कड़ी की काट के समान हो जाती है। इन कड़ियों की सहायता से मशीनों, युक्तियों एवं सस्पेंशन ब्रिजों आदि के ढाँचे लटके रहते हैं।

चित्र 5.2 के अनुसार, माना जोड़ पर तनाव भार F है, तब दोनों साइड कड़ियों पर तनाव भार $F/2$ होगा। यदि B कड़ी के चौड़े सिरे की चौड़ाई, b कड़ी की चौड़ाई, d पिन का व्यास तथा प्रत्येक साइड़ कड़ी की मोटाई t हो तो हम इन जोड़ों के डिज़ाइन के लिए अग्रलिखित परिस्थितियों पर विचार करेंगे—



चित्र 5.2 लटकन कड़ी

AKC TECHNICAL CLASSES

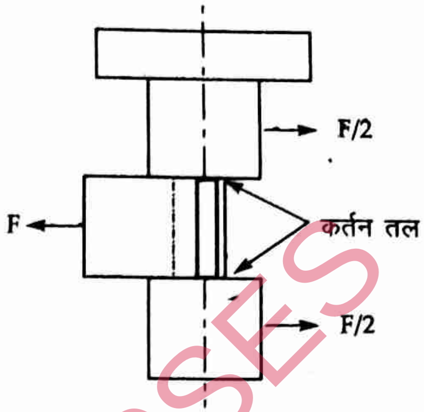
(i) पिन का कर्तन में असफल होना,

(ii) कड़ी की चौड़ाई b पर तनाव में असफल होना,

(iii) कड़ी के चौड़े सिरे का छिद्र पर फटने में असफल होना, तथा

(iv) पिन का बियरिंग या संपीड़न में असफल होना।

(i) पिन का कर्तन में असफल होना (Failure of Pin in Shear)—चित्र 5.3 के अनुसार, पिन के दोहरे कर्तन के लिए,



चित्र 5.3

पिन का कर्तन सहने वाला क्षेत्रफल $= 2 \times \frac{\pi}{4} d^2$

अत: पिन की कर्तन सामर्थ्य F = कर्तन क्षेत्रफल × कर्तन प्रतिबल

$$\therefore \quad F = 2 \times \frac{\pi}{4} d^2 \times \tau \quad \text{[जहाँ } \tau = \text{ अनुमेय कर्तन प्रतिबल]} \qquad \ldots(i)$$

(ii) कड़ी की चौड़ाई b पर तनाव में असफल होना (Failure of the link at width 'b' in tension)—कड़ी की चौड़ाई b पर तनाव सहने वाला क्षेत्रफल

$$= b \times 2t = 2bt$$

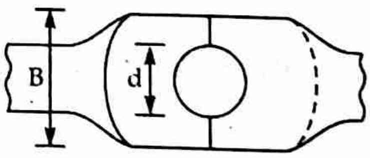
जहाँ $2t$ = मुख्य कड़ी की मोटाई है।

अत: मुख्य कड़ी की तनाव सामर्थ्य $F = 2bt \times \sigma_t$ ...(ii)

जहाँ σ_t = अनुमेय तनाव सामर्थ्य

यह सम्बन्ध साइड कड़ियों के लिए भी सत्य होगा क्योंकि इस दशा में साइड़ कड़ी का तनाव क्षेत्रफल $(b \times t)$ तथा तनाव बल $\frac{F}{2}$ होगा।

(iii) कड़ी के चौड़े सिरे का छिद्र पर फटने में असफल होना (Failure of the larger end of the link at hole in tearing)—मुख्य कड़ी के लिए, छिद्र के आड़े (across) तनाव सहने वाला न्यूनतम क्षेत्रफल $= (B - d) \times 2t$



चित्र 5.4

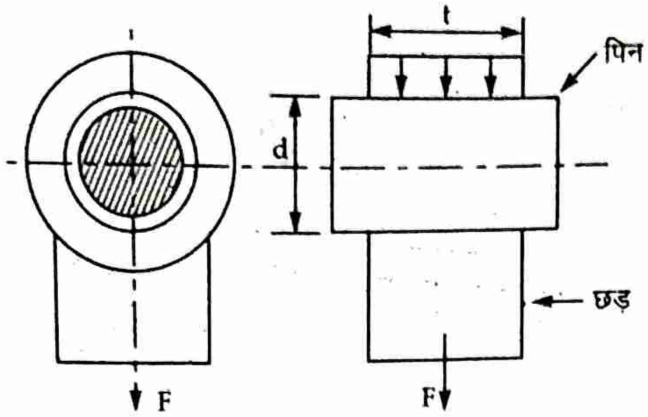
अत: छिद्र के आड़े मुख्य कड़ी के तनाव में फटन सामर्थ्य (रेखाचित्र 5.4)

$$F = (B - d) \times 2t \times \sigma_t \qquad \ldots(iii)$$

उपरोक्त की भाँति यही सम्बन्ध साइड कड़ियों के लिए भी सत्य होगा। यहाँ ध्यान देने योग्य बात है कि $B \geq (b + d)$ होना चाहिए।

(iv) पिन का बियरिंग या संपीड़न में असफल होना (Failure of Pin in compression or in bearing)—चित्र 5.5 के अनुसार यदि एक पिन द्वारा कोई छड़ लटकी हो तो पिन तथा छड़ की सम्पर्क सतह पर बियरिंग प्रतिबल कार्य करता है। यह प्रतिबल समस्त सम्पर्क सतह पर एक समान कार्य नहीं करता। अत: गणना में इसका औसत मान प्रयोग किया जाता है। चित्र के अनुसार यदि छड़ की मोटाई t तथा पिन व्यास d हो तो बियरिंग सतह अथवा सम्पर्क सतह $= (t \times d)$ मानी जाती है। यदि पिन पर भार F है तो,

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 5.5

$$\text{औसत बियरिंग प्रतिबल } \sigma_b = \frac{F}{t \times d}$$

उपरोक्त विवरण के आधार पर, पिन की बियरिंग सतह का क्षेत्रफल $= d \times 2t$

अत: पिन की बियरिंग या सम्पीडन सामर्थ्य $F = 2dt \times \sigma_c$ ...(iv)

यही सम्बन्ध साइड कड़ी के लिए भी लागू होगा। इस दशा में बियरिंग सतह $= d \times t$ तथा कड़ी पर बल $= F/2$ होगा।

उदाहरण 5.4—150 kN भार को वहन करने के लिए एक लटकन कड़ी जोड़ (Suspension link joint) का अभिकल्पन कीजिए जिसमें कड़ियों की चौड़ाई 50 mm मानिए। अनुमेय तनन (Tensile), अपरूपण (Shear) तथा संदलन (Crushing) प्रतिबलों के मान क्रमश: 100 MPa, 80 MPa तथा 150 MPa मानिए।

हल—चित्र 5.2 का अवलोकन कीजिए—

दिया है, $F = 150 \text{ kN} = 150 \times 10^3$ N, तनन प्रतिबल $\sigma_t = 100 \text{ MPa} = 100 \text{ N/mm}^2$,

अपरूपण प्रतिबल $\tau = 80 \text{ MPa} = 80$ N/mm,

संदलन प्रतिबल $\sigma_c = 150 \text{ MPa} = 150 \text{ N/mm}^2$ तथा $b = 50$ mm.

(i) पिन का कर्तन में असफल होना—हम जानते हैं कि

$$F = 2 \times \frac{\pi}{4} d^2 \times \tau$$

$$150 \times 10^3 = 2 \times \frac{\pi}{4} . d^2 \times 80$$

$\therefore$ $d = 34.55$ या $\mathbf{d = 35}$ **mm** उत्तर

(ii) मुख्य कड़ी का चौड़ाई '*b*' पर तनाव में असफल होना—

हम जानते हैं कि—

$$F = 2bt \times \sigma_t$$

$\therefore$ $150 \times 10^3 = 2 \times 50 \times t \times 100$

$\therefore$ $\mathbf{t = 15}$ **mm** उत्तर

(iii) मुख्य कड़ी के चौड़े सिरे का छिद्र पर फटने में असफल होना—

हम जानते हैं कि—

$$F = 2(B-d) \times t \times \sigma_t$$

$$150 \times 10^3 = 2[B-35] \times 15 \times 100$$

$\therefore$ $\mathbf{B = 85\,mm}$ **उत्तर**

(iv) पिन का संदलन में असफल होना—

हम जानते हैं कि—

$$F = 2t \times d \times \sigma_C$$

$$150 \times 10^3 = 2 \times t \times 25 \times 150$$

$\therefore$ $\mathbf{t = 14.28\,mm}$

परन्तु $t = 15$ mm पहले से ही ज्ञात किया जा चुका है। **अतः जोड़ संदलन में सुरक्षित है।** इस प्रकार जोड़ के लिए,

$$d = 35\text{ mm}, t = 15\text{ mm}$$

$B = 85$ mm तथा $b = 50$ mm होगा।

पुनः हम जानते हैं $B \geq (b+d)$ होना चाहिए अर्थात् $50 + 35 = 85$ mm होना चाहिए जो गणना द्वारा प्राप्त मान के बराबर रहे। जोड़ की अन्य मापें निम्न प्रकार निर्धारित की जा सकती हैं—

मुख्य कड़ी की मोटाई $= 2t = 2 \times 15 = 30$ mm

टेपर पिन का माध्य $= 0.2d = 0.2 \times 35 = 7$ mm

पिन शीर्ष पर कॉलर की मोटाई $= 0.3d = 0.3 \times 35 = 10.5$ mm

पिन शीर्ष या कालर का व्यास $= 1.5d = 1.5 \times 35 = 52.5$ mm **उत्तर**

उदाहरण 5.5—एक भाप इंजन की क्रैंक पिन पर 8000 N का अधिकतम बल लगता है। पिन की माप ज्ञात कीजिए यदि उसका व्यास, लम्बाई का 2/3 है। अनुमेय बियरिंग प्रतिबल 5 MPa मानिए।

हल—माना पिन का व्यास $= d$ mm, तब प्रश्नानुसार

$$\text{बियरिंग क्षेत्रफल} = L \times d = \frac{3}{2} d \times d = 1.5\,d^2$$

परन्तु 8000 N बल तथा 5 N/mm^2 बियरिंग प्रतिबल के लिए आवश्यक न्यूनतम बियरिंग क्षेत्रफल

$$= \frac{8000}{5} = 1600\text{ mm}^2$$

अतः $1.5\,d^2 = 1600$

$\therefore$ $d = 32.67$ mm माना **33 mm** **उत्तर**

AKC TECHNICAL CLASSES

$\therefore$ पिन की लम्बाई $L = 3/2\, d = \dfrac{3 \times 33}{2} = \mathbf{49\ mm}$ **उत्तर**

उदाहरण 5.6 कार्बन-इस्पात की दो कड़ियाँ उस पदार्थ के पिन द्वारा जोड़ी गई हैं। कड़ियाँ 5 kN का भार वहन करती है तथा कड़ियों की अनुप्रस्थ काट आयताकार है जहाँ चौड़ाई, मोटाई की दुगुनी है। सुरक्षा गुणाँक 3 मानते हुए कड़ियों तथा पिन का अभिकल्पन कीजिए। कार्बन इस्पात के लिए $\sigma_{yt} = 330\ \text{N/mm}^2$ मानिए। अनुमेय बियरिंग दबाव $p_b = 50$ MPa मानिए।

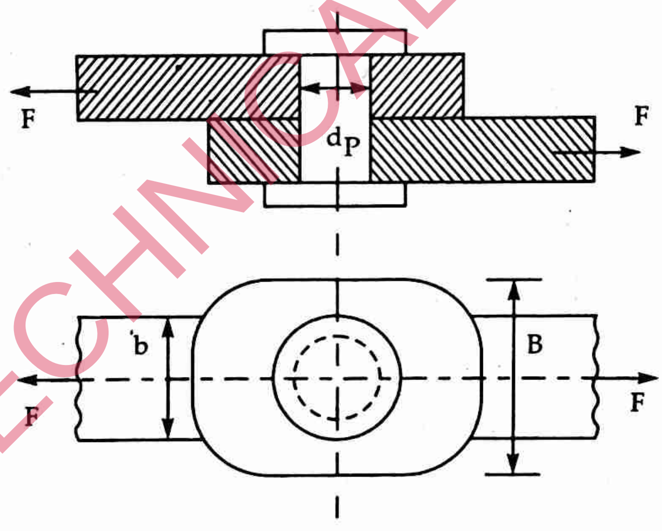
हल—दिया है,

$$F = 5 \times 10^3\ \text{N}, \quad b/t = 2, \qquad \text{F.O.S.} = 3,$$

$$\sigma_{yt} = 330\ \text{N/mm}^2 \text{ तथा } p_b = 50\ \text{N/mm}^2$$

अत: अनुमेय तनाव प्रतिबल $\sigma_t = \dfrac{\sigma_{yt}}{\text{F.O.S.}}$

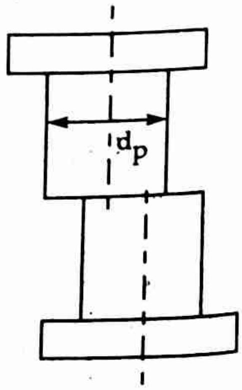
$$\therefore \quad \sigma_t = \frac{330}{3} = 110\ \text{N/mm}^2$$



चित्र 5.6

अनुमेय कर्तन प्रतिबल $\tau = \dfrac{0.5\,\sigma_{yt}}{\text{F.O.S.}}$

$$\therefore \quad \tau = \frac{0.5 \times 330}{3} = \mathbf{55\ N/mm^2}$$



चित्र 5.7

(i) पिन का व्यास (d_p)—चित्रानुसार पिन एकल कर्तन में असफल होगा। अत: पिन में उत्पन्न होने वाले कर्तन प्रतिबल

$$\tau = \frac{F}{\left(\frac{\pi}{4} d_p^2\right)}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

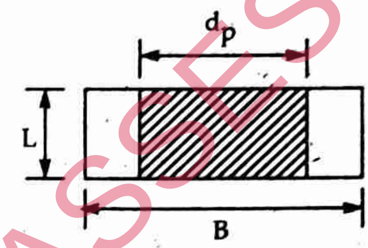
$$\therefore \qquad 55 = \frac{5 \times 10^3}{0.785\, d_p^2}$$

$$\therefore \qquad d_p = 10.56 \text{ mm माना } \mathbf{11\ mm}$$

(ii) कड़ियों की मोटाई (t)—

(a) बियरिंग दबाव पर विचार करने पर—

कड़ी तथा पिन के मध्य बियरिंग दाब $p_b = \dfrac{F}{d_p \times t}$



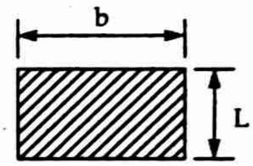
चित्र 5.8

$$\Rightarrow \qquad 50 = \frac{5 \times 10^3}{11 \times t}$$

$$\therefore \qquad t = 9.1 \text{ mm माना } \mathbf{9.5\ mm}$$

(b) कड़ी में तनाव प्रतिबल पर विचार करने पर—(देखें चित्र 5.9)

कड़ी में उत्पन्न तनाव प्रतिबल $\sigma_t = \dfrac{F}{bt}$ परन्तु $b = 2t$



चित्र 5.9

$$\therefore \qquad 110 = \frac{5 \times 10^3}{2t \times t}$$

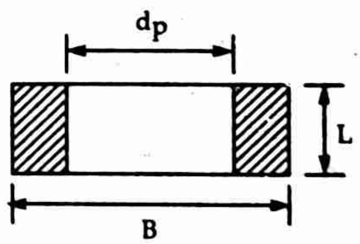
$$\therefore \qquad t = 4.77 \text{ या } \mathbf{5\ mm} \text{ (माना)}$$

t के उपरोक्त दोनों में से बड़ा मान अर्थात् $t = 9.5$ mm ही सुरक्षित मान लेगा अर्थात् $t = \mathbf{9.5\ mm}$

तथा $\qquad b = 2t = 9.5 \times 2 = \mathbf{17\ mm}$ **उत्तर**

(iii) कड़ी के चौड़े सिरे की चौड़ाई 'B'—

कड़ी चौड़े सिरे में उत्पन्न तनाव प्रतिबल $\sigma_t = \dfrac{F}{(B - d_p).t}$



चित्र 5.10

$$\therefore \qquad 110 = \frac{5 \times 10^3}{(B - 11) \times 9.5}$$

$$\therefore \qquad B - 11 = 4.78$$

$$\therefore \qquad B = \mathbf{15.78} \text{ या } \mathbf{16\ mm} \text{ (माना)}$$ **उत्तर**

5.1.2 कॉटर जोड़ (Cotter Joint)

यह जोड़, एक अस्थायी जोड़ (temporary joint) है। इसका प्रयोग दो छड़ों को एक ही अक्ष पर जोड़ने के लिए किया जाता है। इसके द्वारा तनाव तथा सम्पीडन दोनों ही प्रकार के भारों को पारेषित किया जा सकता है।

काटर (cotter), एक चपटा वेज की आकृति (wedge shaped) का आयताकार काट वाला टुकड़ा है। जिसकी एक किनार सीधी तथा दूसरी टेपरित होती है। टेपर का मान 1 : 48 से 1 : 24 तक हो सकता है। यदि किसी बन्धक युक्ति (locking

AKC TECHNICAL CLASSES

device) का इसके साथ प्रयोग किया जाये तो यह 1 : 8 तक रखा जा सकता है। एक किनार पर टेपर देने का लाभ यह है कि इसको आसानी से छिद्र में प्रविष्ट कराकर समायोजित किया जा सकता है। यह साधारणतया: मृदु इस्पात (mild steel) या पिटवाँ लोहे (wrought iron) का बना होता है। इसका प्रयोग भाप इंजन की पिस्टन रॉड को क्रॉस हैड से जोड़ने में, पिस्टन रॉड को पम्प रॉड से जोड़ने में, क्नैकटिंग रॉड को स्ट्रैप सिरे (strap end) से जोड़ने इत्यादि में किया जाता है।

5.1.2. (A) विभिन्न प्रकार के कॉटर जोड़ (Different Types of Cotter Joints)

दो छड़ों को कॉटर द्वारा जोड़ने के लिए प्राय: तीन प्रकार के कॉटर जोड़ प्रयोग किए जाते हैं जो निम्न प्रकार हैं—

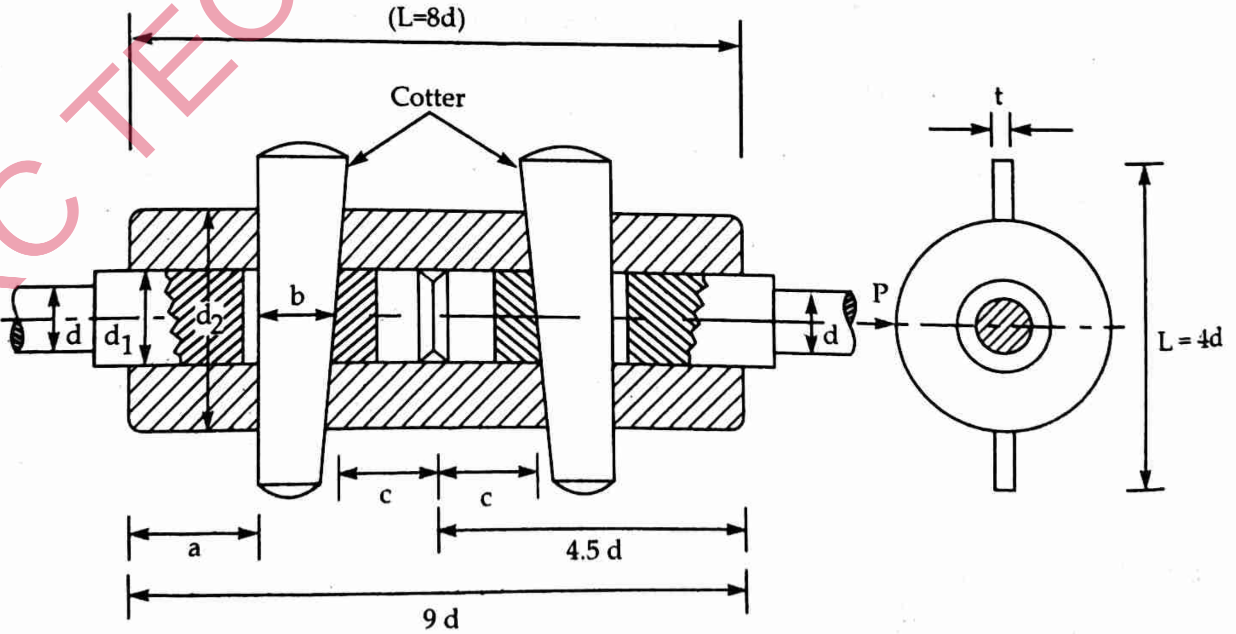
(1) स्पीगॉट एवं सॉकेट कॉटर जोड़ (Spigot and socket cotter joint)

(2) स्लीव एवं कॉटर जोड़ (Sleeve and cotter joints)

(3) जिब एवं कॉटर जोड़ (Gib and cotter joints)

(1) स्पीगॉट एवं सॉकेट कॉटर जोड़ (Spigot and socket cotter joint)—चित्र 5.11 के अनुसार जोड़ बनाने के लिए एक छड़ का सिरा *A* (बाँयी ओर) सॉकेट प्रकार का बनाया जाता है तथा दूसरा सिरा *B* (दाँयी ओर), जिसे स्पीगॉट कहते हैं, को सॉकेट के अन्दर प्रवेश कराया जाता है। स्पीगॉट एवं सॉकेट दोनों में एक आयताकार छिद्र बना होता है। इस छिद्र में एक कॉटर, जिसका एक सिरा छोटा तथा दूसरा बड़ा होता है, छोटे सिरे से प्रवेश कराकर ठोंक दिया जाता है। इस जोड़ पर लगने वाला बल प्राय: अक्षीय बल होता है। परन्तु सम्पीडन बल की स्थिति में स्पीगॉट में एक कालर लगाना पड़ता है। इस जोड़ का डिज़ाइन अगले अनुच्छेद में दिया गया है।

(2) स्लीव एवं कॉटर जोड़ (Sleeve and cotter joint)—दो गोल छड़ों को जोड़ने के लिए कभी-कभी एक स्लीव एवं कॉटर जोड़ का प्रयोग भी किया जाता है। इस प्रकार के जोड़ में एक खोखली बेलनाकार स्लीव या मफ को जोड़े जाने वाली छड़ों पर चढ़ाकर प्रत्येक छड़ में बने छिद्रों में एक-एक कॉटर डाला जाता है। जैसा कि चित्र 5.11 में दिखाया गया है। कॉटर में बना टेपर प्राय: 1 : 24 होता है। उसमें अवकाश (Clearance) इस प्रकार दिया जाता है कि जब कॉटर को ठोका जाता है तो छड़ों के बीच दूरी कम हो जाती है तथा अधिक मजबूत जोड़ बनता है।



चित्र-5.11 स्लीव एवं कॉटर जोड़

यदि जोड़े जाने वाली छड़ों का व्यास '*d*' है तो स्लीव तथा कॉटर जोड़ के विभिन्न हिस्सों की समानुपातिक विमाएँ अग्र प्रकार ली जाती हैं—

(1) स्लीव का बाह्य व्यास $d_1 = 2.5\,d$

(2) छड़ों के बढ़े हुए हिस्से का व्यास 'd_2' = स्लीव का अन्त:व्यास = $1.25\,d$

(3) स्लीव की लम्बाई $L = 8d$

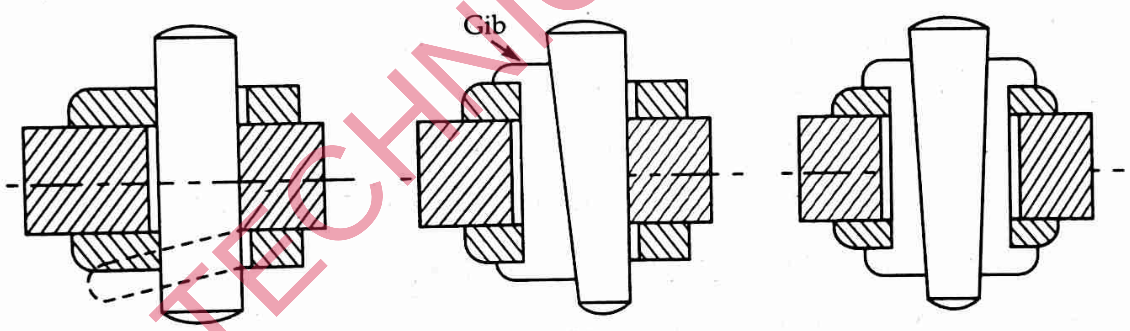
(4) कॉटर का मोटाई 't' $= \dfrac{d_2}{4}$ या $0.31\,d$

(5) कॉटर की चौड़ाई $b = 1.25\,d$

(6) कॉटर की लम्बाई $l = 4d$

(7) कॉटर खाँचे से छड़ के सिरे तक की दूरी 'a' = काटर खाँचे के दूसरे सिरे से छड़ के सिरे तक दूरी 'c' (जैसा की चित्र में दिखाया गया है) = $1.25\,d$

(3) जिब एवं कॉटर जोड़ (Gib and cotter joint)—एक जिब तथा कॉटर जोड़ का प्रयोग बहुधा (usually) कनेक्टिंग रॉड़ के बड़े सिरे पर किया जाता है। इस जोड़ में जब कॉटर को बिना जिब के प्रयोग किया जाता है तो कॉटर की सतह तथा स्ट्रैप की अन्दरूनी सतह के बीच घर्षण के कारण स्ट्रैप के मुड़ने की सम्भावना होती है। जैसा कि चित्र 5.12 (a) में दिखाया गया है। इस समस्या से बचाव के लिए जिब लगाये जाते हैं। ज़िब की संख्या एक अथवा दो हो सकती है। जैसा कि चित्र 5.12 (b), (c) में दिखाया गया है। जिब स्ट्रैप पर मजबूती से पकड़ बना लेती है तथा मुड़ने नहीं देती है। इसके अतिरिक्त जिब कॉटर को अतिरिक्त सतह प्रदान करती है जिससे अधिक मजबूत पकड़ बनती है तथा कॉटर के बाहर निकल जाने की प्रवृत्ति भी कम होती है।



(a) Cotter without gib (b) Cotter with one gib (c) Cotter with double gib

चित्र-5.12 जिब एवं कॉटर जोड़

चित्र 5.13 में एक जिब तथा कॉटर जोड़ दिखाया गया है। इस जोड़ के विभिन्न हिस्सों की समानुपातिक विमाएँ निम्न प्रकार ली जाती हैं—

(1) स्ट्रैप की चौड़ाई B_1 = जोड़े जाने वाली छड़ का व्यास = d (माना)

(2) कॉटर की मोटाई $t = \dfrac{\text{स्ट्रैप की चौड़ाई}}{4} = \dfrac{B_1}{4}$

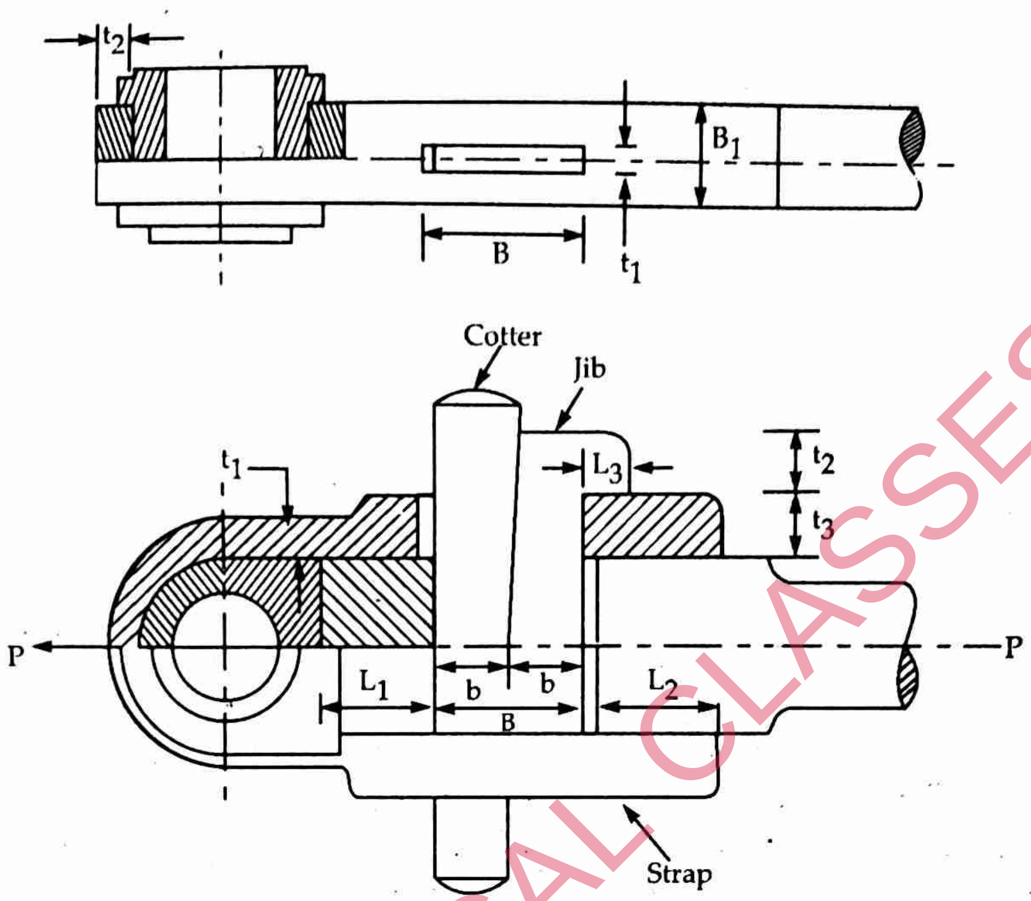
(3) जिब की मोटाई = कॉटर की मोटाई (t)

(4) जिब के सिरे की चौड़ाई (l_3) तथा ऊँचाई (t_2) = कॉटर की मोटाई (t)

(5) जिब की चौड़ाई $b_1 = 0.55\,B$ (जहाँ B = कॉटर तथा जिब की कुल चौड़ाई)

(6) कॉटर की चौड़ाई $b = 0.45\,B$

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र-5.13

(7) क्राउन पर स्ट्रैप मोटाई $t_4 = 1.5\, t_1$ (जहाँ t_1 = स्ट्रैप के सबसे पतले हिस्से की मोटाई)

इसके अतिरिक्त चित्रानुसार $L_1 = 2t_1$ तथा $L_2 = 2.5\, t_1$

कॉटर जोड़ का डिज़ाइन (स्पीगॉट तथा सॉकेट प्रकार का)
(Design of a Spigot and Socket Type Cotter Joint)

5.1.2. (B) कॉटर जोड़ का अभिकल्पन (Design of Cotter Joint)

दो छड़ों को समान अनुदैर्ध्य अक्ष पर जोड़ने के लिए प्रयुक्त स्पीगॉट एवं सॉकेट कॉटर जोड़ (spigot and socket cotter joint) को चित्र 5.14 में प्रदर्शित किया गया है। छड़ों पर तनाव बल 'P' कार्यरत है।

यदि d = दोनों जोड़ी जाने वाली छड़ों का व्यास।

d_1 = सॉकेट का बाह्य व्यास।

d_2 = सॉकेट का अन्त:व्यास।

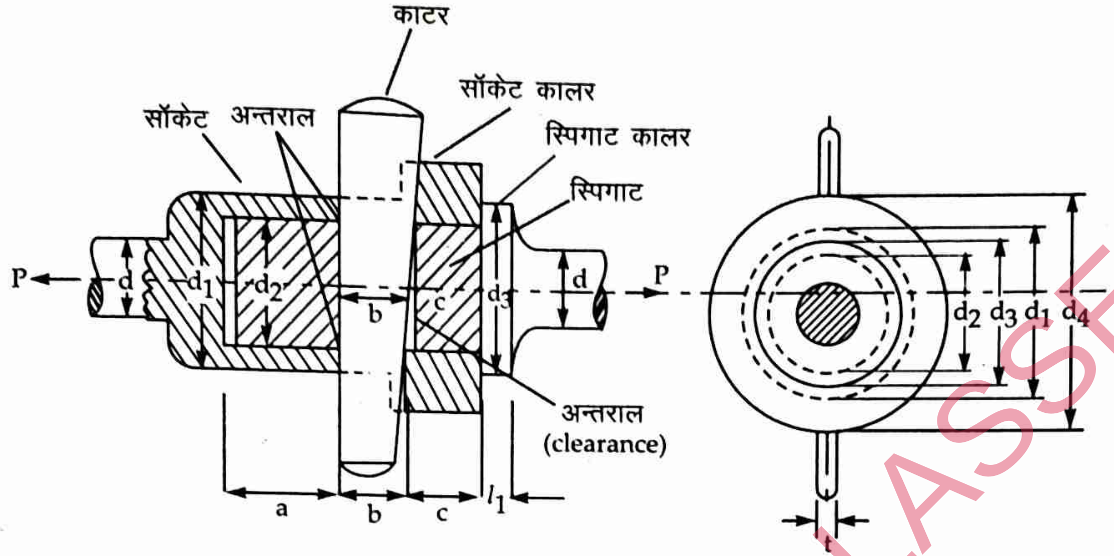
d_3 = स्पिगॉट के कालर का व्यास।

d_4 = सॉकेट के कालर का व्यास।

t = कॉटर की मोटाई।

t_1 = स्पिगॉट कालर की चौड़ाई।

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र-5.14 स्पिगॉट तथा सॉकेट प्रकार का कॉटर जोड़

a = कॉटर की किनार से स्पिगॉट के सिरे तक दूरी।

b = कॉटर की मध्यमान चौड़ाई।

c = सॉकेट कालर की लम्बाई।

σ_t = छड़ के पदार्थ में अनुमेय तनाव प्रतिबल।

τ = कॉटर के पदार्थ का अनुमेय कर्तन प्रतिबल।

σ_c = कॉटर एवं सॉकेट व स्पिगॉट के पदार्थ में अनुमेय क्रसिंग प्रतिबल।

(A) तनाव भार के अन्तर्गत जोड़ का असफल होना

(i) तनाव में छड़ों का असफल होना

$$\text{प्रत्येक छड़ का अनुप्रस्थ क्षेत्रफल} = \frac{\pi}{4} d^2$$

$\therefore$ P_t = छड़ का अनुप्रस्थ का क्षेत्रफल × तनाव प्रतिबल

$$P_t = \frac{\pi}{4} d^2 \times \sigma_i$$

या

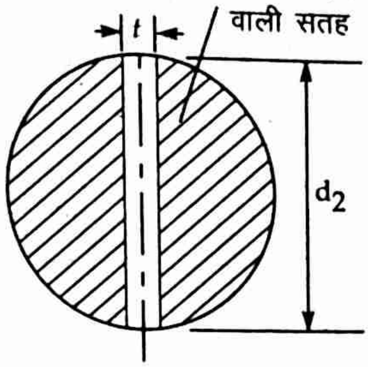
$$\boldsymbol{d = \sqrt{\frac{4P}{\pi \sigma_t}}} \quad \text{...(1)}$$

(ii) स्पिगॉट का छेद पर तनाव में असफल होना—चित्र 5.15 का अवलोकन कीजिए।

स्पिगॉट का छेद के आड़े (across slot) का क्षेत्रफल

$$= \left(\frac{\pi}{4} d_2^2 - d_2 \times t \right)$$

AKC TECHNICAL CLASSES

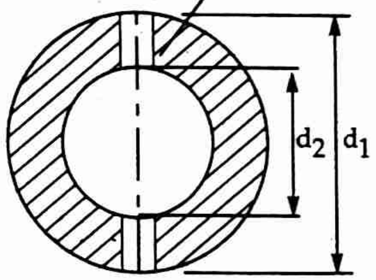


चित्र-5.15

$$P_t = \left(\frac{\pi}{4} d_2^2 - d_2 \times t\right)\sigma_t \qquad ...(2)$$

समीकरण (2) से दो अज्ञात राशियाँ d_2 एवं t प्राप्त होती हैं जिनको छड़ या कॉटर का क्रसिंग में असफल होने की समीकरण (7) के साथ हल करके प्राप्त किया जा सकता है।

(iii) सॉकेट का छेद पर तनाव में असफल होना—चित्र 5.16 का अवलोकन कीजिए।



चित्र-5.16

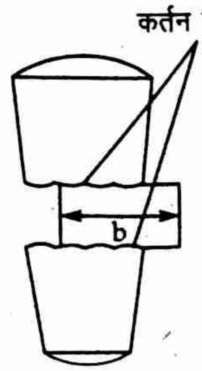
छेद पर सॉकेट का तनाव सहने वाला क्षेत्रफल

$$= \left[\frac{\pi}{4}(d_1^2 - d_2^2) - (d_1 - d_2)\, t\right]$$

$$\therefore \quad P_t = \left[\frac{\pi}{4}(d_1^2 - d_2^2) - (d_1 - d_2)\, t\right] \times \sigma_t \qquad ...(3)$$

समीकरण (3) के प्रयोग से सॉकेट का बाह्य व्यास d_1 ज्ञात किया जा सकता है। कॉटर की मोटाई 't' का मान $0.25\, d_2$ लिया जाता है।

(iv) कॉटर का कर्तन में असफल होना—चित्र 5.17 का अवलोकन कीजिये।



चित्र-5.17

यहाँ कॉटर दोहरे कर्तन में असफल होने की सम्भावना है। अत: कॉटर का कर्तन सहने वाला क्षेत्रफल

$$= 2b \times t$$

$$\therefore \quad P_s = 2b \times t \times \tau \qquad ...(4)$$

(v) स्पिगॉट का कॉटर के बाँये सिरे पर कर्तन में असफल होना—स्पिगॉट का यह सिरा दोहरे कर्तन में होगा। अत:

कर्तन सहने वाले भाग का क्षेत्रफल $= 2a \times d_2$

$$\therefore \quad P_s = 2a \times d_2 \times \tau \qquad ...(5)$$

इसी समीकरण के प्रयोग से 'a' का मान ज्ञात किया जा सकता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

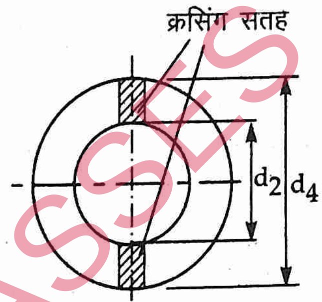
(vi) कॉटर के दाँये ओर के सॉकेट कॉलर का कर्तन में असफल होना—यह भाग भी दोहरे कर्तन में होगा। अत:

कर्तन वाले भाग का क्षेत्रफल $= 2(d_4 - d_2) \times c$

$$\therefore \quad P_s = 2(d_4 - d_2) \times c \times \tau \qquad \text{...(6)}$$

इस समीकरण से सॉकेट का बाह्य व्यास d_4 ज्ञात किया जा सकता है।

(vii) सॉकेट कॉलर या कॉटर का क्रसिंग में असफल होना—चित्र 5.18 का अवलोकन करें।



चित्र-5.18

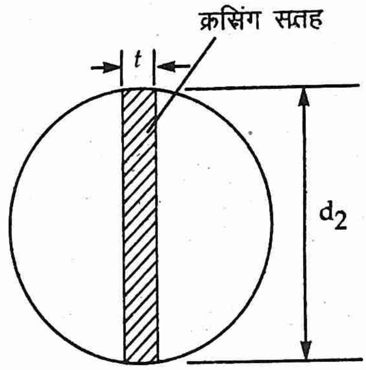
सॉकेट या कॉटर का क्रसिंग (crushing) सहन करने वाला क्षेत्रफल

$$= (d_4 - d_2) \times t$$

∴ सॉकेट या कॉटर की सम्पीडन सामर्थ्य

$$P_c = (d_4 - d_2) \times t \times \sigma_c \qquad \text{...(7)}$$

(viii) स्पिगॉट या कॉटर का क्रसिंग (crushing) **में असफल होना**—चित्र 5.19 का अवलोकन करें। यह क्रसिंग कॉटर के बाँये सिरे पर स्पीगाट एवं कॉटर की सम्पर्क सतह पर होगा।



चित्र-5.19

स्पिगॉट या कॉटर का क्रसिंग सहन करने वाला क्षेत्रफल

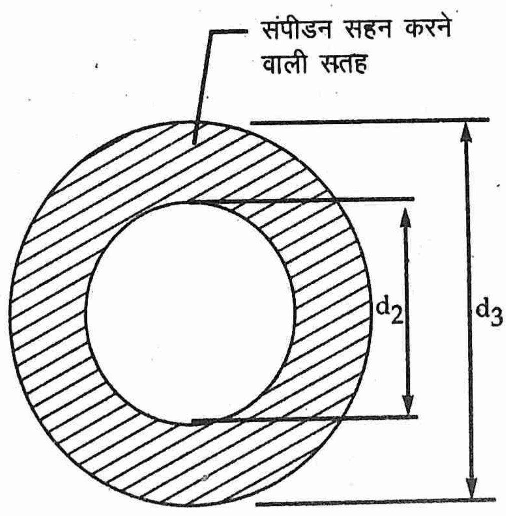
$$= d_2 \times t$$

$$\therefore \quad P_c = d_2 \times t \times \sigma_c \qquad \text{...(8)}$$

(B) सम्पीडन भार के अन्तर्गत जोड़ का असफल होना

सम्पीडन बल का संचारण कॉलर के द्वारा होता है। इसके अन्तर्गत कॉटर में प्रतिबल नहीं उपजते हैं। इस अवस्था में जोड़ असफल होने की निम्नलिखित प्रमुख सम्भावनाएँ हैं—

(i) स्पिगॉट कॉलर का सम्पीडन में असफल होना—चित्र 5.20 का अवलोकन करें।



चित्र-5.20

स्पिगॉट कॉलर का सम्पीडन को सहन करने वाला क्षेत्रफल

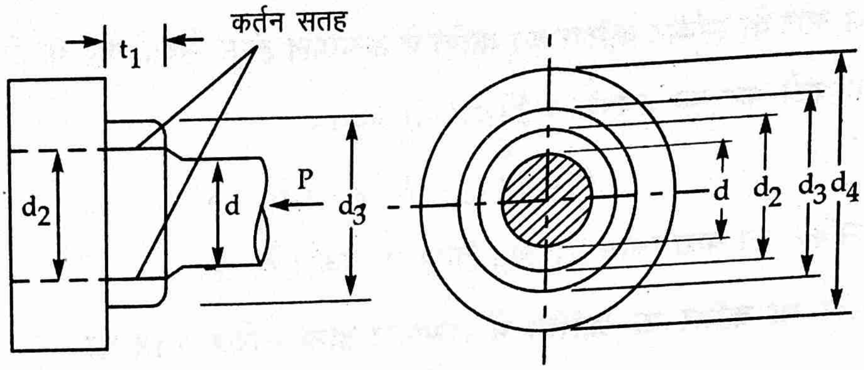
$$= \frac{\pi}{4}(d_3^2 - d_2^2)$$

∴ कॉलर की सम्पीडन सामर्थ्य

$$P_c = \frac{\pi}{4}(d_3^2 - d_2^2) \times \sigma_c \qquad \text{...(1)}$$

(ii) स्पिगॉट कॉलर का कर्तन में असफल होना—चित्र 5.21 का अवलोकन करें।

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र-5.21

स्पिगॉट कॉलर का कर्तन सहने करने वाला क्षेत्रफल $= \pi d_2 . t_1$

$\therefore$ कर्तन बल $(P_s) = \pi d_2 t_1 \tau$ ...(2)

कॉटर जोड़ की मापों के मानक अनुपात (Standard Proportions)—कॉटर जोड़ की विभिन्न स्थानों पर मापें छड़ के व्यास d के पदों में सामान्यतया निम्न प्रकार होती हैं—

$$d_2 = 1.2\,d,\ d_3 = 1.5\,d,\ d_1 = 1.75\,d,\ d_4 = 2.4\,d$$

$$a = c = 0.75\,d,\ b = 1.3\,d,\ t_1 = 0.45\,d,\ t = 0.3\,d$$

सामान्यत: दिये भार के अन्तर्गत छड़ का व्यास (d) ज्ञात कर, जोड़ की विभिन्न मापें उपरोक्त मानक के अनुपातों के द्वारा ज्ञात कर ली जाती हैं। इसके बाद जोड़ के असफल होने के विभिन्न सूत्रों में उपरोक्त प्राप्त मापों के मान रखकर तनाव प्रतिबल (σ_t), कर्तन प्रतिबल (τ) एवं क्रसिंग प्रतिबल (σ_c) के मान ज्ञात किये जाते हैं जो दिये गये अनुमेय प्रतिबलों से कम या बराबर परिमाण के होने चाहिए।

उदाहरण 5.7 100 kN के तनाव या सम्पीडन भार को पारेषित करने के लिए एक कॉटर जोड़ का अभिकल्पन कीजिए। विभिन्न अनुमेय प्रतिबल निम्न प्रकार हैं—

(i) अनुमेय तनाव प्रतिबल (σ_t) = 80 N/mm^2

(ii) अनुमेय कर्तन प्रतिबल (τ) = 65 N/mm^2

(iii) अनुमेय क्रसिंग प्रतिबल (σ_c) = 161 N/mm^2

हल—चित्र 5.14 का अवलोकन कीजिए।

(i) तनाव भार $(P) = 100$ kN

(ii) अनुमेय तनाव प्रतिबल $(\sigma_t) = 80$ N/mm^2

(iii) अनुमेय कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 65$ N/mm^2

(iv) अनुमेय क्रसिंग प्रतिबल $(\tau_c) = 161$ N/mm^2

1. छड़ का व्यास (d)—छड़ तनाव में असफल होगी। अत:

छड़ की तनाव सामर्थ्य = तनाव सहने वाला क्षेत्रफल × अनुमेय तनाव प्रतिबल

AKG TECHNICAL CLASSES

$$P = \frac{\pi}{4} d^2 \times \sigma_t$$

$$d = \sqrt{\frac{4p}{\pi_l, \sigma_t}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 100000}{3.14 \times 80}}$$

$= 39.9$ mm या 40 mm **उत्तर**

2. स्पिगॉट का व्यास (d_2) एवं कॉटर की मोटाई (t)—स्पिगॉट छेद पर तनाव में असफल होगी। अत:

स्पिगॉट का छेद के आड़े तनाव सामर्थ्य (P) = स्पिगॉट का छेद के आड़े तनाव सहने करने वाला क्षेत्रफल × अनुमेय तनाव प्रतिबल

$$P = \left(\frac{\pi}{4} d_2^2 - d_2 \times t\right) \times \sigma_t$$

$$100 \times 10^3 = \left(\frac{\pi}{4} d_2^2 - d_2 \times 0.25\, d_2\right) \times 80$$ (यहाँ $t = 0.25\, d_2$ लिया है।)

$$100 \times 10^3 = (0.785 - 0.25)\, d_2^2 \times 80$$

$$100 \times 10^3 = 0.535\, d_2^2 \times 80$$

$$d_2^2 = \frac{100000}{0.535 \times 80} = 2336.448$$

$d_2 = 48.33$ या **50 mm** **उत्तर**

अत: कॉटर की मोटाई $(t) = \frac{50}{4} = $ **12.5 mm** **उत्तर**

3. सॉकेट का बाह्य व्यास (d_1)—सॉकेट तनाव में छेद के आड़े असफल होगा।

अत: सॉकेट की छेद के आड़े सामर्थ्य, $P = \left[\frac{\pi}{4}(d_1^2 - d_2^2) - (d_1 - d_2)\, t\right] \sigma_1$

$$100 \times 10^3 = \left[\frac{\pi}{4}(d_1^2 - 50^2) - (d_1 - 50) \times 12.5\right] \times 80$$

$$0.785\,(d_1^2 - 2500) - 12.5\, d_1 + 625 = 1250$$

$$0.785\, d_1^2 - 12.5\, d_1 - 2587.5 = 0$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$d_1 = \frac{12.5 \pm \sqrt{\{(-12.5)^2 - 4 \times 0.785 \times (-2587.5)\}}}{2 \times 0.785}$$

$$= \frac{12.5 \pm \sqrt{(156.25 + 8124.75)}}{1.57}$$

$$= \frac{12.5 + 91}{1.57} = 65.92 \text{ mm}$$

$$\simeq \mathbf{66\ mm}$$ उत्तर

4. कॉटर की चौड़ाई (b)—कॉटर कर्तन में असफल होगा। क्योंकि कॉटर का दोहरा कर्तन होगा। यदि 'b' कॉटर की औसत चौड़ाई हो। तब—

$$P = (2b \cdot t)\,\tau$$

$$100 \times 10^3 = 2 \times b \times 12.5 \times 65$$

$$b = \frac{100000}{2 \times 12.5 \times 65}$$

$$= \mathbf{61.53 \text{ या } 62\ mm}$$ उत्तर

5. कॉटर के किनारे से स्पिगॉट के सिरे तक की दूरी (a)—कॉटर के बाँयी ओर का स्पिगॉट का सिरा दोहरे कर्तन में होगा।

$$\therefore \quad P_s = 2\,(a \times d_2) \times \tau$$

$$100 \times 10^3 = 2 \times a \times 50 \times 65$$

$$a = \frac{100000}{2 \times 50 \times 65}$$

$$= \mathbf{15.38 \text{ या } 16\ mm}$$ उत्तर

6. सॉकेट कॉलर का व्यास (d_4)—सॉकेट कॉलर एवं कॉटर, क्रसिंग में असफल होंगे।

$$\therefore \quad P_c = (d_4 - d_2)\, t\,\sigma_c$$

$$100 \times 10^3 = (d_4 - 50)\, 12.5 \times 161$$

$$100 \times 10^3 = 2012.5\, d_4 - 100625$$

$$200625 = 2012.5\, d_4$$

$$d_4 = \frac{200625}{2012.5} = \mathbf{99.68 \text{ या } 100\ mm}$$ उत्तर

7. सॉकेट कॉलर की लम्बाई (c)—सॉकेट कॉलर कर्तन में असफल होगा। यहाँ दोहरा कर्तन होगा।

$$P_s = 2\,(d_4 - d_2) \times c \times \tau$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$100 \times 10^3 = 2\,(100 - 50) \times c \times 65$$

$$c = \frac{100000}{2 \times 50 \times 65}$$

$$= 15.38 \text{ या } \mathbf{16\ mm}$$ **उत्तर**

8. स्पिगॉट कॉलर का व्यास (d_3)—सम्पीडन भार के अन्तर्गत, स्पिगॉट कॉलर की क्रसिंग में असफल होने की सम्भावना है। अतः

$$P = \frac{\pi}{4}(d_3^2 - d_2^2) \times \sigma_c$$

$$100000 = \frac{3.14}{4}(d_3^2 - 50^2) \times 161$$

$$100000 = 126.385\, d_3^2 - 315962.5$$

$$415962.5 = 126.385\, d_3^2$$

$$d_3^2 = 3291.2$$

$$d_3 = \mathbf{57.3 \text{ या } 58\ mm}$$ **उत्तर**

9. स्पिगॉट कॉलर की चौड़ाई (t_1)—सम्पीडन भार के अन्तर्गत, स्पिगॉट कॉलर की कर्तन में असफल होने की सम्भावना है। अतः

$$P = (\pi d_2 t_1)\,\tau$$

$$100 \times 10^3 = 3.14 \times 50 \times t_1 \times 65$$

$$t_1 = \frac{100000}{3.14 \times 50 \times 65}$$

$$= \mathbf{9.79 \text{ या } 10\ mm}$$ **उत्तर**

उदाहरण 5.8—एक भाप इंजन की पिस्टन छड़ कॉटर जोड़ द्वारा क्रॉस हैड़ से जुड़ी है। इन्जन सिलिण्डर में भाप का अधिकतम दाब 2 MPa तक होता है। यदि पिस्टन का व्यास 180 mm हो तो निम्न की गणना कीजिए—

(I) कॉटर की मोटाई तथा चौड़ाई।

(II) स्पिगॉट का व्यास

कॉटर की मोटाई स्पिगॉट के व्यास की 0.3 गुना माने तथा जोड़ पदार्थ के लिए $\sigma_t = 50\ N/mm^2$ तथा $\tau = 45\ N/mm^2$ लें।

हल—दिया है,

भाप तीव्रता $p = 2\ MPa = 2\ N/mm^2$, $D = 180$ mm, $t = 0.3\, d_1$

∴ जोड़ पर तनाव बल $P =$ भार तीव्रता × क्षेत्रफल

$$= 2 \times \frac{\pi}{4} \times (180^2)$$

$$\therefore \qquad P = 50893.8 \text{ newton}$$

हम जानते हैं छिद्र के आड़े (across slot) स्पिगॉट का तनाव में असफल होने के लिए,

$$P = \sigma_t \times \left(\frac{\pi}{4} d_2^2 - d_2 \times t\right)$$

जहाँ d_2 = स्पिगॉट का व्यास, t = कॉटर का मोटाई, परन्तु दिया है—$t = 0.3\, d_2$

अत:
$$P = \sigma_t \times \left(\frac{\pi}{4} d_2^2 - d_2 \times 0.3\, d_2\right)$$

$$50893.8 = 50 \times d_2^2 \times (0.485)$$

$$d_2^2 = 2098.7$$

$$d_2 = 45.8 \text{ mm}$$

$$\mathbf{d_2 = 46 \text{ mm}} \text{ (माना)}$$ उत्तर

$\therefore$ कॉटर की मोटाई $t = 0.3\, d_2 = 0.3 \times 46 = 13.8$ mm

$$\therefore \qquad t = 14 \text{ mm (माना)}$$ उत्तर

अब कॉटर के कर्तन में असफल होने के लिए,

$$P = \tau \times 2bt$$

$$\therefore \qquad 50893.8 = 45 \times 2 \times b \times 14$$

$$\therefore \qquad b = 40.39$$

$$b = 41 \text{ mm (माना)}$$ उत्तर

उदाहरण 5.9—एक सॉकेट तथा स्पिगॉट प्रकार के काटर जोड़ पर 75 kN के अक्षीय भार के लिए निम्नलिखित का अभिकल्पन कीजिए–

(I) छड़ का न्यूनतम व्यास, (II) स्पिगॉट सिरे का व्यास, (III) कॉटर की मोटाई तथा माध्य चौड़ाई।

दिया है—$\sigma_t = 54$ N/mm^2, $\tau = 42.45$ N/mm^2 तथा $\sigma_c = 100$ N/mm^2

हल—

(I) छड़ का न्यूनतम व्यास 'd'—हम जानते हैं कि—

छड़ के तनाव में असफल होने के लिए, छड़ की तनाव सामर्थ्य = तनाव सहने वाला क्षेत्रफल × अनुमेय तनाव प्रतिबल

$$P = \frac{\pi}{4} d^2 \times \sigma_t$$

$$d = \sqrt{\frac{4P}{\pi \sigma_t}}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$= \sqrt{\frac{4 \times 75 \times 10^3}{\pi \times 54}}$$

$\therefore$ $d = 42.05$ **mm या 43 mm (माना)** **उत्तर**

(II) स्पिगॉट सिरे का व्यास—हम जानते हैं कि छिद्र के आड़े (across slot) स्पिगॉट का तनाव में असफल होने के लिए,

$$P_t = \left(\frac{\pi}{4} d_2^2 - d_2 \times t\right) \sigma_t$$

जहाँ t = कॉटर की मोटाई = $d_2/4$ मानने पर

$$P_t = \left(\frac{\pi}{4} d_2^2 - d_2 \times \frac{d_2}{4}\right) \sigma_t = \sigma_t \times \frac{d_2^2}{4} (\pi - 1)$$

$$7 \times 10^3 = \frac{d_2^2}{4} (\pi - 1) \times 54$$

$\therefore$ $d_2 = 50.95$

सुरक्षित जोड़ के लिए माना $d_2 = 55$ **mm** **उत्तर**

(III) कॉटर की मोटाई तथा माध्य चौड़ाई

$\because$ कॉटर की मोटाई $t = \dfrac{d_2}{4}$

$\therefore$ $t = \dfrac{55}{4} = 13.75$ या $t = 14$ mm (माना)

हम जानते हैं कि कॉटर के कर्तन में असफल होने के लिए

$$P = \tau \times 2bt$$

$\therefore$ $75 \times 10^3 = 42.5 \times 2 \times b \times 14$

$\therefore$ $b = 63.02$ mm

$\therefore$ $b = 64$ **mm** (माना) **उत्तर**

उदाहरण 5.10. 30 kN सम्पीडन भार से 30 kN तनाव भार तक बदलने वाले भार को पारेषित करने के लिए एक कॉटर जोड़ का अभिकल्पन कीजिए। विभिन्न अनुमेय प्रतिबल निम्न प्रकार है—

$$\sigma_{ten} = \sigma_{comp} = 50 \text{ MPa}, \tau = 35 \text{ MPa तथा } \sigma_C = 90 \text{ MPa}$$

भार को स्थैतिक मानिए।

हल—दिया है,

$$P = 30 \text{ kN} = 30 \times 10^3 \text{ N}, \sigma_t = 50 \text{ MPa} = 50 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 35 \text{ MPa} = 35 \text{ N/mm}^2, \sigma_c = 90 \text{ MPa} = 90 \text{ N/mm}^2$$

AKC TECHNICAL CLASSES

चित्र 5.14 का अवलोकन कीजिए—

1. छड़ का व्यास (d)—छड़ को तनाव में असफल मानते हुए,

$$P = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times \sigma_t$$

$$\therefore \quad 30 \times 10^3 = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times 50 = 39.3\, d^2$$

$$\therefore \quad d = 27.6 \simeq \mathbf{28\ mm}\ (\text{माना}) \qquad \text{उत्तर}$$

2. स्पिगॉट का व्यास (d_2) एवं कॉटर की मोटाई (t)—स्पिगॉट छेद पर तनाव में असफल होगी। यहाँ कॉटर की मोटाई $t = d_2/4$ मानते हैं।

$$\therefore \quad P = \left[\frac{\pi}{4}(d_2)^2 - d_2 \times t\right]\sigma_t = \left[\frac{\pi}{4}(d_2)^2 - d_2 \times \frac{d_2}{4}\right]50 = 26.8\,(d_2)^2$$

$$\therefore \quad d_2^2 = \frac{30 \times 10^3}{26.8} = 119.4$$

या $$d_2 = 33.4 \simeq 34\ \text{mm}\ (\text{माना})$$

अत: $$\text{कॉटर की मोटाई}\ t = \frac{d_2}{4} = \frac{34}{4} = 8.5\ \text{mm}$$

अब क्रासिंग प्रतिबलों के लिए जोड़ की जाँच करने पर,

हम जानते हैं कि—

$$P = d_2 \times t \times \sigma_C = 34 \times 8.5 \times \sigma_C = 289\,\sigma_C$$

$$\therefore \quad \sigma_c = \frac{30 \times 10^3}{289} = 103.8\ \text{N/mm}^2$$

σ_c का यह मान, दिये गये अधिकतम मान 90 N/mm^2 से अधिक है। अत: $d_2 = 34$ mm तथा $t_2 = 8.5$ mm सुरक्षित मान नहीं है। अब $\sigma_c = 90$ N/mm^2 रखने पर सम्बन्ध $P = d_2 \times t \times \sigma_c$ से,

$$\therefore \quad 30 \times 10^3 = d_2 \times \frac{d_2}{4} \times 90 = 22.5\,(d_2)^2$$

$$\therefore \quad d_2 = 36.5\ \text{mm} \simeq \mathbf{40\ mm}\ (\text{माना}) \qquad \text{उत्तर}$$

तथा $$t = d_2/4 = 40/4 = \mathbf{10\ mm} \qquad \text{उत्तर}$$

3. साकेट का बाह्य व्यास (d_1)—सॉकेट तनाव में छेद के आड़े (Across) असफल होगा। अत: सॉकेट की छेद के आड़े सामर्थ्य,

$$P = \left[\frac{\pi}{4}(d_1^2 - d_2^2) - (d_1 - d_2)\,.\,t\right]\sigma_t$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$\therefore \quad 30 \times 10^3 = \left[\frac{\pi}{4}\{d_1^2 - 40^2\} - (d_1 - 40)10\right]50$$

$$\therefore \quad (d_1)^2 - 12.7\, d_1 - 1854.6 = 0$$

$$\therefore \quad d_1 = \frac{12.7 \pm \sqrt{(12.7)^2 + 4 \times 1854.6}}{2} = \frac{12.7 \pm 87.1}{2}$$

$$= 49.9 \simeq \mathbf{50\ mm}$$ उत्तर

4. कॉटर की चौड़ाई (b)—कॉटर कर्तन में असफल होगा। यहाँ कॉटर का दोहरा कर्तन होगा। यदि 'b' कॉटर की औसत चौड़ाई हो तब—

$$P = 2b \times t \times \tau = 2b \times 10 \times 35 = 700\, b$$

$$\therefore \quad b = \frac{30 \times 10^3}{700} = \mathbf{43\ mm}$$ उत्तर

5. कॉटर के किनारे से स्पिगॉट के सिरे तक की दूरी (a)—कॉटर के बाँयी ओर का स्पिगॉट का सिरा दोहरे कर्तन में होगा।

$$\therefore \quad P = 2\,(a \times d_2) \times \tau = 2a \times 40 \times 35 = 2800 \times a$$

$$\therefore \quad a = \frac{30 \times 10^3}{2800} = 10.7 \simeq \mathbf{11\ mm}\ (\text{माना})$$ उत्तर

6. सॉकेट कॉलर का व्यास (d_4)—सॉकेट कॉलर एवं कॉटर, क्रसिंग में असफल होंगे।

$$\therefore \quad P = (d_4 - d_2)\, t \times \sigma_C = (d_4 - 40)10 \times 90 = (d_4 - 40)\,900$$

$$\therefore \quad d_4 - 40 = \frac{30 \times 10^3}{900} = 33.3$$

$$\therefore \quad d_4 = 73.3\text{ mm} \simeq \mathbf{75\ mm}\ (\text{माना})$$ उत्तर

7. सॉकेट कॉलर की लम्बाई (c)—सॉकेट कॉलर दोहरे कर्तन में असफल होगा।

अत: $$P = 2\,(d_4 - d_2) \times c \times \tau$$

$$\therefore \quad 30 \times 10^3 = 2\,(75 - 40) \times c \times 35 = 2450 \times c$$

$$\therefore \quad c = \frac{30 \times 10^3}{2450} = \mathbf{12\ mm}$$ उत्तर

8. स्पिगॉट कालर का व्यास (d_3)—सम्पीडन भार के अन्तर्गत, स्पिगॉट कॉलर की क्रासिंग में असफल होने की सम्भावना है।

अत: $$P = \frac{\pi}{4}(d_3^2 - d_2^2)\,\sigma_c = \frac{\pi}{4}\left[(d_3)^2 - (40)^2\right] \times 90$$

$$\therefore \quad (d_3)^2 - (40)^2 = \frac{30 \times 10^3 \times 4}{90 \times \pi} = 424$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$\therefore$ $$d_3 = 45 \text{ mm}$$ उत्तर

9. स्पीगोंट कॉलर की चौड़ाई (t)—सम्पीडन भार के अन्तर्गत, स्पिगॉट कॉलर की कर्तन में असफल होने की सम्भावना है।

अत: $$P = (\pi d_2 t_1)\tau = \pi \times 40 \times t_1 \times 35 = 4400\, t_1$$

$\therefore$ $$t_1 = \frac{30 \times 10^3}{4400} = 6.8 \text{ mm} \simeq \mathbf{8\ mm}$$ उत्तर

10. कॉटर की लम्बाई (l)—कॉटर की लम्बाई $l = 4d$ मानी जाती है।

$$l = 4d = 4 \times 28 = \mathbf{112\ mm}$$ उत्तर

5.2 स्थायी जोड़ (Permanent Joint)

ये जोड़ स्थायी प्रकृति के होते हैं और इन्हें बिना तोड़े अलग नहीं किया जा सकता है। उदाहरण के लिए—वेल्डित जोड़, रिवेटित जोड़, सोल्ड़रिंग जोड़ तथा ब्रेजन जोड़।

5.2.1 वेल्डित जोड़ (Welded Joints)

एक वेल्डेड जोड़, स्थायी प्रकार का जोड़ है। इसके अन्तर्गत दो पदार्थ की सतहों की किनारों (edges) को पिघलाकर तथा पूरक पदार्थ की सहायता से दाब या बिना दबाव के जोड़ तैयार किया जाता है। पदार्थों को गलाने के लिए आवश्यक ऊष्मा गैस वेल्डिंग में गैस को जलाकर तथा इलेक्ट्रिक आर्क वेल्डिंग में विद्युतीय आर्क के द्वारा प्राप्त की जाती है। साधारणतया इलेक्ट्रिक आर्क वेल्डिंग विधि का प्रयोग अधिक किया जाता है क्योंकि इस विधि में वेल्डिंग गति अधिक होती है। वेल्डिंग का अधिकतर प्रयोग फैब्रीकेशन (fabrication) कार्यों में किया जाता है।

5.2.1. (A) वेल्डिंग विधियाँ (Welding Processes)

वेल्डिंग विधियाँ दो प्रकार की होती हैं—

(a) संलग्न वेल्डन (Fusion Welding)—इस विधि में दोनों जोड़े जाने वाले भागों को उनकी उचित अवस्था में रखकर व दोनों भागों को पिघलाकर या पूरक पदार्थ को छड़ों के आकार में प्रयोग कर जोड़ में पिघला पदार्थ भर दिया जाता है। जोड़ के ठण्डा होने पर पिघला पदार्थ ठोस आकृति ग्रहण कर लेता है और हमें एक मजबूत स्थायी जोड़ प्राप्त हो जाता है।

संलग्न वेल्डन (Fusion welding), ऊष्मा को उत्पन्न करने की विधि के अनुसार निम्न तीन प्रकार की होती है—

(i) **थर्मिट वेल्डन** (Thermit Welding)—इस विधि में लोहे के ऑक्साइड (iron oxide) एवं एल्यूमीनियम (aluminium) के मिश्रण को जलाकर ऊष्मा उत्पन्न की जाती है।

(ii) **गैस वेल्डन** (Gas welding)—इस विधि में ऑक्सी-ऐसीटिलीन या हाइड्रोजन गैस का दहन कर ऊष्मा उत्पन्न की जाती है।

(iii) **विद्युतीय आर्क वेल्डन** (Electric arc welding)—इसमें विद्युत आर्क के द्वारा ऊष्मा प्राप्त की जाती है। पूरक पदार्थ के रूप में इलेक्ट्रोड को प्रयोग किया जाता है।

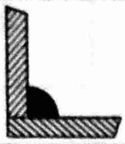
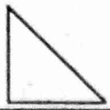
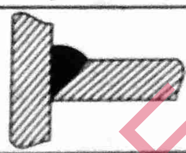
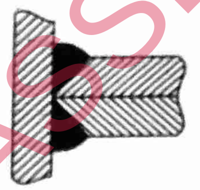
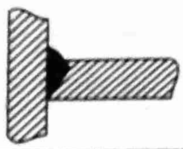
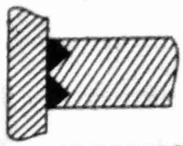
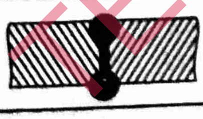
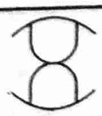
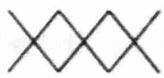
(b) फोर्ज वेल्डन (Forge welding)—इस विधि में दोनों जोड़े जाने वाले टुकड़ों को भट्टी (furnace) में उचित तापक्रम तक गर्म किया जाता है। इसके पश्चात् दोनों गर्म किनारों को आपस में जोड़कर हथौड़े द्वारा दबाव लगाकर जोड़ तैयार किया जाता है। आजकल यह विधि बहुत कम प्रचलित है।

AKC TECHNICAL CLASSES

5.2.1. (B) वेल्ड संकेत (Welding Symbols)

तालिका 5.1 में कुछ सामान्य प्रकार के वेल्ड संकेत प्रदर्शित है।

तालिका 5.1 : सामान्य वेल्ड संकेत (Basic Weld Symbols)

Sr. No.	Weld Type	Sectional Representation	Weld Symbol	Sr. No.	Weld Type	Sectional Representation	Weld Symbol
1.	Fillet			7.	Single Bevel Butt		
2.	Square Butt			8.	Double Bevel Butt		
3.	Single-V Butt			9.	Single J Butt		
4.	Double-V Butt			10.	Double J Butt		
5.	Single-U Butt			11.	Spot		
6.	Double-U Butt			12.	Seam		

5.2.1. (C) वेल्डिंग जोड़ों के प्रकार (Types of Welding Joints)

वेल्डन जोड़ मुख्यत: दो प्रकार के होते हैं—

(1) लैप जोड़ या फिलेट जोड़ (Lap joint or Fillet joint)।

(2) बट जोड़ (Butt joint)।

(1) लैप जोड़ (Lap joint)—लैप जोड़ या फिलेट जोड़, दो प्लेटों को एक-दूसरे के ऊपर रखकर तथा प्लेटों की किनारों को वेल्डन कर प्राप्त किया जाता है। फिलेट का अनुप्रस्थ काट लगभग त्रिभुजाकार होता है। फिलेट जोड़ तीन प्रकार के होते हैं, जो निम्न हैं—

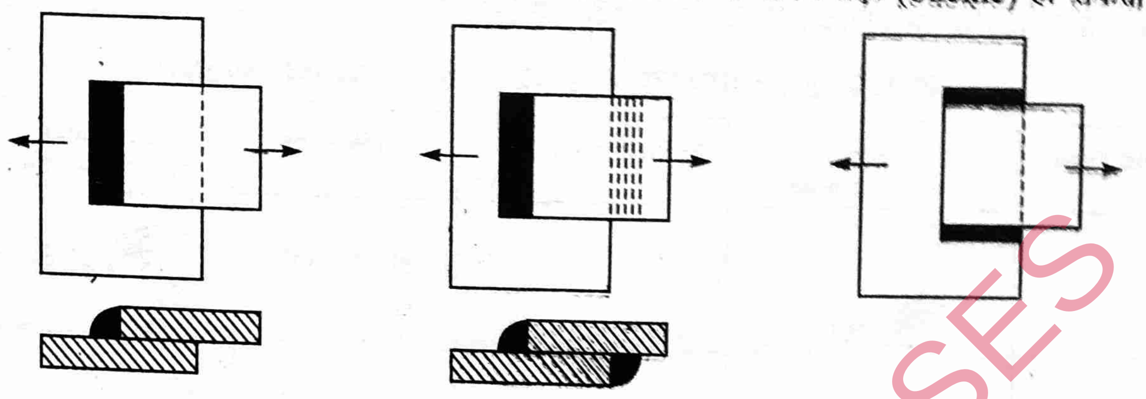
(i) एकल फिलेट लैप जोड़ (Single Fillet Lap Joint)।

(ii) दोहरा फिलेट लैप जोड़ (Double Fillet Lap Joint)।

(iii) समानान्तर फिलेट लैप जोड़ (Parallel Fillet Lap Joint)।

AKC TECHNICAL CLASSES

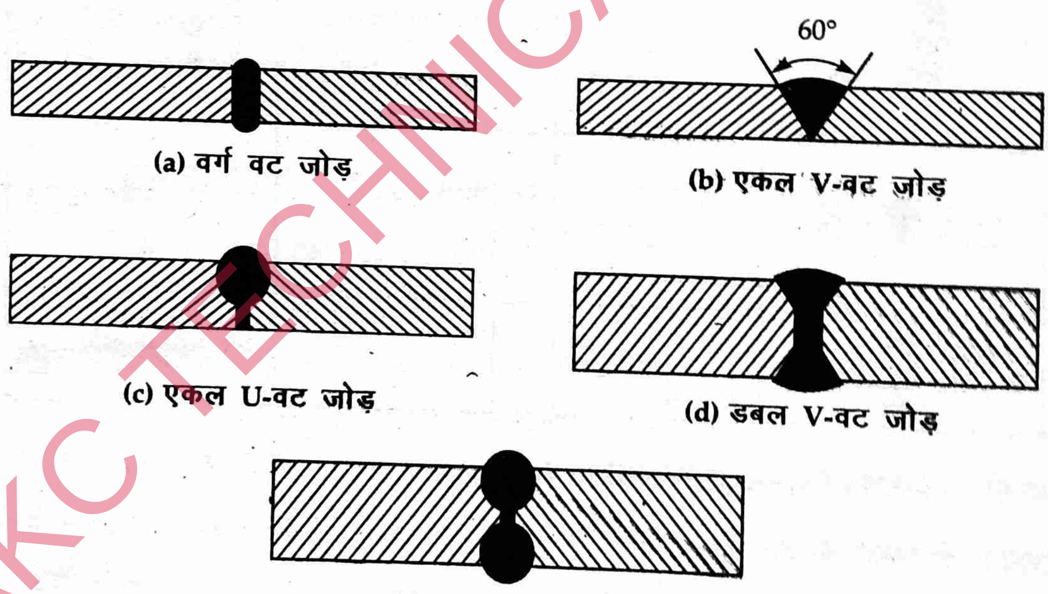
विभिन्न फिलेट जोड़ चित्र 5.23 (a), (b), (c) में प्रदर्शित किये गये हैं। एकल फिलेट लैप जोड़ का अलाभ यह है, कि प्लेटों की किनार जिनका वेल्डन नहीं किया गया है, वह बलों के संचारण के समय टेढ़ी (buckle) हो सकती है।



(a) एकल फिलेट लैप जोड़ (b) दोहरा फिलेट लैप जोड़ (c) समानान्तर फिलेट लैप जोड़

चित्र-5.23 वेल्ड़ित लैप जोड़

(2) बट जोड़ (Butt joint)—बट जोड़ों को दो प्लेटों की किनार को मिलाकर रखने तथा वेल्डन करने से बनाया जाता है। विभिन्न बट जोड़ों को चित्र 5.24 में प्रदर्शित किया गया है। 5 m प्लेटों तक प्लेट की किनार को काटने व तैयार करने की आवश्यकता नहीं है। यदि प्लेट की मोटाई 5 से 12.5m तक है तो एकल V जोड़ या U जोड़ चित्रानुसार प्लेटों में बनाया जाता है और यदि प्लेटों की मोटाई 12.5 m से अधिक है तो दोहरा V जोड़ या U जोड़ तैयार किया जाता है। विभिन्न बट जोड़ निम्न हैं—



(a) वर्ग वट जोड़ (b) एकल V-वट जोड़ (c) एकल U-वट जोड़ (d) डबल V-वट जोड़ (e) डबल U-वट जोड़

चित्र-5.24 वेल्डित बट जोड़

(a) वर्ग बट जोड़ (Square butt joint)।

(b) एकल V-बट जोड़ (Single V-butt joint)।

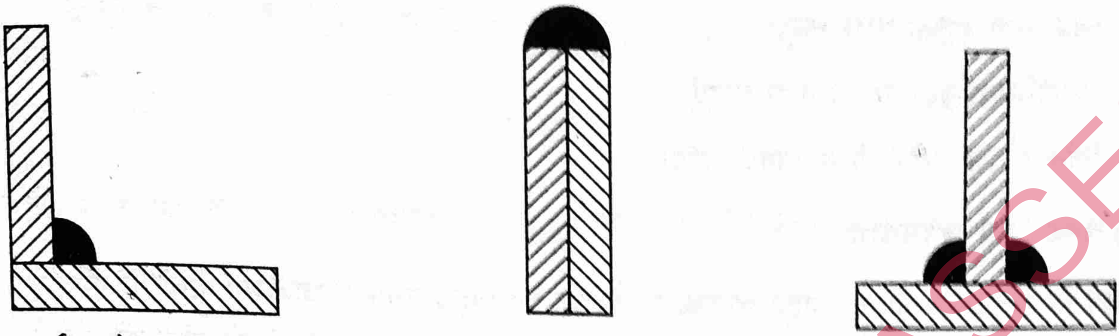
(c) एकल U-बट जोड़ (Single U-butt joint)।

(d) डबल V-बट जोड़ (Double V-butt joint)।

AKC TECHNICAL CLASSES

(e) डबल U-बट जोड़ (Double U-butt joint)।

(3) अन्य प्रकार के वेल्डन जोड़ों में कार्नर जोड़ (corner joint), किनारे जोड़ (edge joint) एवं टी-जोड़ (T-joint) हैं। इनको क्रमशः चित्र 5.25 (a), (b), (c) में दर्शाया गया है।



(a) कार्नर जोड़ Corner Joint (b) किनार जोड़ Edge Joint (c) टी जोड़ T-Joint

चित्र-5.25

5.2.1. (D) रिवेटेड जोड़ (Riveted Joint) की तुलना में वेल्डन जोड़ (Welding Joints) के लाभ

1. वेल्डन जोड़ को बनाना सरल होता है।
2. वेल्डन जोड़ को बनाने में कम समय लगता है।
3. वेल्डन जोड़ अधिक सामर्थ्य व दक्षता वाले होते हैं। अच्छे वेल्ड जोड़ की दक्षता 100% तक हो सकती है।
4. वेल्ड जोड़ जटिल संरचनाओं में भी आसानी से बनाये जा सकते हैं।
5. वेल्डन के द्वारा गैस व द्रव रोधक जोड़ आसानी से प्राप्त किये जा सकते हैं। वेल्डिंग के द्वारा बनाये गये दाब पात्र (pressure vessels) अधिक विश्वसनीय होते हैं।
6. वेल्डन जोड़ बनाने में कम खर्चा आता है।
7. वेल्डन जोड़ की देख-रेख (maintenance) आसान है।

वेल्डन जोड़ (Welding joint) के अलाभ—

1. वेल्डन के द्वारा जोड़े वाले भागों में विभिन्न प्रकार के प्रतिबल उत्पन्न हो जाते हैं जिनको शून्य करने के लिए ऊष्मा उपचार (heat treatment process) की आवश्यकता पड़ती है।
2. वेल्डन प्रक्रिया में हानिकारक गैसें व प्रकाश विकिरण उत्पन्न होता है।
3. वेल्डन में मोटी प्लेटों को जोड़ने के लिए कोर सज्जा (edge preparation) की आवश्यकता पड़ती है, जिससे समय व खर्चा अधिक लगता है।
4. वेल्डन प्रक्रिया में अधिक तापक्रम उत्पन्न होने के कारण अंगों के विरूपण की सम्भावना रहती है।
5. अच्छे वेल्डिंग ज्वांइट प्राप्त करने के लिए कुशल कारीगर की आवश्यकता होती है, जो महंगे दर पर उपलब्ध होते हैं।

5.2.1. (E) वेल्डन किये जाने वाले सामान्य धातु पदार्थ (Common Metals for Welding)

वेल्डन किए जाने वाले सामान्य धातु पदार्थ निम्न प्रकार है—

(I) लौह धातुएँ (Ferrous metals)—(a) पिटवाँ (W.I.) (b) ढलवाँ लोहा (C.I.) (c) ढलवाँ इस्पात (Cast steel) (d) कार्बन इस्पात (Carbon steel) (e) मिश्र धातु इस्पात (alloy steel) आदि।

AKC TECHNICAL CLASSES

(II) अलौह धातुएँ (Non-ferrous metals)—

(a) ताँबा तथा इसकी मिश्र धातुएँ

(b) ऐल्युमिनियम तथा इसकी मिश्र धातुएँ

(c) जिंक तथा इसकी मिश्र धातुएँ

(d) मैग्नीशियम तथा इसकी मिश्र धातुएँ

(e) निकिल तथा इसकी मिश्र धातुएँ आदि।

5.2.1. (F) वेल्डन का अनुप्रयोग

वेल्डन के अनुप्रयोग का क्षेत्र बहुत व्यापक है। वेल्डन का प्रमुख प्रयोग फैब्रीकेशन कार्यों में होता है जहाँ वेल्डन द्वारा वस्तुओं का निर्माण किया जाता है। इसको अतिरिक्त रखरखाव तथा मरम्मत कार्यों में टूटे अंगों को जोड़ने, दरारों को भरने, घिसे हुए अंगों के पुनर्निर्माण आदि कार्यों में भी वेल्डन का प्रयोग होता है। वेल्डन के प्रमुख औद्योगिक क्षेत्र, आटोमोबाइल उद्योग, रेल तथा वायुयान उद्योग, इमारतों तथा पुलों के निर्माण में, फर्नीचर उद्योग, मशीनरी उद्योग आदि हैं। इसके अतिरिक्त मशीनी अंगों के मरम्मत कार्यों जैसे—पुलियों, गियर, ब्रेकेट आदि में या बॉयलर, टैंक, ढाँचों तथा पाइपलाइन के मरम्मत कार्यों में वेल्डिंग कार्य का प्रयोग होता है। फर्नीचर उद्योग में मेज, कुर्सी, पलंग आदि बनाने में तथा अस्पताल फर्नीचर आदि बनाने में भी वेल्डिंग का प्रयोग होता है। बड़े-बड़े टैंक, पानी के जहाज, वायुयान तथा युद्ध उपकरण बनाने में भी वेल्डिंग का उपयोग किया जाता है।

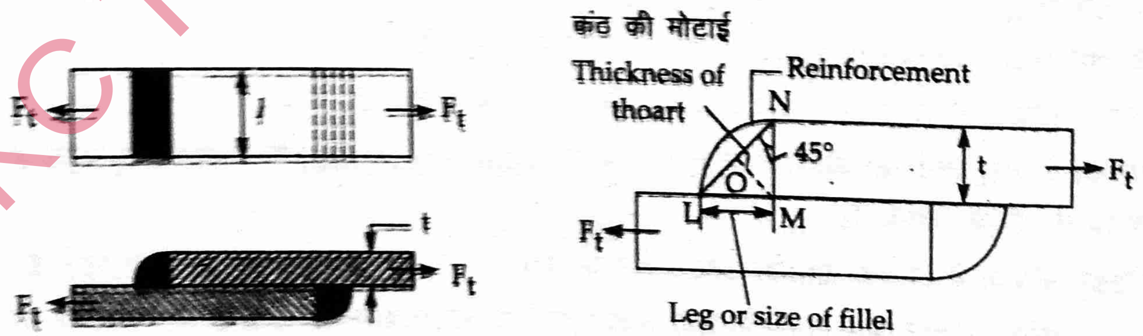
5.2.2.(A) लम्बकोणीय लैप या फिलेट वेल्डन जोड़ की सामर्थ्य

(Strength of Transverse Lap or Fillet Welded Joints)

इन जोड़ों का प्रयोग तनाव बल (Tensile force) को संचारित करने के लिए किया जाता है।

एक दोहरा फिलेट वेल्ड (Double fillet weld) को चित्र 5.26(a) में प्रदर्शित किया गया है।

जोड़ की सामर्थ्य ज्ञात करने के लिए फिलेट की काट को समकोण त्रिभुज *LMN* माना गया है। विकर्ण *LN* भुजाओं *LM* एवं *NM* से बराबर कोण बनाता है। फिलेट को चित्र 5.26 में बड़ा करके दर्शाया गया है। यदि



चित्र-5.26

OM = कण्ठ की मोटाई (Thickness of throat)

LM = फिलेट का साइज (Leg or size of fillet)

t = प्लेट की मोटाई

l = वेल्ड की लम्बाई

AKC TECHNICAL CLASSES

चित्र 5.26 के अनुसार कण्ठ की मोटाई $(OM) = MN \cos 45°$

$$= \frac{t}{\sqrt{2}}$$

कण्ठ की काट का न्यूनतम क्षेत्रफल = कण्ठ की मोटाई × वेल्ड की लम्बाई

$$= \frac{t}{\sqrt{2}} \times l$$

यदि वेल्ड पदार्थ की अनुमेय तनाव सामर्थ्य σ_t हो, तो इकहरे फिलेट वेल्ड की सामर्थ्य,

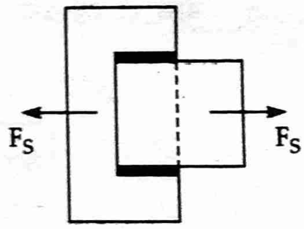
$$F_t = \frac{t \times l}{\sqrt{2}} \times \sigma_t \quad ...(1)$$

एक दोहरे फिलेट वेल्ड की सामर्थ्य,

$$F_t = \frac{t \times l}{\sqrt{2}} \times \sigma_t \times 2$$

5.2.2 (B) समानान्तर फिलेट वेल्ड जोड़ की सामर्थ्य (Strength of Parallel Fillet Welded Joints)

समानान्तर फिलेट वेल्ड का प्रयोग ऐसी परिस्थितियों में किया जाता है जहाँ जोड़ पर कर्तन बल आने हों। चित्र 5.27 में एक समानान्तर फिलेट वेल्ड जोड़ प्रदर्शित किया गया है।



चित्र-5.27

कण्ठ की काट का क्षेत्रफल $= \frac{t \times l}{\sqrt{2}}$

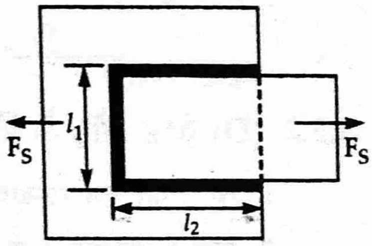
यदि τ = वेल्ड पदार्थ की अनुमेय कर्तन प्रतिबल हो तो,

एकल समानान्तर फिलेट वेल्ड की सामर्थ्य $F_s = \frac{t \times l}{\sqrt{2}} \times \tau$ ...(1)

एवं दोहरे समानान्तर फिलेट वेल्ड की सामर्थ्य $F_s = \frac{t \times l}{\sqrt{2}} \times \tau \times 2$ ...(2)

नोट—

1. चित्र 5.28 में लम्बकोणीय (transverse) एवं समानान्तर (parallel) फिलेट वेल्ड का संयुक्त जोड़ प्रदर्शित किया गया है। इस प्रकार के वेल्डन जोड़ की सामर्थ्य लम्बकोणीय (transverse) एवं समानान्तर (parallel) जोड़ की सामर्थ्य का योग होगा।
2. वेल्ड बीड (weld bead) को शुरू करने एवं रोकने के लिये, वेल्ड की प्रत्येक लम्बाई में 12.5 मिमी जोड़ देना चाहिये।
3. क्योंकि वेल्ड, जोड़ की तुलना में मैल व ब्लो छिद्र (blow holes) के कारण सामर्थ्य में कमजोर होता है। अत: प्लेट की मोटाई का 10% के बराबर वेल्ड जोड़ पर reinforcement दिया जाता है।



चित्र-5.28

4. Reinformcement fillet weld के लिये कण्ठ (throat) की विमायें 0.85 t के बराबर ली जायेंगी।

AKC TECHNICAL CLASSES

5.2.2. (C) बट जोड़ की सामर्थ्य (Strength of Butt Joints)

बट जोड़ों (butt joints) का अभिकल्पन तनाव या सम्पीडन सामर्थ्य को संचारित करने में किया जाता है। चित्र 5.29 में एक V-बट जोड़ प्रदर्शित किया गया है।

बट जोड़ में लैग की लम्बाई या साइज, कंठ की मोटाई के बराबर होती है। कंठ की मोटाई, प्लेट की मोटाई (t) के समान होती है।

बट जोड़ की तनाव सामर्थ्य (एकल V-बट जोड़ या वर्ग बट जोड़),

$$F_t = t \, . \, l \, . \, \sigma_t \qquad ...(1)$$

जहाँ t = प्लेट की मोटाई।

l = वेल्ड की लम्बाई।

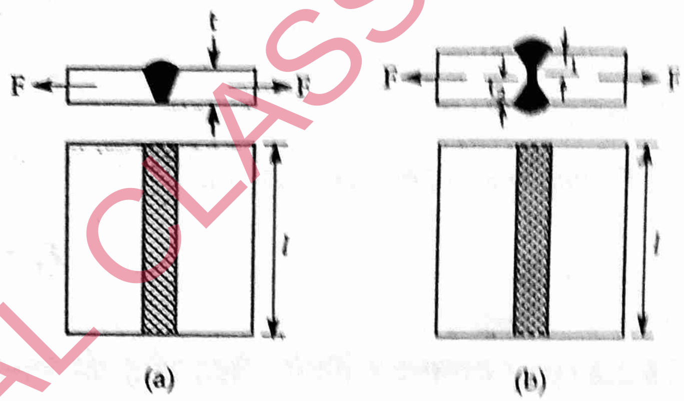
σ_t = अनुमेय तनाव प्रतिबल।

दोहरे V-जोड़ के लिये तनाव सामर्थ्य,

$$F_t = (t_1 + t_2) \times l \times \sigma_t$$

जहाँ, t_1 = ऊपरी कंठ की मोटाई।

एवं t_2 = निचले कंठ की मोटाई।



चित्र-5.29

नीचे दी गई प्लेट की मोटाई (t) के अनुसार मानक वेल्ड साइज को प्रदर्शित करती है।

तालिका 5.2 प्लेट की मोटाई के अनुसार मानक वेल्ड साइज

क्रम संख्या	प्लेट की मोटाई (t) (mm)	वेल्ड का न्यूनतम साइज (mm)
1.	3-5	3
2.	6-8	5
3.	10-16	6
4.	18-24	10
5.	26-35	14
6.	35 से ऊपर	20

5.2.2. (D) वेल्ड जोड़ के लिये मानी गई मान्यताएँ (Assumption in Welded Joint)

1. वेल्ड की पूर्ण लम्बाई पर भार रोपण समान है।
2. उत्पन्न प्रतिबल, प्रभावकारी काट पर समान रूप से वितरित है।

नोट—

बट जोड़ (butt joints) में, प्रतिबलों की गणना के लिये प्रभावकारी कंठ की मोटाई (effective throat thickness), जोड़े जाने वाले दोनों अवयवों में से, कम अवयव की मोटाई की 5/8 गुणा ली जानी चाहिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 5.11. दो 120 mm चौड़ी एवं 12.5 mm इस्पात की प्लेटों को दोहरे लम्बकोणीय फिलेट वेल्ड (double transverse fillet weld) के द्वारा जोड़ा गया है। अधिकतम तनाव प्रतिबल 80 N/mm² है। वेल्ड की लम्बाई ज्ञात कीजिए।

हल—दिया है,

(i) प्लेट की चौड़ाई $(b) = 120$ mm

(ii) प्लेट की मोटाई $(t) = 12.5$ mm

(iii) अधिकतम तनाव प्रतिबल $(\sigma_t) = 80$ N/mm²

प्लेट द्वारा सहा गया अधिकतम भार (F_t) = क्षेत्रफल × प्रतिबल

$$= b \times t \times \sigma_t$$

$$= 120 \times 12.5 \times 80$$

$$= 12 \times 10^4 \text{ N}$$

यदि l = वेल्ड की लम्बाई।

t = वेल्ड का साइज या प्लेट की मोटाई।

= 12.5 mm

अत:

$$F_t = \sqrt{2}t \, . \, l \, . \, \sigma_t$$

$$l = \frac{F_t}{\sqrt{2} \, . \, t \, . \, \sigma_t}$$

$$= \frac{12 \times 10^4}{\sqrt{2} \times 12.5 \times 80}$$

$$= \mathbf{84.86 \text{ mm}}$$

उपरोक्त लम्बाई में 12.5 mm वेल्ड को शुरू करने एवं रोकने के लिए जोड़ने पर,

$$l = (84.86 + 12.5) \text{ mm}$$

$$= \mathbf{97.36 \text{ mm}}$$ **उत्तर**

उदाहरण 5.12. एक प्लेट की चौड़ाई 120 mm एवं मोटाई 12.5 mm है। इस प्लेट को एक अन्य प्लेट के साथ समानान्तर फिलेट जोड़ द्वारा वेल्ड किया गया है। प्लेटों पर 50 kN का भार लगा है। यदि अनुमेय प्रतिबल का परिमाण 60 N/mm² हो, तो वेल्ड की लम्बाई ज्ञात कीजिए।

हल—

(i) प्लेट की मोटाई $(t) = 12.5$ mm

(ii) प्लेट की चौड़ाई $(b) = 120$ mm

(iii) भार $(F_s) = 50$ kN

(iv) अधिकतम अनुमेय प्रतिबल $(\tau) = 60$ N/mm²

यदि l = वेल्ड की लम्बाई।

t = वेल्ड का साइज या प्लेट की मोटाई = 12.5 mm

अत:

$$F_s = \sqrt{2}t \, . \, l \, . \, \tau$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$50 \times 10^3 = \sqrt{2} \times 12.5 \times l \times 60$$

$$l = \frac{50 \times 10^3}{\sqrt{2} \times 12.5 \times 60} = 47.14 \text{ mm}$$

वेल्ड को शुरू करने एवं रोकने में वेल्ड बीड (weld beed) के लिये 12.5 mm जोड़ने पर,

$$l = (47.14 + 12.5) = \mathbf{59.64\ mm}$$ **उत्तर**

उदाहरण 5.13. एक प्लेट, जिसकी चौड़ाई 75 mm एवं मोटाई 12.5 mm है, को एक अन्य प्लेट के साथ चित्र 5.30 के अनुसार एकल लम्बकोणीय एवं दोहरा समानान्तर फिलेट वेल्ड से जोड़ा गया है। अधिकतम अनुमेय तनाव एवं कर्तन प्रतिबल क्रमशः 80 N/mm² एवं 60 N/mm² है। प्रत्येक समानान्तर फिलेट की लम्बाई ज्ञात कीजिए।

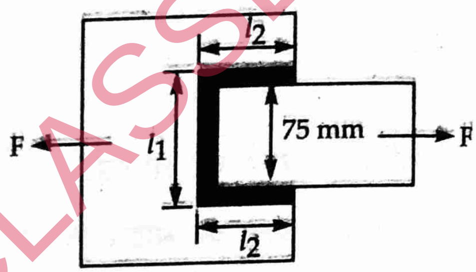
हल—दिया है, चित्र 5.30 का अवलोकन कीजिए।

(i) प्लेट की चौड़ाई $(b) = l_1 = 75$ mm

(ii) प्लेट की मोटाई $(t) = 12.5$ mm

(iii) अधिकतम अनुमेय तनाव प्रतिबल $(\sigma_t) = 80$ N/mm²

(iv) अधिकतम अनुमेय कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 60$ N/mm²



चित्र-5.30

प्लेट द्वारा सहन किया गया अधिकतम भार,

$$F = b \times t \times \sigma_t$$

$$= 75 \times 12.5 \times 80 = 75 \times 10^3 \text{ N}$$

एकल लम्बकोणीय (transverse) फिलेट वेल्ड द्वारा सहा गया भार,

$$F_1 = \frac{t \times l_1}{\sqrt{2}} \times \sigma_t$$

यहाँ $l_1 = 75$ mm

अतः $$F_1 = \frac{12.5 \times 75 \times 80}{\sqrt{2}} = 53041 \text{ N}$$

एवं दोहरे समानान्तर फिलेट वेल्ड द्वारा सहा गया भार

$$F_2 = \sqrt{2} \,.\, t \,.\, l_2 \,.\, \tau$$

यहाँ l_2 = समानान्तर फिलेट वेल्ड की लम्बाई है।

$$= \sqrt{2} \times 12.5 \times l_2 \times 60$$

$$= 1060.66\, l_2 \text{ N}$$

अतः जोड़ द्वारा सहा गया भार

$$F = F_1 + F_2$$

$$75 \times 10^3 = 53041 + 1060.66\, l_2$$

$$1060.66\, l_2 = 75000 - 53041$$

$$1060.66\, l_2 = 21959$$

$$l_2 = \mathbf{20.7\ mm}$$

12.5 mm जोड़ने पर,

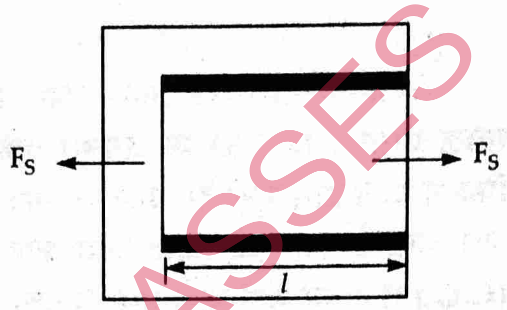
$$l_2 = 20.7 + 12.5$$

$$= \mathbf{33.2\ mm}$$ **उत्तर**

उदाहरण 5.14. एक 150 mm लम्बी आयताकार प्लेट को 10 mm के फिलेट के द्वारा दूसरी प्लेट पर अनुदैर्ध्य दिशा में दोनों ओर वेल्ड किया गया है। यदि अनुमेय अपरूपण प्रतिबल 100 MN/m² हो, तो अधिकतम अनुदैर्ध्य भार की गणना कीजिए जिसे प्लेट पर लगाया जा सके।

हल—चित्र 5.31 का अवलोकन कीजिए। दिया है—

1. प्लेट या वेल्ड की लम्बाई $(l) = 150$ mm
2. वेल्ड पदार्थ के लिए अपरूपण प्रतिबल $(\tau_s) = 100$ MN/m^2 $= 100$ N/mm^2
3. फिलेट वेल्ड का साइज = प्लेट की मोटाई



चित्र-5.31

अत: दोहरे समानान्तर फिलेट वेल्ड द्वारा सहा गया भार

$$F_s = \sqrt{2}\ t.l.\tau$$

$$= \sqrt{2} \times 10 \times 150 \times 100$$

$$= 212132 \text{ N}$$

$$= \mathbf{212.13\ kN}$$ **उत्तर**

5.2.2. (E) अक्षीय भारित असममित वेल्ड जोड़

(Axially Loaded Unsymmetrical Welded Sections)

कभी-कभी असममित काट जैसे चैनल, ऐंगल, T-काट आदि, जो फ्लैंज के सिरों पर वेल्ड किए गये होते हैं, अक्षीय भार लगाया जाता है जैसा कि चित्र 5.32 में दिखाया गया है। ऐसी अवस्था में वेल्ड की लम्बाईयाँ इस प्रकार निर्धारित की जाती हैं कि वेल्ड के प्रतिरोध घूर्णों का बीजगणितीय योग काट के गुरुत्व केन्द्र (C.G.) से होकर जाने वाली अक्ष पर शून्य हो।

चित्रानुसार,

l_a = ऊपरी सिरे पर वेल्ड की लम्बाई

l_b = निचले सिरे पर वेल्ड की लम्बाई

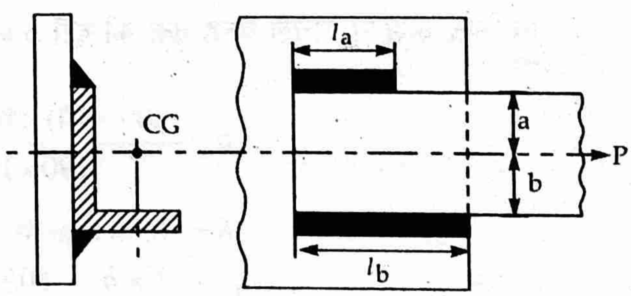
L = वेल्ड की कुल लम्बाई $= (l_a + l_b)$

P = अक्षीय भार

a = केन्द्र अक्ष से ऊपरी वेल्ड तक की दूरी

σ = केन्द्र अक्ष से निचले वेल्ड तक की दूरी

σ = वेल्ड की एकाँक लम्बाई पर उपजा प्रतिरोध



चित्र-5.32 अक्षीय भारित असममित वेल्ड जोड़

केन्द्र अक्ष के परित: ऊपरी वेल्ड के प्रतिरोध का घूर्ण $= l_a \times \sigma \times a$

तथा केन्द्र अक्ष के परित: निचले वेल्ड के प्रतिरोध का घूर्ण $= l_b \times \sigma \times b$

क्योंकि वेल्ड के प्रतिरोध घूर्णों का बीजगणितीय योग काट के गुरुत्व केन्द्र (C.G.) से होकर जाने वाली अक्ष पर शून्य है। अत:

AKC TECHNICAL CLASSES

$$l_a \times \sigma \times a - l_b \times \sigma \times b = 0$$

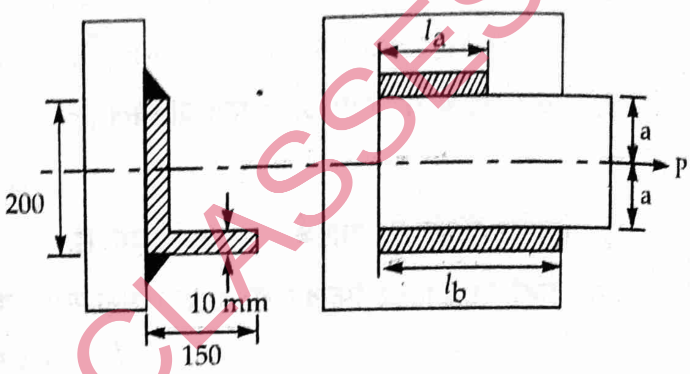
$\therefore$ $$l_a \times a = l_b \times b \quad ...(i)$$

परन्तु $$L = (l_a + l_b) \quad ...(ii)$$

समीकरण (i) तथा (ii) से

$$l_a = \frac{L \times b}{(a+b)} \text{ तथा } l_b = \frac{L \times a}{(a+b)}$$

उदाहरण 5.15. एक 200 × 150 × 10 mm माप की स्टील एंगल चित्र 5.33 के अनुसार एक स्टील प्लेट से फिलेट वेल्ड द्वारा जुड़ी है। एंगल पर 200 kN का स्थैतिक भार लगा है। भार की क्रिया रेखा काट के गुरुत्व केन्द्र (C.G.) से होकर जाने वाले समतल तथा वेल्ड के समतल के इन्टरसेक्शन पर है। ऊपरी तथा निचले सिरे पर वेल्ड की लम्बाईयाँ ज्ञात करो जबकि वेल्ड पदार्थ के लिए अनुमेय कर्तन प्रतिबल 75 MPa है।



चित्र-5.33

हल—दिया है,

$$P = 200 \times 10^3 \text{ N}, \tau = 75 \text{ MPa} = 75 \text{ N/mm}^2$$

प्लेट की मोटाई या वेल्ड साइज $t = 10$ mm

वेल्ड में उत्पन्न कर्तन प्रतिबल

$$\tau = \frac{P}{L \times \frac{t}{\sqrt{2}}} \quad \text{या} \quad 75 = \frac{200 \times 10^3}{L \times \frac{10}{\sqrt{2}}}$$

$\therefore$ L = वेल्ड की कुल लम्बाई = 377.12 या 378 mm

अब केन्द्र अक्ष से निचले वेल्ड तक की दूरी $b = \frac{A_1 Y_1 + A_2 Y_2}{A_1 + A_2}$ से,

$$b = \frac{(200-10) \times 10 \times 105 + 150 \times 10 \times 5}{(190 \times 10) + (150 \times 10)} = 60.88 \text{ mm}$$

$\therefore$ $b = 60.88$ mm तथा $a = 200 - 60.88 = $ **139.11 mm**

$$l_a = \frac{L \times b}{(a+b)} = \frac{60.88 \times 378}{200} = \mathbf{115.06 \text{ mm}}$$ उत्तर

$\therefore$ $$l_b = L - l_a = 378 - 115.06 = \mathbf{292.94 \text{ mm}}$$ उत्तर

5.2.2. (F) फिलेट वेल्डित जोड़ सम्बन्धित विशेष स्थितियाँ

फिलेट वेल्डित जोड़े से सम्बन्धित कुछ महत्त्वपूर्ण स्थितियाँ हैं—

(i) वृत्तीय फिलेट वेल्ड, जिस पर मरोड़ घूर्णन लगा है—माना एक 'd' व्यास की बेलनाकार छड़, एक दृढ़ प्लेट पर फिलेट वेल्ड द्वारा जोड़ी गई है जैसा कि चित्र 5.34 में प्रदर्शित है। पुनः माना—

AKC TECHNICAL CLASSES

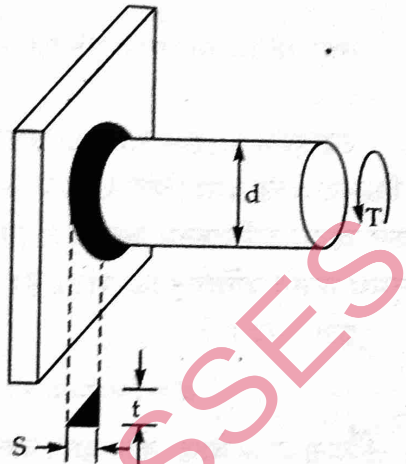
T = छड़ पर लगने वाला मरोड़ घूर्ण, s = वेल्ड का साइज

r = छड़ का अर्ध व्यास = $d/2$, t = कंठ की मोटाई

τ = वेल्ड काट का ध्रुवीय जड़त्व आघूर्ण = $\frac{\pi t d^3}{4}$

सूत्र $\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r}$ से, वेल्ड पदार्थ में कर्तन प्रतिबल $\tau = \frac{T \cdot r}{j}$

$$\therefore \qquad \tau = \frac{T \times d/2}{\frac{\pi t \cdot d^3}{4}} = \frac{2T}{\pi t d^2}$$

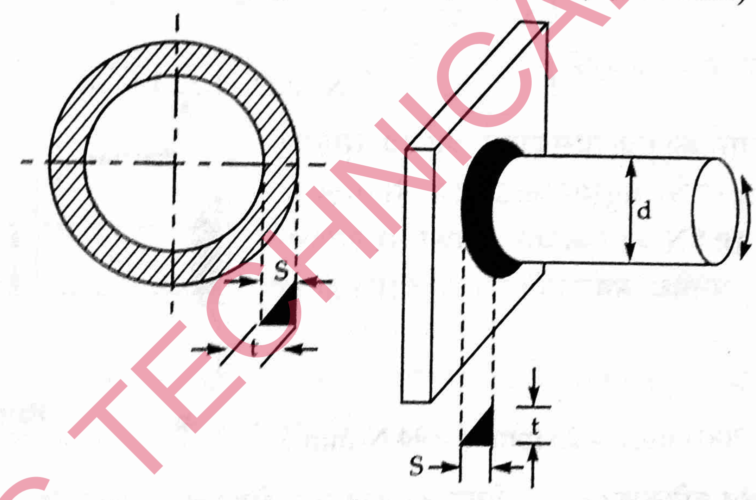


चित्र-5.34

ये कर्तन प्रतिबल फिलेट वेल्ड की एक लेग (leg) के अनुदिश एक क्षैतिज समतल में उपजते हैं। अधिकतम कर्तन प्रतिबल वेल्ड के कंठ पर उपजेंगे जो क्षैतिज तल से 45° पर नत होगा। अतः कंठ की लम्बाई $t = s \cdot \sin 45° = 0.707\, s$

तथा अधिकतम कर्तन प्रतिबल $\tau_{max} = \frac{2T}{\pi \times 0.707\, s \times d^2} = \frac{2.83\, T}{\pi s d^2}$

(ii) वृतीय फिलेट वेल्ड, जिस पर नमनपूर्ण लगा है—इस स्थिति में, (चित्र 5.35)



चित्र-5.35

M = छड़ पर लगने वाला नमन घूर्ण

Z = वेल्ड काट का आकृति मापांक = $\frac{\pi t d^2}{4}$

हम जानते हैं कि—

$$\text{नमन प्रतिबल } \sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{M}{\frac{\pi t d^2}{4}} = \frac{4M}{\pi t d^2}$$

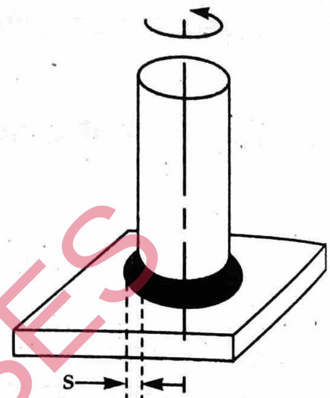
ये नमन प्रतिबल फिलेट वेल्ड की एक लेग (leg) के अनुदिश एक क्षैतिज समतल में उपजते हैं। अधिकतम नमन प्रतिबल वेल्ड के कंठ पर उपजेंगे जो क्षैतिज तल के 45° पर नत होगा।

AKC TECHNICAL CLASSES

अतः कंठ की लम्बाई, $t = s \sin 45° = 0.707 \times s$

तथा अधिकतम नमन प्रतिबल $\sigma_{b\,(max)} = \dfrac{4M}{\pi \times 0.707 \times s \times d^2} = \dfrac{5.66\,M}{\pi\, s\, d^2}$

उदाहरण 5.16—50 mm व्यास की ठोस शाफ्ट को एक समतल प्लेट से 10 mm के फिलेट वेल्ड द्वारा चित्र 5.36 के अनुसार जोड़ा गया है। वेल्ड जोड़ द्वारा सहन किये जा सकने वाला अधिकतम बलाघूर्ण ज्ञात कीजिए जबकि वेल्ड पदार्थ के लिए अधिकतम अनुमेय कर्तन प्रतिबल 80 MPa है।



चित्र-5.36

हल—दिया है,

$$d = 50\text{ mm},\ s = 10\text{ mm},\ \tau_{max} = 80\text{ MPa} = 80\text{ N/mm}^2$$

माना T = वेल्ड जोड़ द्वारा वहन किये जाने वाला अधिकतम बलाघूर्ण

हम जानते हैं कि—

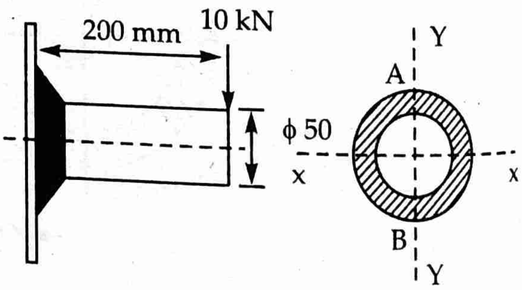
$$\text{अधिकतम कर्तन प्रतिबल } \tau_{max} = \frac{2.83\,T}{\pi\, s\, d^2}$$

$$\therefore \quad 80 = \frac{2.83\,T}{\pi \times 10 \times (50)^2} = \frac{2.83\,T}{78550}$$

$$\therefore \quad T = \frac{78550 \times 80}{2.83}$$

$$\therefore \quad T = 2.202 \times 10^6\text{ N-mm} = \mathbf{2.22\ kN\text{-}m}$$ उत्तर

उदाहरण 5.17. 50 mm व्यास की एक ठोस शाफ्ट को एक समतल प्लेट से फिलेट वेल्ड द्वारा चित्र 5.37 के अनुसार जोड़ा गया है। वेल्ड के समतल से 200 mm की दूरी पर 10 kN का एक बल, शाफ्ट पर लगाया गया है। यदि वेल्ड पदार्थ के लिए अनुमेय कर्तन प्रतिबल 94 MPa हो तो वेल्ड का साइज ज्ञात करो।



चित्र-5.37

हल—दिया है,

$$P = 10000\text{ N},\ e = 200\text{ mm},\ r = 25\text{ mm},\ \tau = 94\text{ N/mm}^2$$

(i) सीधा या प्राथमिक कर्तन प्रतिबल (τ_d)—वेल्ड का कुल कंठ क्षेत्रफल

$$A = 2\pi r t = 50\pi t\text{ mm}^2$$

$$\therefore \quad \text{सीधा कर्तन प्रतिबल } \tau_d = \frac{P}{A} = \frac{10000}{50\,\pi t} = \frac{63.66}{t}\text{ N/mm}^2 \quad \text{...(i)}$$

(ii) नमन घूर्ण के कारण कर्तन प्रतिबल (τ_b)—प्रश्नानुसार नमनघूर्ण $M = P\,.\,e$

$$M = 10000 \times 200 = 2 \times 10^6\text{ N-mm}$$

(x–x) अक्ष के परितः वेल्ड का जड़त्व आघूर्ण $I_{xy} = \pi r^3\,.\,t = \pi (25)^3\,.\,t$

$$= 49087.385\, t\text{ mm}^4$$

तथा $$y = r = 25\text{ mm}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

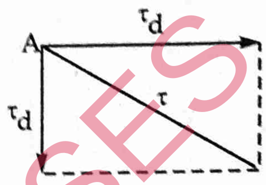
$\therefore$ नमन घूर्ण के कारण कर्तन प्रतिबल $\tau_b = \dfrac{M.y}{I_{xx}} = \dfrac{2\times10^6\times25}{49087.385\,t}$

$$\therefore \quad \tau_b = \frac{1018.59}{t}\ \text{N/mm}^2$$

(iii) परिणामी कर्तन प्रतिबल (τ)—(देखें चित्र-5.38) बिन्दु *A* पर परिणामी कर्तन प्रतिबल

$$\tau = \sqrt{\tau_d^2 + \tau_b^2} = \sqrt{\left[\frac{63.66}{t}\right]^2 + \left[\frac{1018.59}{t}\right]^2}$$

$$\therefore \quad \tau = \frac{1020.58}{t}\ \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



चित्र-5.38 बिन्दु A पर परिणामी कर्तन प्रतिबल

(iv) वेल्ड साइज (*S*)— $$94 = \frac{1020.58}{t}$$

$$\therefore \quad t = 10.86 \text{ mm}$$

$$\therefore \quad s = \sqrt{2}\,.\,t = \sqrt{2}\times10.86 = 15.36 \text{ mm या } 16 \text{ mm}$$

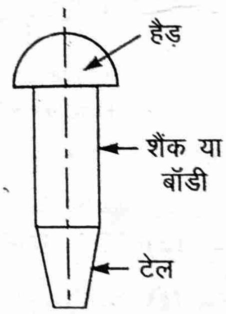
$$\mathbf{s = 16\ mm}$$ **उत्तर**

5.2.3 रिवेटित जोड़ (Riveted Joints)

दो प्लेटों को आपस में जोड़ने के लिए अभियान्त्रिकी में विभिन्न विधियाँ प्रयोग की जाती हैं। रिवेटिंग (riveting) इन विधियों में से एक है। इसके द्वारा स्थायी प्रकार (Permanent type) का जोड़ बनता है। एक जोड़ में रिवेट लगाने का मुख्य उद्देश्य यह है कि प्लेटें आपस में जुड़ जाये तथा जोड़ सामर्थ्यवान हो व उसमें ढीलापन न हो।

5.2.3. (a) रिवेट तथा उनके प्रकार (Rivet and its Types)

रिवेट एक छोटी बेलनाकार छड़ है जिसके ऊपरी सिरे पर हैड बना होता है तथा निचले सिरे पर पूँछ (Tail) होती है। मध्य भाग शैंक (Shank) या बॉडी कहलाता है। रिवेटिंग क्रिया के अन्तर्गत पूँछ (Tail) का स्थूलवर्धन करके दूसरा हैड बनाया जाता है। जिसे ड्रिविन हैड (Driven head) कहते हैं तथा आकार तथा साइज में वह मुख्य हैड जैसा ही होता है।



चित्र-5.39

5.2.3. (b) रिवेटों का वर्गीकरण

विभिन्न प्रकार के रिवेटों को निम्न आधारों पर वर्गीकृत किया जाता है—

(1) आकृति के आधार पर—

(a) **ठोस** (Solid) **रिवेट**—इसका शैंक ठोस होता है तथा सामान्य कार्यों के लिए प्रयोग की जाती है।

(b) **खोखली** (Hollow) **रिवेट**—ये रिवेट खोखली होती हैं इनका उपयोग फाइल कवर (file cover), जूते, चप्पल आदि में होता है।

(c) **द्विशाखित** (Bifurcated) **रिवेट**—इस प्रकार के रिवेटों की पूँछ (tail) दो भागों में विभक्त होती है तथा हैंडबैग, अटैची आदि में प्रयोग की जाती है।

(2) रिवेट हैड (Rivet Head) **की आकृति के आधार पर**—IS : 2155-1982 के अनुसार 12 mm व्यास तक तथा सामान्य कार्यों में प्रयुक्त होने वाले कुछ प्रमुख रिवेट हैड निम्न हैं—

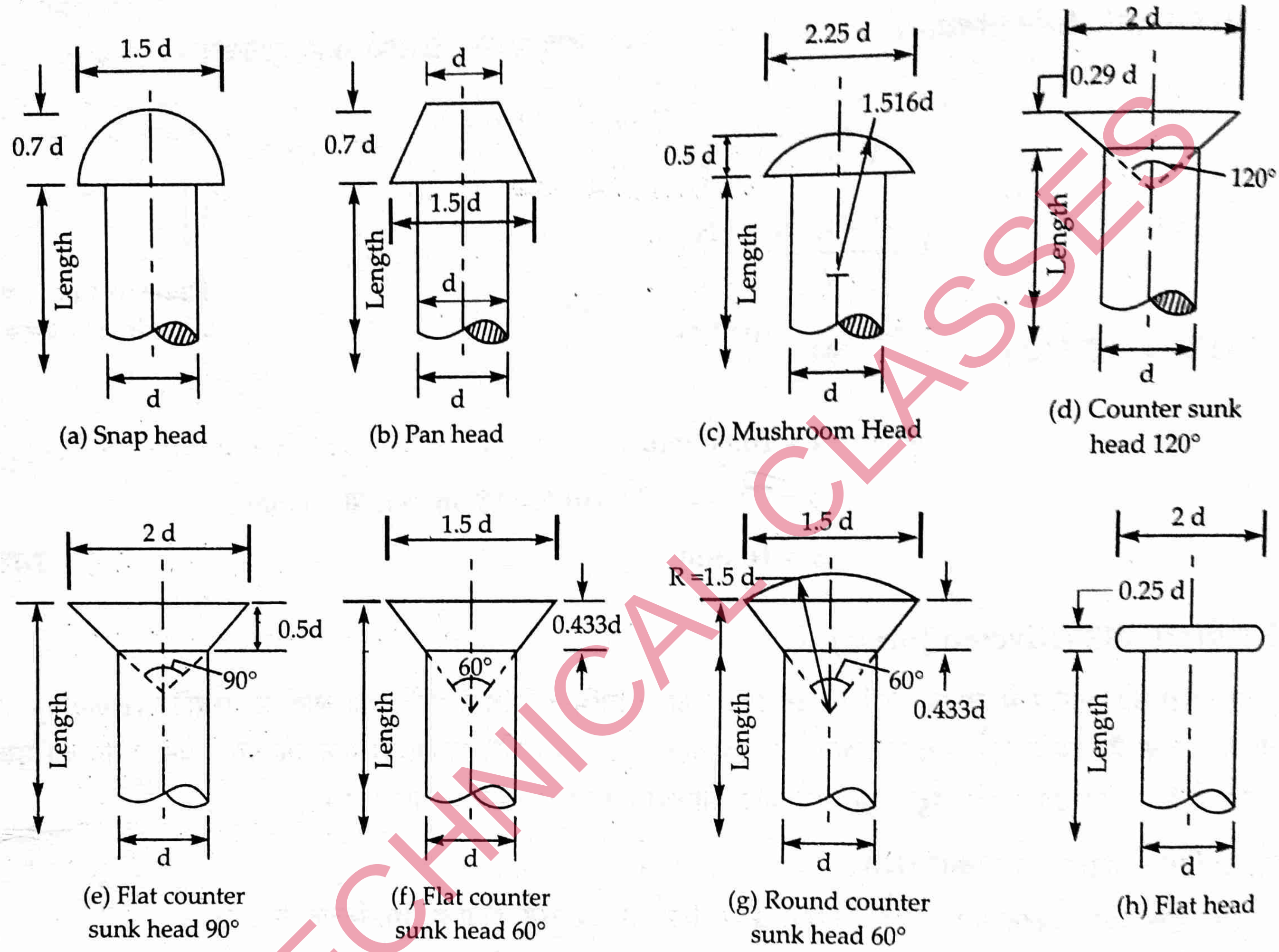
AKG TECHNICAL CLASSES

(a) स्नेप हैड (Snap head)

(b) पेन हैड (Pan head)

(c) मशरूम हैड (Mushroom head)

(d) चपटा-काऊंटर शँक हैड (Flat counter sunk head) (CSK at 120°, 90°, 60°)



चित्र-5.40 विभिन्न प्रकार के रिवेट हैड

(e) गोल-काऊंटर शँक हैड (Round-counter sunk head at 60°)

(f) चपटा हैड (flat head)।

ये सभी चित्र 5.40 के अनुसार प्रदर्शित हैं। स्नेप हैड रिवेट द्वारा जोड़ की अधिकतम सामर्थ्य प्राप्त होती है। अत: इसका सर्वाधिक उपयोग होता है।

5.2.3. (c) रिवेट पदार्थ तथा उनका चयन

रिवेटों का पदार्थ तन्य (ductile) तथा कड़ा (tough) होना चाहिए। ये प्राय: कार्बन इस्पात, मिश्रधातु इस्पात, स्टेनलैस इस्पात (Stainless steel), मृदु इस्पात, पिटवाँ लोहा, ताँबे तथा ऐल्युमीनियम की मिश्र धातु तथा पीतल आदि की बनायी जाती है। जब तरलरोधी तथा मजबूत जोड़ बनाने की आवश्यकता होती है तो स्टील के रिवेट प्रयोग किए जाते हैं। हल्के कार्यों के लिए ताँबे, पीतल या ऐल्युमीनियम के बनाये जाते हैं। संरचनात्मक कार्यों के लिए रिवेट IS code—1148-1982 या IS code 1149-1982 के अनुसार स्टील के बनाये जाते हैं। बॉयलर कार्यों के लिए रिवेट IS code—1990-1973 के अनुसार स्टील के बनाये जाते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

5.2.3. (d) रिवेटित जोड़ों के उपयोग

रिवेटन का उपयोग धातु-चादर या प्लेटों को जोड़ने में होता है। रिवेटन का उपयोग क्षरण न होने देने के लिए, बॉयलर खोलों को बनाने, द्रव-पात्रों तथा गैस टैंक आदि बनाने में होता है। इसके अतिरिक्त इन जोड़ों का उपयोग पुल तथा छतों के ढाँचे बनाने, गर्डन जोड़ने, समुद्री जहाज व रेलगाड़ी के डिब्बे बनाने, मशीनों के फ्रेम बनाने आदि में भी होता है।

5.2.3. (e) रिवेटित जोड़ों के लाभ तथा हानियाँ (Advantages and Disadvantages or Riveted Joints)

लाभ—

(1) ये जोड़ सरल तथा विश्वसनीय होते हैं।

(2) धातु व अधातु दोनों ही प्रकार के पदार्थों के लिए उपयुक्त है।

(3) इनको बनाने के लिए अधिक कुशल कारीगर होना आवश्यक नहीं है।

(4) असमान मोटाई एवं असमान धातु पदार्थों एवं संयोजनों को शीघ्रता से जोड़ा जा सकता है।

(5) इसका उपयोग एक पिवट, कैम-फालोअर, विद्युत सम्पर्क तथा अन्य कार्यकारी अंग के रूप में भी होता है।

(6) जोड़ की जाँच हेतु "x-ray" जैसे महँगे उपकरणों की आवश्यकता नहीं होती।

हानियाँ—

(1) वेल्डन की तुलना में इस जोड़ की सामर्थ्य कम होती है।

(2) प्राय: रिवेटित जोड़ न तो वायुरोधी और न ही जलरोधी होते हैं।

(3) जोड़ों की दक्षता कम होती है।

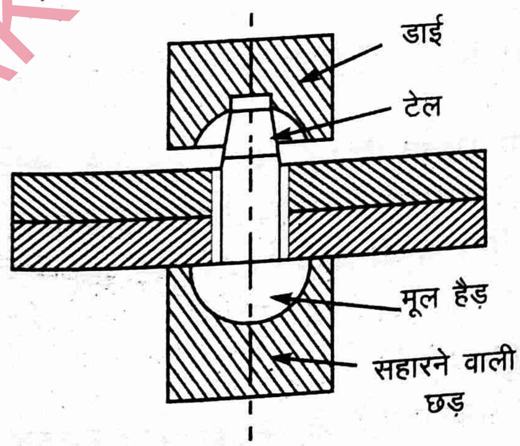
(4) रिवेटन क्रिया में शोर अधिक होता है।

(5) समय अधिक लगता है।

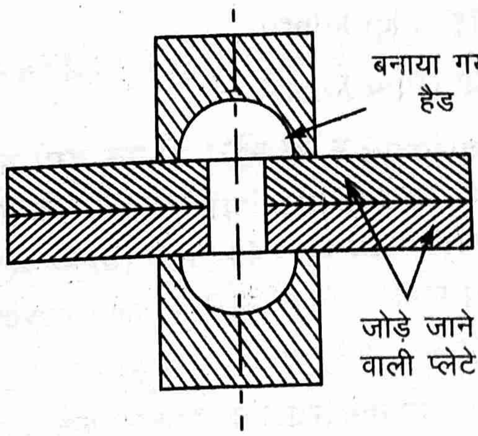
(6) रिवेट जोड़ बनाने के लिए पर्याप्त स्थान की आवश्यकता होती है।

5.2.3. (f) रिवेट जोड़ के निर्माण (To Make a Riveted Joint)

जब दो प्लेटों को रिवेटों द्वारा जोड़ा जाता है तो सर्वप्रथम जोड़े जाने वाली प्लेटों में पंचिंग (Punching) अथवा ड्रिलिंग (Drilling) द्वारा छिद्र बनाये जाते हैं। पँच किये जाने वाले छिद्र का व्यास प्राय: रिवेट व्यास से 1.5 mm बड़ा रखा जाता है। अब छिद्र करने के पश्चात् रिवेट को छिद्र में डालते हैं। फिर प्लेटों को पलटकर रिवेट की टेल को ऊपर की ओर करते हैं। अब पहले से बने रिवेट हैड को रिवेटन निहाई (anvil) या किसी सहारने वाली छड़ पर सहारकर चित्र 5.41 (a) के अनुसार पहले रिवेट सेट (rivet set) अथवा डाई की सहायता से ऊपर वाले प्लेट को रिवेट शैंक के चारों ओर नीचे दबा लेते हैं। फिर रिवेट



(a) प्रारम्भिक अवस्था



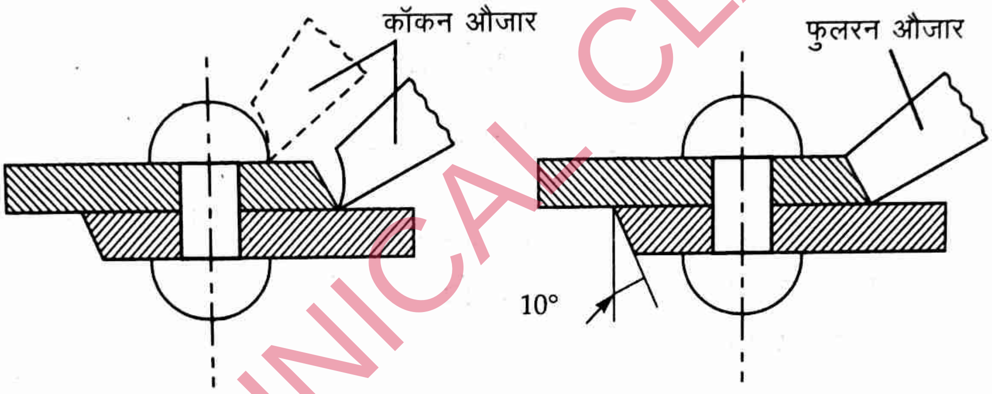
(b) अन्तिम अवस्था

चित्र-5.41 रिवेट जोड़ बनाने की विधि

की टेल पर हथौड़े से सीधा प्रहार करते हैं जिससे कि यह छिद्र की सतह पर थोड़ी फैल जाये तथा डाइ में बने होल (Hole) की शक्ल धारण कर ले जैसे कि चित्र 5.41 (b) में दिखाया गया है। आवश्यकतानुसार बॉलपिन हैमर का प्रयोग करके बनाये गये हैड को परिष्कृत (finished) आकृति प्रदान की जा सकती है। मशीन रिवेटन में डाई हथौड़े में ही बनी होती है। जिसको वायु, द्रवीय (hydraulic) अथवा भाप दाब (Steam pressure) द्वारा चलाया जाता है।

5.2.3. (g) रिवेट जोड़ों को रिसाव रोधी बनाना (Leak Proofing Riveted Joints)

कॉकन तथा फुलरन (Caulking and fullering)—भाप बॉयलरों, वायुग्राही सिलेण्डर अथवा टैंकों आदि पर जलरोधी (water tight) या भाप रोधी (steam tight) जोड़ बनाने के लिए रिवेट जोड़ पर कॉकन क्रिया की जाती है। इस क्रिया के अन्तर्गत चित्र 5.42 (c) के अनुसार एक कॉकन औजार द्वारा रिवेट हैड तथा प्लेट की किनारें दबा दी जाती हैं। कॉकन औजार लगभग 5 mm मोटा तथा 38 mm चौड़ा एक छेनी (chiesel) के आकार का होता है जिसका सिरा चपटा होता है। कॉकन क्रिया कठिन होती है यदि ठीक तरह से न की जाये तो जोड़ खुलने का भय रहता है।



(a) कॉकन **(b) फुलरन**

(कॉकन तथा फुलरन)

चित्र-5.42

फुलरन भी कॉकन क्रिया जैसा ही प्रक्रम (Process) है परन्तु यह कॉकन से आसान है। यह क्रिया फुलरन औजार द्वारा की जाती है। जैसा कि चित्र 5.42 (b) में दिखाया गया है। इस औजार का सिरा प्लेट की मोटाई के बराबर होता है जिसे लगभग 80° पर टेपरित किया गया होता है।

5.2.3. (h) रिवेट जोड़ों के प्रकार (Types of Riveted Joints)

रिवेटेड जोड़ साधारणतया दो प्रकार के होते हैं—

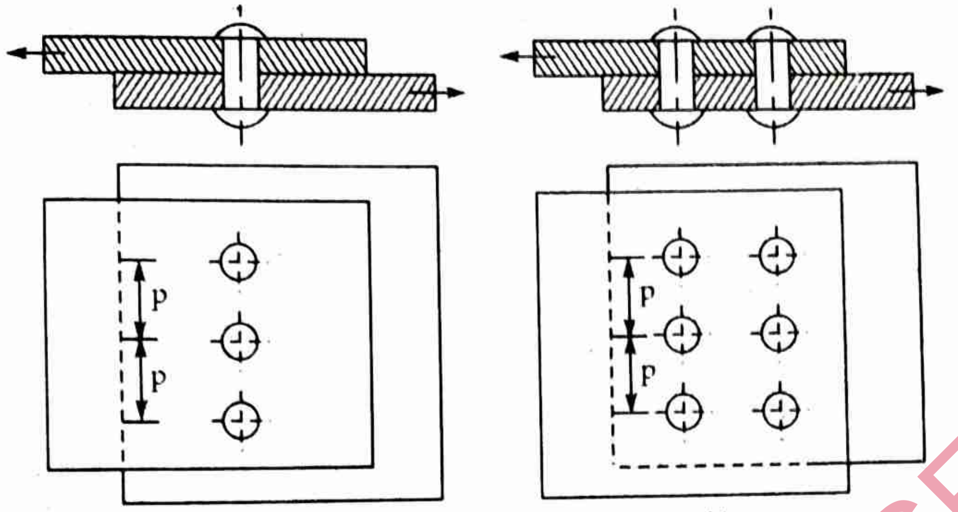
(i) लैप जोड़ (Lap Joint)।

(ii) बट जोड़ (Butt Joint)।

लैप जोड़ (lap joint) में, दो प्लेटों को एक दूसरे के ऊपर रखकर चित्र 5.43 (a) व (b) के अनुसार रखकर रिवेटिंग की जाती है जबकि बट जोड़ (butt joint) में दो प्लेटों के सिरों को मिलाकर एवं उनके ऊपर एक कवर प्लेट या ऊपर व नीचे एक-एक कवर प्लेट रखकर चित्र 5.44 (a) व (b) के अनुसार रिवेटिंग की जाती है। एक बट जोड़ जिसमें एक कवर प्लेट प्रयोग की गई हो, उसे एकल प्लेट बट जोड़ (single cover plate butt joint) एवं जिसमें दो कवर प्लेट प्रयोग की जाती है, उसे दोहरी कवर प्लेट बट जोड़ (double cover plate butt joint) कहते हैं।

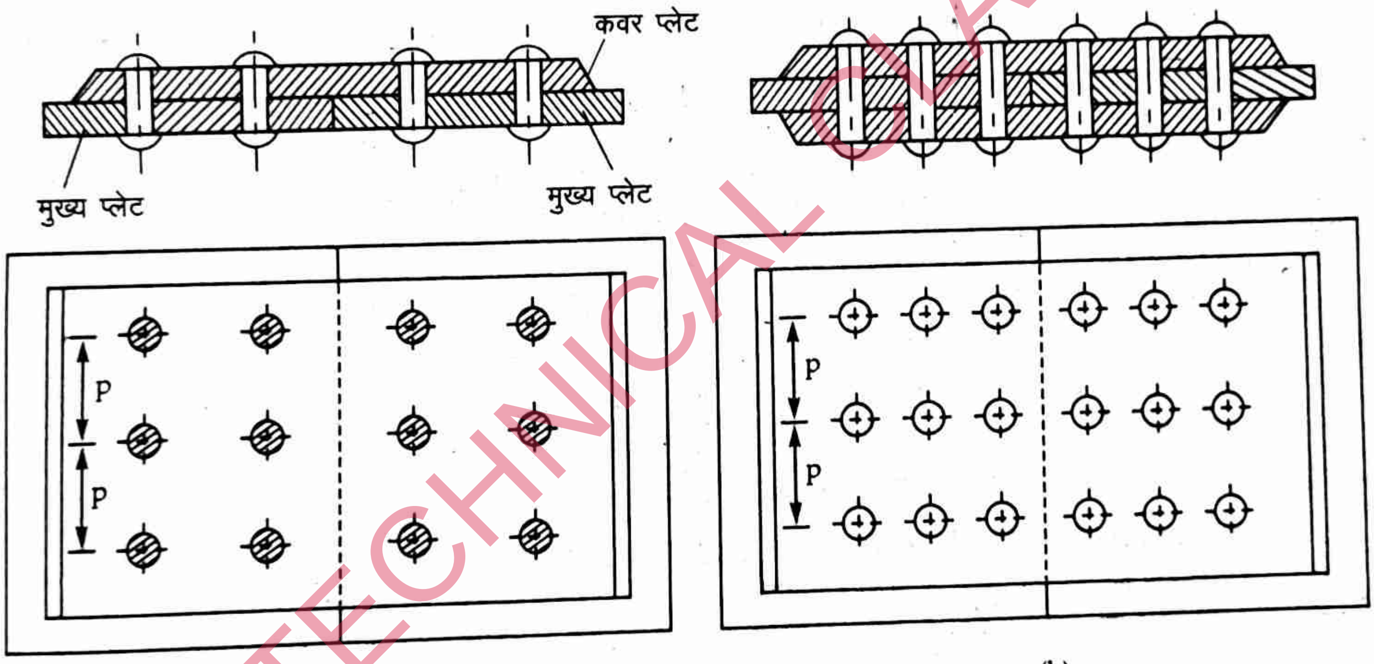
जोड़ जिनमें एक, दो तीन रिवेटों की पंक्तियाँ एक-दूसरे के समानान्तर चित्रानुसार हों, को हम एकल रिवेट, दोहरी रिवेट या ट्रिपल रिवेट जोड़ कहते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES



(a) (b)

चित्र 5.43. (a) एकल रिवेटेड लैप जोड़ (Single riveted Lap joint)
(b) डबल रिवेटेड लैप जोड़ (Double riveted Lap joint)



(a) (b)

चित्र 5.44. (a) डबल रिवेटेड एकल कवर प्लेट बट जोड़ (Double riveted single cover plate butt joint)
(b) ट्रिपल रिवेटेड डबल कवर प्लेट बट जोड़ (Triple riveted double cover plate butt joint)

5.2.3. (i) रिवेटों को प्लेटों में लगाने की विधियाँ (Methods or Riveting in Plates)

रिवेटों को प्लेटों में लगाने की तीन विधियाँ हैं—

(a) चैन-रिवेटिंग (Chain Riveting)।

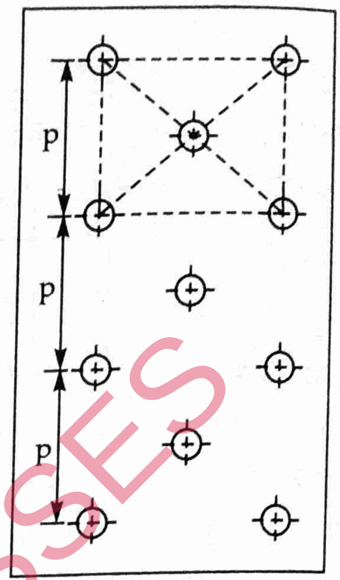
(b) जिग-जैग रिवेटिंग (Zig-Zag Riveting)।

(c) डायमण्ड रिवेटिंग (Diamond Riveting)।

(a) चैन रिवेटिंग (Chain Riveting)—इस विधि में एक रिवेट के केन्द्र के सामने क्षैतिज एवं ऊर्ध्वाधर दिशा में एक-एक रिवेट लगाया जाता है। देखिये चित्र 5.44 (b) व चित्र 5.44 (a) व (b)।

AKC TECHNICAL CLASSES

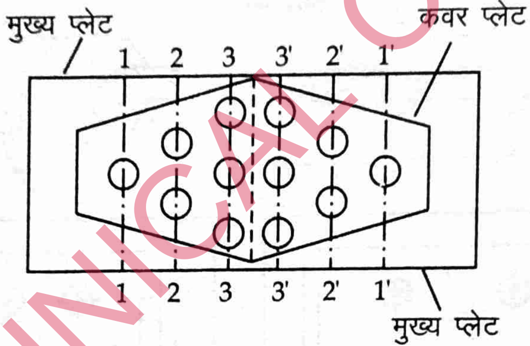
(b) जिंग-जैग रिवेटिंग (Zig Zag Riveting)—इस विधि में द्वितीय पंक्ति में रिवेटों को इस प्रकार लगाया जाता है कि वे प्रथम एवं तृतीय पंक्ति में लगे रिवेटों के मध्य में रहे। इस प्रकार प्रथम या तृतीय पंक्ति के दो लगातार रिवेटों के मध्य लगे रिवेट के केन्द्रों को मिलाने पर एक त्रिभुज बनता है। देखिये चित्र 5.45।



चित्र-5.45 जिंग रिवेटिंग (zig zag riveting)

इस प्रकार चौथी, छठवीं, आठवीं पंक्तियाँ द्वितीय पंक्ति के समान व पाँचवीं, सातवीं नौंवी पंक्ति प्रथम पंक्ति के समान होगी।

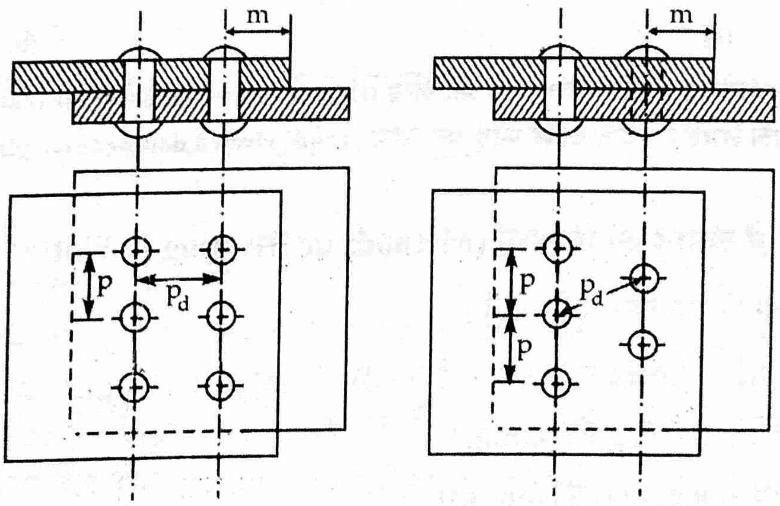
(c) डायमण्ड रिवेटिंग (Diamond Riveting)—इस विधि को संरचनाओं (structures) में प्रयोग किया जाता है। देखिये चित्र 5.46। इस विधि में दो जोड़े जाने वाले मुख्य अवयवों को एक-दूसरे के विरुद्ध रखकर उनके ऊपर कवर प्लेट रखकर इस प्रकार रिवेटिंग की जाती है कि प्रत्येक प्लेट की बाह्य पंक्ति में एक रिवेट तथा सबसे अन्दर की पंक्ति में रिवेटों की संख्या अधिकतम रहे।



चित्र-5.46 डायमण्ड रिवेटिंग (Diamond riveting)

5.2.3. (j) रिवेटेड जोड़ के सम्बन्ध में आवश्यक तकनीकी पद (Important Technical Terms used in Riveted Joints)

चित्र 5.47 का अवलोकन करें।



(a) (b)

चित्र-5.47 (a) डबल रिवेटिंग लैप जोड़ (चैन रिवेटिंग) [Double riveting Lap joint (Chain riveting)]
(b) डबल रिवेटिंग लैप जोड़ (जिग जैग रिवेटिंग) [Double riveting Lap joint (Zig Zag riveting)]

AKC TECHNICAL CLASSES

(1) पिच (Pitch)—जोड़ की लम्बाई में लगे दो लगातार रिवेटों के केन्द्र से केन्द्र तक की दूरी को जोड़ का पिच कहते हैं। इसे p से प्रदर्शित करते हैं। इसका मान किसी भी अवस्था में $2d$ से कम नहीं होना चाहिए।

(2) बैक पिच (Back Pitch)—बैक पिच दो रिवेट पंक्तियों के मध्य एक रिवेट के केन्द्र से साथ में लगे रिवेट के केन्द्र तक की क्षैतिज दूरी को बैक पिच कहते हैं। इसका मान साधारणतया $2d$ से $3d$ तक रखा जाता है।

(3) विकर्ण पिच (Diagonal Pitch)—जिग जैग प्रकार के रिवेटिड जोड़ में साथ की दो पंक्तियों (adjacent rows) में लगे रिवेटों के मध्य की दूरी को विकर्ण पिच कहते हैं। उसे 'p_d' से प्रदर्शित करते हैं। देखिये चित्र 5.47 (ब)।

(4) मारजीनल पिच (Marginal Pitch)—रिवेडिट जोड़ के सबसे बाहर के रिवेट छिद्र से किनारे तक की क्षैतिज दूरी को मारजीनल पिच कहते हैं। इसे m से प्रदर्शित किया जाता है। इसका मान $1.5d$ से कम नहीं होना चाहिए। देखिये चित्र 5.47 (a) और (b)।

(5) रिवेट मान (Rivet Value)—एक रिवेट द्वारा कर्तन (shearing) एवं अवभंजन (crushing) में सही गयी सामर्थ्य में से कम वाली सामर्थ्य को रिवेट मान (rivet value) कहते हैं। इसे 'R' से प्रदर्शित किया जाता है।

5.2.4 रिवेट जोड़ों का असफल होना (Failure of Riveted Joints)

रिवेट जोड़ों की सामर्थ्य तथा उनके असफल होने की सम्भावनाओं को प्रति पिच लम्बाई ज्ञात किया जाता है। प्रति पिच लम्बाई, जो सामर्थ्य आयेगी वही सम्पूर्ण लम्बाई में प्रत्येक पिच लम्बाई के लिये भी सत्य होगी।

रिवेट जोड़ के असफल होने की निम्न चार सम्भावनाएँ हैं—

(i) पिच लम्बाई में प्लेट का फटने में असफल होना।

(ii) रिवेटों का कर्तन में असफल होना।

(iii) प्लेट या रिवेटों का सम्पीडन में असफल होना।

(iv) रिवेट छिद्र एवं प्लेट की बाह्य किनार के मध्य, प्लेट का फटना।

यदि p = लम्बाई में लगे लगातार दो रिवेटों के केन्द्रों के मध्य की दूरी।

d = छिद्र या रिवेट का व्यास।

t = जोड़ी जाने वाली प्रत्येक प्लेट की मोटाई।

t_c = कवर प्लेट की मोटाई।

σ_t = प्लेट के पदार्थ में उत्पन्न अनुमेय तनाव प्रतिबल।

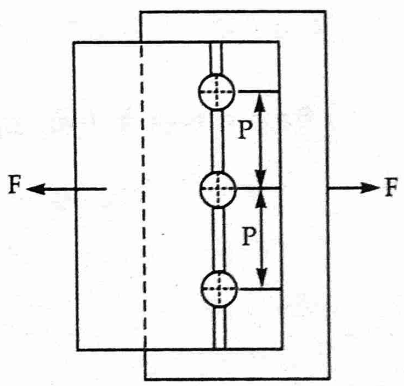
τ = रिवेट के पदार्थ में उत्पन्न अनुमेय कर्तन प्रतिबल।

σ_c = रिवेट या प्लेट के पदार्थ में उत्पन्न बियरिंग या क्रसिंग प्रतिबल।

n = प्रति पिच लम्बाई में रिवेटों की संख्या।

अब हम प्रत्येक प्रकार की असफल होने की सम्भावना का विस्तार से अध्ययन करेंगे।

(i) प्लेट का फटने में असफल होना (Tearing of Plate)—मुख्य प्लेटों में तनाव प्रतिबलों के कारण, मुख्य प्लेट या कवर प्लेट की रिवेट पंक्ति के आड़े (across a row of rivets) फटने की सम्भावना रहती है। देखिये चित्र 5.48।



चित्र-5.48

AKC TECHNICAL CLASSES

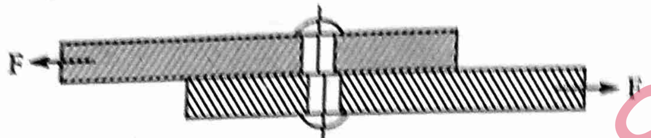
हम जानते हैं, कि प्लेट का प्रति पिच लम्बाई फटने वाला क्षेत्रफल

$$A_t = (p-d) \times t$$

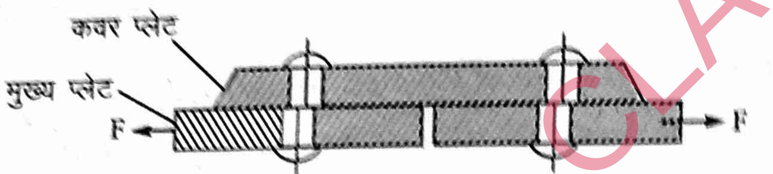
∴ प्लेट के फटने के लिये आवश्यक तनाव बल

$$F_t = (p-d) \times t \times \sigma_t \quad \text{...(1)}$$

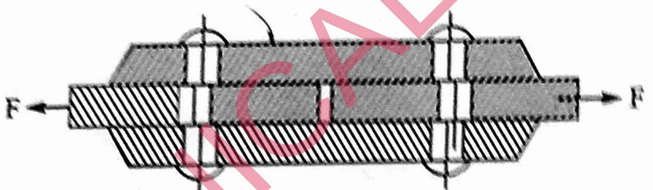
(ii) रिवेटों का कर्तन में असफल होना (Shearing of rivets)—चित्र 5.48 (a), (b), (c) में रिवेटों का कर्तन में असफल होना प्रदर्शित किया गया है।



(a) लैप जोड़ का कर्तन में असफल होना।



(b) एकल रिवेट, एकल कवर प्लेट, बट जोड़ में रिवेटों का कर्तन में असफल होना।



(c) एकल रिवेट, दोहरी कवर, प्लेट बट जोड़ में रिवेटों का कर्तन में असफल होना।

चित्र-5.48 (a), (b), (c)

यहाँ यह ध्यान देने की आवश्यकता है कि लैप जोड़ (lap joint) एवं एकल कवर प्लेट बट जोड़ (single cover butt joint) में रिवेट में एक स्थान पर कर्तन होगा जबकि दोहरी कवर बट जोड़ (double cover butt joint) में रिवेट में दोहरा कर्तन होगा।

हम जानते हैं कि—

$$\text{रिवेट का कर्तन क्षेत्रफल} = \frac{\pi}{4} d^2 \quad \text{(एकल कर्तन में)}$$

$$= 2 \times \frac{\pi}{4} d^2 \quad \text{(दोहरी कर्तन में)}$$

रिवेटों में कर्तन के लिये, आवश्यक कर्तन बल या कर्तन प्रतिरोध

$$F_s = \frac{\pi}{4} d^2 \times n \times \tau \quad \text{...(2)}$$

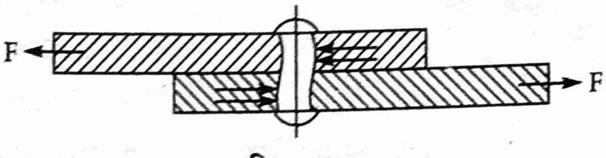
(लैप जोड़ एवं एकल कवर प्लेट बट जोड़ के लिए)

$$F_s = \frac{\pi}{4} d^2 \times n \times \tau \times 2 \quad \text{...(3)}$$

(डबल कवर प्लेट बट जोड़ के लिये)

AKC TECHNICAL CLASSES

(iii) रिवेट या प्लेट का क्रसिंग में असफल होना—क्रसिंग या बियरिंग में रिवेट या प्लेट सम्पीडन बल के अन्तर्गत चित्र 5.49 के अनुसार असफल हो जाते हैं। रिवेट के प्लेट में बने अपने छिद्र में ढीला हो जाने की भी सम्भावनाएँ रहती हैं।



चित्र-5.49

अत: प्रति रिवेट क्रसिंग क्षेत्रफल $A_c = d.t$

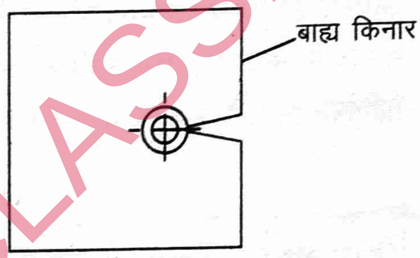
यदि प्रति पिच लम्बाई n रिवेट लगे हों, तो कुल क्रसिंग क्षेत्रफल

$$A_c = nd.t$$

एवं क्रसिंग प्रतिरोध या प्रति पिच लम्बाई जोड़ को असफल होने के लिए आवश्यक बल

$$F_c = n.d.t\sigma_c \qquad ...(4)$$

(iv) प्लेट का किनारे पर फटना (Failure of plate at edge)—इसके अन्तर्गत प्लेट चित्र 5.50 के अनुसार रिवेट एवं प्लेट की किनार के मध्य कट जाती है। प्लेट को फटने से रोकने के लिए रिवेट के केन्द्र से बाह्य किनारे के मध्य दूरी, कम से कम 1.5 d होनी चाहिए।



चित्र-5.50

5.2.5 रिवेट जोड़ का डिज़ाइन (Design of a Riveted Joint)

किसी रिवेट जोड़ का डिज़ाइन (Design) करते समय निम्नलिखित मान्यताओं को ध्यान में रखा जाता है—

5.2.5. (a) मान्यतायें (Assumptions)

(1) जोड़ पर लगने वाला बल सभी रिवेटों पर समान रूप से बँटा है।

(2) रिवेटों के मध्य पदार्थ की काट पर तनाव प्रतिबल समान रूप से वितरित है।

(3) सभी रिवेटों में कर्तन प्रतिबल समान है।

(4) प्लेटों के बीच घर्षण बल (frictional force) नगण्य है।

(5) रिवेटों में कोई प्रारम्भिक तनाव (Initial tension) नहीं है।

(6) रिवेटों में कोई नमन प्रतिबल नहीं है।

(7) रिवेटन क्रिया के बाद रिवेट तथा रिवेट छिद्र का व्यास बराबर हो जाता है।

किसी रिवेट जोड़ का डिज़ाइन करते समय उस जोड़ पर लगने वाले बल अथवा भार पर विचार किया जाता है। रिवेट जोड़ का डिज़ाइन करते समय प्राय: हम रिवेटों की संख्या, रिवेट का व्यास तथा रिवेटों की पिच, रिवेट जोड़ की सामर्थ्य आदि ज्ञात करते हैं। इसके अतिरिक्त बट जोड़ में कवर प्लेटों की मोटाई आदि भी ज्ञात की जाती है। रिवेट जोड़ के डिज़ाइन में प्रयोग होने वाले प्रमुख पद निम्न हैं—

5.2.5. (b) डिज़ाइन के पद

(1) सर्वप्रथम बनाये जाने वाले जोड़ का प्रकार निर्धारित करते हैं अर्थात् लैप जोड़ बनाना है या बट जोड़।

(2) जोड़ की दक्षता निम्न प्रकार मानी जा सकती है।

	दक्षता
(a) सिंगल रिवेट लैप जोड़ (Single riveted lap joint)	45% से 60%
(b) सिंगल रिवेट बट जोड़ (Single riveted butt joint)	55% से 60%
(c) डबल रिवेट लैप जोड़ (Double riveted lap joint)	63% से 70%

AKC TECHNICAL CLASSES

(d) डबल रिवेट बट जोड़ (Double riveted lap joint) 70% से 83%

(e) ट्रिपल रिवेट लैप जोड़ (Tripple riveted lap joint) 72% से 80%

(f) ट्रिपल रिवेट बट जोड़ (Tripple riveted Bott joint) 80% से 90%

(3) रिवेट का व्यास—प्रो० अनविन के अनुसार यदि मुख्य प्लेटों की मोटाई 't' 8 mm या इससे अधिक हो तो अग्र सूत्र द्वारा रिवेट व्यास 'd' का मान ज्ञात किया जा सकता है—

$$d = 6\sqrt{t}$$ (जहाँ d तथा t mm में है तथा $t \geq 8$ mm)

अथवा $$d = 1.91\sqrt{t}$$ (जहाँ d तथा t cm में है।)

यदि जोड़े जाने वाली प्लेट की मोटाई 't' का मान 8 mm से कम हो तो 'd' का मान रिवेट की सँदलन (crushing) सामर्थ्य को कर्तन (shear) सामर्थ्य के बराबर मानकर ज्ञात कर सकते हैं। किसी भी परिस्थिति में रिवेट छिद्र का व्यास प्लेट की मोटाई से कम नहीं होना चाहिए। IS : 1928-1961 के अनुसार रिवेट का व्यास तथा उसके लिए रिवेट छिद्र का व्यास निम्न तालिका 5.3 से ज्ञात किया जा सकता है—

तालिका 5.3

रिवेट का मूल व्यास mm में	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	42	48
रिवेट छिद्र का न्यूनतम व्यास mm में	13	15	17	19	21	23	25	28.5	31.5	34.5	37.5	41	44	50

(4) रिवेटों की पिच—रिवेटों के लिए पिच का मान जोड़ अथवा प्लेट की फटन सामर्थ्य (tearing strength) का रिवेटों की कर्तन (shear) या अवभंजन सामर्थ्य (crushing strength) , जो भी कम हो, के बराबर रखकर ज्ञात किया जा सकता है। इसमें ध्यान देने योग्य बात यह है कि किसी भी दशा में पिच $2d$ से कम नहीं होनी चाहिए। इसके अतिरिक्त I.B.R. के अनुसार एक बॉयलर के अनुदैर्ध्य (longitudinal) जोड़ के लिए रिवेटों की पिच का अधिकतम मान [$P_{max} = C \times t + 41.28$ mm] होना चाहिए।

जहाँ t = प्लेट की मोटाई mm में तथा C = एक नियतांक है। C का मान आगे दी गयी तालिका 5.4 द्वारा ज्ञात किया जा सकता है। यहाँ यह भी बात भी ध्यान देने योग्य है कि यदि रिवेट की कर्तन सामर्थ्य तथा जोड़ अथवा प्लेट की फटन सामर्थ्य को बराबर रखने पर प्राप्त पिच का मान यदि p_{max} से अधिक है तो फिर p_{max} ही गणना में लिया जायेगा।

तालिका 5.4 स्थिराँक 'C' का मान

एक पिच लम्बाई में रिवेटों की संख्या	लैप जोड़	बट जोड़ (एकल कवर)	बट जोड़ (दोहरा कवर)
1	1.31	1.53	1.75
2	2.62	3.06	3.50
3	3.47	4.05	4.63
4	4.17	—	5.52
5	—	—	6.00

AKC TECHNICAL CLASSES

(5) कवर प्लेट की मोटाई—सामान्यतया बट जोड़ में कवर प्लेटों की मोटाई निम्न प्रकार निर्धारित की जाती है—

सिंगल कवर के लिए, $t_c = 1.25t$ लगभग (जहाँ t = जोड़े जाने वाली प्लेट की मोटाई)

डबल कवर के लिए प्रत्येक कवर की मोटाई, $t_c = 0.8t$ लगभग

I.B.R. (Indian Boiler Regulation) के अनुसार कवर प्लेट की मोटाई निम्न प्रकार मानी गयी है—

सिंगल कवर के लिए, $t_c = 1.125\,t$ (सामान्य चेन रिवेटन के लिए)

डबल कवर के लिए, $t_c = 0.625\,t$ (सामान्य चेन रिवेटन के लिए)

(6) मार्जिन (Margin) अर्थात् किनार दूरी का मान $1.5d$ से कम नहीं रखा जाना चाहिए।

(7) रिवेटो की संख्या—प्रति पिच लम्बाई में रिवेटों की संख्या 'n' ज्ञात करने के लिए निम्न सूत्र प्रयोग करते हैं—

$$n = \frac{\text{जोड़ की एक पिच लम्बाई द्वारा सहन किया जाने वाला भार}}{\text{एक रिवेट की कर्तन या अवभंजन में सामर्थ्य (जो भी कम हो)}}$$

यदि पूरे जोड़ में रिवेटों की कुल संख्या N है तब,

$$N = \frac{\text{जोड़ द्वारा कुल सहन किया जाने वाला भार}}{\text{एक रिवेट की कर्तन या अवभंजन में सामर्थ्य (जो भी कम हो)}}$$

एक रिवेट की कर्तन या अवभंजन में सामर्थ्य को ''रिवेट मान'' (Rivet value) के नाम से जाना जाता है। यदि रिवेट का व्यास 'd' तथा प्लेट की मोटाई 't' है तब रिवेट का कर्तन मान (shear value)

$$R_S = \frac{\pi}{4} d^2 . \tau \qquad \text{(एकल कर्तन के लिए)}$$

या

$$R_S = 2 \times \frac{\pi}{4} d^2 . \tau \qquad \text{(दोहरे कर्तन के लिए)}$$

तथा रिवेट का अवभंजन मान (Crushing value) $R_C = d \times t \times \sigma_c$

किसी जोड़ का डिज़ाइन करते समय किसी स्थान पर रिवेट जोड़ के R_s या R_c में से जिसका मान कम होता है उसे **'रिवेट का वास्तविक मान' अर्थात् रिवेट मान (Rivet value) कहते हैं।** इसको 'R' से प्रदर्शित करते हैं।

(8) रिवेट पंक्तियों के बीच की दूरी या बैक पिच (p_b)—बैक पिच (p_b) का मान साधारणतया $2d$ से $3d$ तक रखा जाता है।

I.B.R. के अनुसार बट अथवा लैप जोड़, जिसमें एक से अधिक रिवेट पंक्तियों में रिवेटों की संख्या समान हो, रिवेट पंक्तियों के बीच की न्यूनतम दूरी, चेन रिवेटिंग के लिए $p_b = 2d$ तथा जिगजैग (zigzag) रिवेटिंग के लिए $p = 0.33\,p + 0.67\,d$ होनी चाहिए।

रिवेट जोड़ की सामर्थ्य—जोड़ की सामर्थ्य, उस अधिकतम बल को कहते हैं, जिसको जोड़ के असफल हुये बिना पारेषित किया जा सके। इसका मान तनाव सामर्थ्य (F_t), कर्तन सामर्थ्य (F_s) एवं क्रसिंग सामर्थ्य (F_c) में से अधिक कम परिमाण के बराबर होगा अर्थात् रिवेट जोड़ की सामर्थ्य $= F_t, F_s$ या F_c का न्यूनतम मान

रिवेट जोड़ की सामर्थ्य के लिए सुरक्षा गुणाँक (F.O.S.) I.B.R. के अनुसार 4 से कम नहीं होना चाहिए।

रिवेट जोड़ की दक्षता—किसी ठोस प्लेट में रिवेट जोड़ बनाने के लिए छिद्र करना पड़ता है जिससे उसकी सामर्थ्य कम हो जाती है। बिना छिद्र किए अर्थात् प्लेट की प्रति पिच लम्बाई के लिए सामर्थ्य $P = p \times t \times \sigma_t$

AKC TECHNICAL CLASSES

हम जानते हैं कि—

$$\text{रिवेट जोड़ की सामर्थ्य} = F_t, F_s \text{ या } F_c \text{ का न्यूनतम मान}$$

$$\text{रिवेट की दक्षता } \eta = \frac{\text{रिवेट जोड़ की सामर्थ्य}}{\text{ठोस प्लेट की सामर्थ्य}}$$

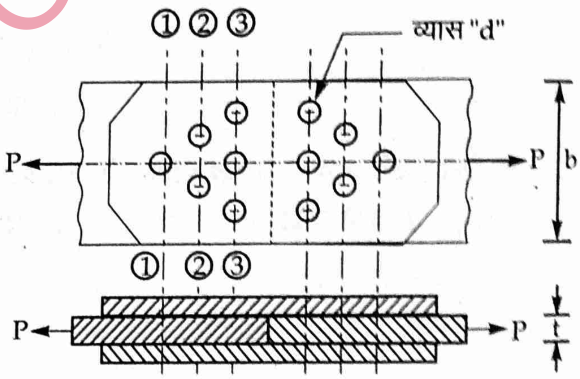
$$= \frac{F_t, F_s \text{ या } F_c \text{ का न्यूनतम मान}}{p \times t \times \sigma_t}$$

(जहाँ p = रिवेटों की पिच, t = प्लेट की मोटाई तथा σ_t = अनुमेय तनाव प्रतिबल)

अर्थात् **रिवेटों जोड़ की दक्षता, उस जोड़ की सामर्थ्य (strength) तथा ठोस प्लेट की सामर्थ्य का अनुपात होती है।**

5.2.5.(c) संरचनात्मक कार्यों के लिए रिवेट जोड़ (Riveted Joints for Structural Use)

डाइमंड रिवेटन अथवा लोजेंजे जोड़ (Diamond riveting or Lozenge joints)—संरचनात्मक कार्यों जैसे छते, पुल, गर्डर आदि के लिए प्रयोग होने वाला रिवैट जोड़ लोजेंज जोड़ (Lozenge joint) कहलाता है। इस प्रकार के जोड़ को एक समान सामार्थ्य का बनाने के लिए डाइमंड रिवेटन की जाती है। डाइमंड रिवेटन में सबसे बाहरी पंक्ति से अन्दर की पंक्ति की तरफ बढ़ते हुए प्रत्येक पंक्ति में रिवेटों की संख्या बढ़ जाती है। चित्र 5.51 में एक ट्रिपल रिवेटित डबल कवर बट जोड़ दिखाया गया है जिससे डायमंड प्रकार की रिवेटन की गयी है। चित्रानुसार,



चित्र-5.51

b = प्लेट की चौड़ाई

t = प्लेट की मोटाई, तथा

d = रिवेट छिद्र का व्यास

इस जोड़ के लिए डिज़ाइन के पद निम्न प्रकार होंगे—

(1) रिवेट का व्यास—सर्वप्रथम अनविन (Unwin) के सूत्र से रिवेट छिद्र का व्यास ज्ञात करते हैं।

$$d = 6\sqrt{t}$$

IS : 1929-1982 के अनुसार सामान्य कार्यों के लिए रिवेट का साइज निम्न तालिका 5.5 से ज्ञात किया जा सकता है—

तालिका 5.5

रिवेट छिद्र का व्यास mm में	13.5	15.5	17.5	19.5	21.5	23.5	25.5	29	32	35	38	41	44
रिवेट का व्यास (mm) में	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	42

(2) रिवेटों की संख्या—रिवेटों की कर्तन सामर्थ्य अथवा अवभंजन सामर्थ्य ज्ञात करके निन प्रकार रिवेटों की संख्या ज्ञात की जा सकती है।

माना P_t = जोड़ पर लगने वाला अधिकतम खिचाँव बल। इसका मान रिवेटों की सबसे बाह्य पंक्ति, जिसमें एक ही रिवेट लगा है, पर प्लेट की फटन सामर्थ्य के बराबर होता है।

$$= (b - d) \,.\, t \,.\, \sigma_t$$

n = रिवेटों की संख्या

AKC TECHNICAL CLASSES

क्योंकि कवर प्लेटों की संख्या 2 (दो) है अतः जोड़ में दोहरा कर्तन होगा। अतः एक रिवेट की कर्तन सामर्थ्य

$$P_s = 2 \times \frac{\pi}{4} d^2 . \tau$$

तथा एक रिवेट की अवभंजन (Crushing) सामर्थ्य

$$P_c = d.t.\sigma_c$$

∴ जोड़ के लिए रिवेटों की संख्या

$$\eta = \frac{\text{जोड़ पर लगने वाला अधिकतम खिचाँव बल}}{\text{एक रिवेट की कर्तन या अवभंजन में सामर्थ्य जो कम हो}}$$

∴ $$\eta = \frac{P_t}{P_s \text{ अथवा } P_c \text{ का न्यूनतम मान}}$$

(3) कुल रिवेटों की संख्या ज्ञात होने पर पंक्तियों की संख्या और प्रत्येक पंक्ति में रिवेट की संख्या निर्धारित की जा सकती है।

(4) कवर की मोटाई—कवर प्लेट की मोटाई,

$$t_c = 1.25\,t \quad \text{एकल कवर के लिए}$$

$$= 0.75\,t \quad \text{दोहरे कवर के लिए}$$

मानी जा सकती है।

(5) जोड़ की दक्षता—सर्वप्रथम हम रिवेट की प्रत्येक पंक्ति पर मुख्य प्लेट की फटने में सामर्थ्य (tearing strength) ज्ञात करते हैं।

1-1 पंक्ति पर—

$$P_1 = (b - d) \times t \times \sigma_t \qquad ...(1)$$

2-2 पंक्ति पर—2-2 पंक्ति पर प्लेट तभी फट सकती है जबकि इससे पहली पंक्ति 1-1 पर एक रिवेट भी असफल (fail) हो। अतः पंक्ति 2-2 पर प्लेट के फटने की सामर्थ्य में एक रिवेट की सामर्थ्य अर्थात् रिवेट मान "R" भी जोड़ी जाने चाहिए। अतः 2-2 पंक्ति पर प्लेट के फटने की सामर्थ्य

$$P_2 = (b - 2d) \times t \times \sigma_t + R \qquad ...(2)$$

3-3 पंक्ति पर—इस पंक्ति पर प्लेट तभी फट सकती है जबकि इससे पहले 2-2 तथा 1-1 पर रिवेट असफल हो। इन दोनों पंक्तियों में कुल 3 रिवेट हैं तथा 3-3 पंक्ति में भी 3 रिवेट हैं। इसलिए पंक्ति 3-3 पर प्लेट के फटने की सामर्थ्य

$$P_3 = (b - 3d)\, t \times \sigma_t + 3R \qquad ...(3)$$

उपरोक्त तीनों मानों P_1, P_2, P_3 तथा P_s और P_c में से न्यूनतम मान ही जोड़ की सामर्थ्य कहलायेगी। पुनः हम जानते हैं कि ठोस प्लेट की सामर्थ्य

$$P = b \times t \times \sigma_t$$

अतः $$\text{जोड़ की दक्षता } \eta = \frac{P_1, P_2, P_3, P_s \text{ अथवा } P_c \text{ का न्यूनतम मान}}{\text{ठोस प्लेट की सामर्थ्य } (P)}$$

(6) रिवेटों की पिच जोड़ की फटन सामर्थ्य को रिवेट की कर्तन सामर्थ्य के बराबर रखकर ज्ञात की जा सकती है।

(7) मार्जिन $(m) = 1.5\,d$ से कम नहीं रखा जाना चाहिए।

(8) दो पंक्तियों के बीच की दूरी अर्थात् बैक पिच $(p_b) = 2.5d$ से $3d$ तक रखी जा सकती है।

5.2.5. (d) बॉयलरों के लिए परिधिय तथा अनुदैर्ध्य जोड़ (Circumferential and Longitudinal Joints for Boilers)

(a) बॉयलर के लिए परिधिय लैप जोड़ (Circumferential lap joint)—बॉयलर के लिए परिधिय जोड़ का डिजाइन निम्न चरणों में किया जायेगा—

(1) बॉयलर खोल की मोटाई 't'—पतले बेलनाकार खोल के लिए प्लेट की मोटाई 't' निम्न सूत्र से ज्ञात की जा सकती है—

$$t = \frac{pD}{2\sigma_t \eta_l} + 1\text{mm} \qquad \text{(1 mm संक्षारण छूट के लिए)}$$

जहाँ t = बॉयलर खोल की मोटाई,

p = बॉयलर में भाप की दाब तीव्रता

D = खोल का आन्तरिक व्यास,

σ_t = अनुमेय तनाव प्रतिबल तथा

η_l = अनुदैर्ध्य जोड़ की दक्षता।

यहाँ यह बात ध्यान देने योग्य है कि बॉयलर खोल की मोटाई 7mm से कम नहीं होनी चाहिए। इसके अतिरिक्त जोड़ की दक्षता 'η_l' निम्न सारणी से ज्ञात की जा सकती है—

तालिका 5.6 बॉयलर जोड़ की दक्षता

लैप जोड़ (Lap joints)	दक्षता (%)	डबल कवर बट जोड़ (Double cover Butt Joint)	दक्षता (%)
एकल रिवेटित	45 से 60	एकल रिवेटित	55 से 60
डबल रिवेटित	63 से 70	डबल रिवेटित	70 से 83
ट्रिपल रिवेटित	72 से 80	ट्रिपट रिवेटित	80 से 90
		चोहरा (Quadruple) रिवेटित	85 से 94

(2) रिवेट का व्यास—पूर्व की भाँति, $d = 6\sqrt{t}$ से ज्ञात किया जा सकता है।

(3) रिवेट की संख्या—क्योंकि यह एक लैप जोड़ है अत: इसमें रिवेटों का एकल कर्तन होगा। अत: रिवेटों की कर्तन सामर्थ्य

$$P_s = n \times \frac{\pi}{4} d^2 \times \tau \qquad \ldots(i)$$

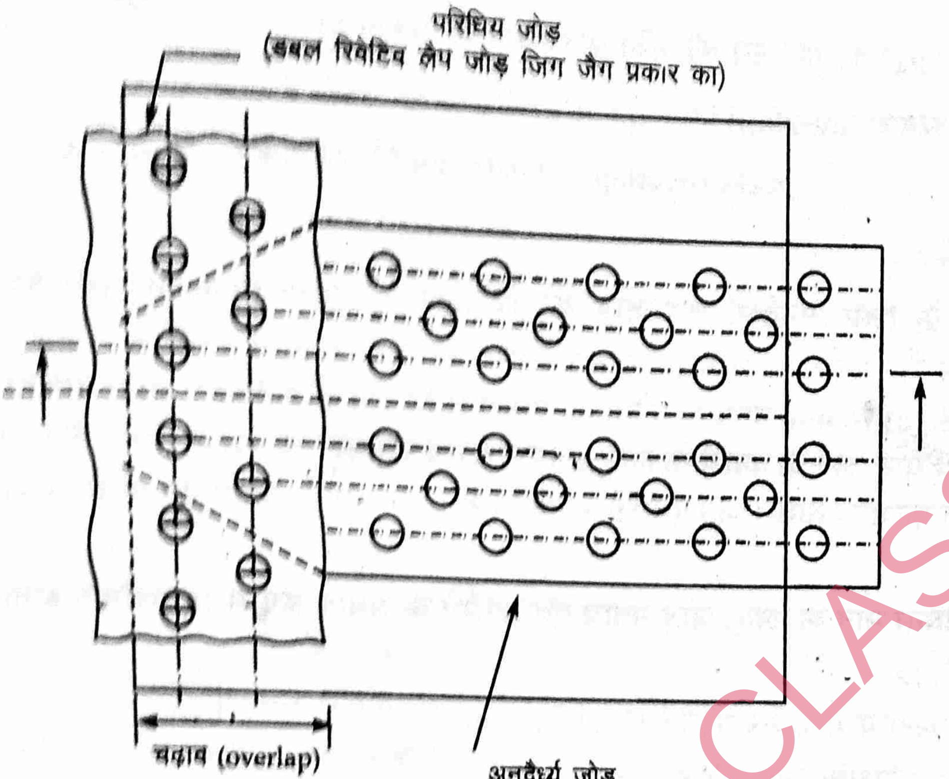
जहां n = रिवेटों की कुल संख्या, d = रिवेट व्यास

यदि भाप तीव्रता p है तो जोड़ पर लगने वाला कुल भाप दाब

$$W_s = \frac{\pi}{4} D^2 \times p \qquad \ldots(ii)$$

जहाँ D = खोल की आन्तरिक व्यास

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र-5.52

यही दाब जोड़ पर कार्य करेगा अतः $P_s = W_s$ होगा

∴ समी (i) व (ii) से

$$\eta \times \frac{\pi}{4} d^2 \times \tau = \frac{\pi}{4} D^2 \times p$$

∴
$$n = \left(\frac{D^2}{d^2}\right) . \frac{p}{\tau}$$

(4) रिवेटों की पिच—यदि जोड़ की परिधिय दक्षता η_c ज्ञात हो तो रिवेटों की पिच निम्न सूत्र से ज्ञात की जा सकती है—

$$\eta_c = \frac{(p_1 - d)}{p_1}$$

η_c का मान सामान्यतया अनुदैर्ध्य जोड़ की फटन दक्षता का 50% माना जाता है।

(5) रिवेट पंक्तियों की संख्या तथा एक पंक्ति में रिवेटों की संख्या—परिधिय जोड़ में रिवेट पंक्तियों की संख्या निम्न सूत्र से ज्ञात की जा सकती है—

$$\text{पंक्तियों की संख्या} = \frac{\text{रिवेट की कुल संख्या}}{\text{एक पंक्ति में रिवेटों की संख्या}}$$

तथा $$\text{एक पंक्ति में रिवेटों की संख्या} = \frac{\pi (D + t)}{p_1}$$

(6) पंक्तियों की संख्या ज्ञात हो जाने पर जोड़ का प्रकार (एकल या डबल रिवेटित) निर्धारित करते हैं। जोड़ को लीक-प्रूफ बनाने के लिए, जोड़ की पिच I.B.R. के अनुसार चैक कर लेनी चाहिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

(7) बैक पिच 'p_b' का मान पूर्व की भाँति ज्ञात किया जा सकता है।

(8) प्लेटों का चढ़ाव (overlap) निम्न सूत्र से ज्ञात किया जा सकता है—

$$\text{चढ़ाव (overlap)} = (\text{रिवेट पंक्तियों की संख्या} - 1)\ p_b + m$$

जहाँ m = मार्जिन

(b) बॉयलर के लिए अनुदैर्ध्य बट जोड़ का डिज़ाइन—अनुदैर्ध्य (longitudinal) बट जोड़ का डिज़ाइन अनुच्छेद 5.2.5 (c) में दिए गए साधारण बट जोड़ के डिज़ाइन की तरह किया जा सकता है।

उदाहरण 5.18. (a) 16 mm मोटी दो प्लेटों को एकल रिवेट लैप जोड़ के द्वारा जोड़ा गया है। रिवेट के व्यास एवं पिच को ज्ञात कीजिए यदि प्लेट के पदार्थ के लिए अनुमेय तनाव प्रतिबल 50 MPa, रिवेटों के लिए अनुमेय कर्तन एवं बियरिंग प्रतिबलों के परिमाण क्रमशः 40 एवं 80 MPa है। जोड़ की तनाव, कर्तन एवं क्रसिंग (crushing) में सामर्थ्य ज्ञात कीजिए।

(b) पिच के किस मान के लिए, जोड़ तनाव एवं क्रसिंग के समान रूप से सामर्थ्यवान होगा?

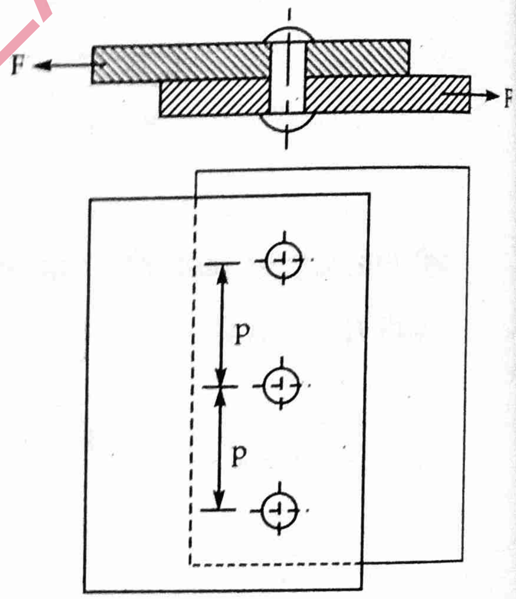
हल—दिया है, (a)

(i) मुख्य प्लेटों में से प्रत्येक की मोटाई $(t) = 16$ mm

(ii) अनुमेय तनाव प्रतिबल $(\sigma_t) = 50$ MPa

(iii) अनुमेय कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 40$ MPa

(iv) अनुमेय बियरिंग या क्रसिंग प्रतिबल $(\sigma_c) = 80$ MPa



चित्र-5.53

चित्र 5.53 का अवलोकन करें।

हम जानते हैं कि—

$$\text{रिवेट का व्यास } (d) = 6\sqrt{(t)}$$
$$= 6\sqrt{(16)}$$
$$= 6 \times 4$$
$$= 24 \text{ mm}$$

$$\text{तनाव सामर्थ्य } F_t = (p-d)\, t\,.\sigma_t$$
$$= (p-24) \times 16 \times 50 \qquad ...(1)$$

$$\text{कर्तन सामर्थ्य } F_s = \frac{\pi}{4} d^2 \times n \times \tau \qquad (\text{यहाँ } n = 1 \text{ प्रति पिच लम्बाई})$$
$$= \frac{\pi}{4}(24)^2 \times 1 \times 40$$
$$= 18095.57 \text{ N} \qquad ...(2)$$

एवं
$$\text{बियरिंग या क्रसिंग सामर्थ्य } F_c = d \times t \times n \times \sigma_c$$
$$= 24 \times 16 \times 1 \times 80$$
$$= 30{,}720 \text{ N}$$

पिच को ज्ञात करने के लिए तनाव सामर्थ्य (F_t) को, कर्तन सामर्त्य (F_s) व क्रसिंग सामर्थ्य (F_c) में से कम परिमाण की सामर्थ्य के बराबर रखकर पिच (p) के मान को ज्ञात करेंगे।

AKC TECHNICAL CLASSES

अतः, $F_t = F_s$ रखने पर,

$$(p-24)\times 16\times 50 = 18095.57$$

$$(p-24)\,800 = 18095.57$$

$$p-24 = 22.62$$

अतः $$\mathbf{p = 46.62\ mm}$$ उत्तर

(b) माना जोड़ का पिच p है, जिसके लिए जोड़ तनाव एवं क्रसिंग में समान रूप से सामर्थ्यवान है। अतः

$$F_t = F_c$$

$$(p-24)\times 16\times 50 = 30{,}720$$

$$p = (38.4 + 24)\ \text{mm}$$

$$\mathbf{= 62.4\ mm}$$ उत्तर

उदाहरण 5.19. 10 mm की प्लेटों के द्वारा एकल रिवेटेड लैप जोड़ बनाना है। रिवेट्स का व्यास, उनकी पिच तथा जोड़ की दक्षता ज्ञात कीजिए। कर्तन प्रतिबल $\tau = 64\ N/mm^2$ तथा $\sigma_t = 80\ N/mm^2$ लीजिए तथा जोड़ को इस प्रकार डिज़ाइन कीजिए कि छिद्रों को मध्य रेखा पर उसकी रिवेटस का अपरूपण सामर्थ्य, प्लेट की अवभंजन सामर्थ्य के बराबर हो। **(U.P. 2001)**

हल—दिया है,

(i) प्लेटों की मोटाई $(t) = 10$ mm

(ii) कर्तन प्रतिबल $(\tau') = 64\ N/mm^2$

(iii) तनाव प्रतिबल $(\sigma_t) = 80\ N/mm^2$

(iv) रिवेटन का अपरूपण सामर्थ्य (F_s) = प्लेट की अवभंजन सामर्थ्य (F_c)

(v) रिवेट्स का व्यास $(d) = ?$, जोड़ का पिच $(p) = ?$, जोड़ की दक्षता $(\eta) = ?$

हम जानते हैं, कि—

$$\text{रिवेट का व्यास } (d) = 6\sqrt{t}$$

$$= 6\sqrt{10}$$

$$= 6\times 3.162$$

$$= 18.97\ \text{mm}$$

$$\mathbf{\simeq 20\ mm}$$ उत्तर

$$\text{तनाव सामर्थ्य } (F_s) = (p-d)\,t\sigma_t$$

$$= (p-20)\times 10\times 80$$

$$\text{कर्तन सामर्थ्य } (F_t) = \frac{\pi}{4}d^2\times n\times\tau$$

$$= \frac{\pi}{4}(20)^2\times 1\times 64$$

$$= 20096\ \text{N}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

प्रश्नानुसार,

रिवेट का अपरूपण सामर्थ्य (F_s) = प्लेट की अवभंजन सामर्थ्य (F_c)

अत: $$F_c = 20096 \text{ N}$$

पिच को ज्ञात करने के लिए,

$$F_t = F_s$$

$$(p-20)\times 10\times 80 = 20096$$

या $$p-20 = 25.12$$

या $$\mathbf{p = 45.12 \text{ mm}}$$ उत्तर

$$\text{जोड़ की दक्षता } \eta = \frac{F_t\ , F_S \text{ अथवा } F_C \text{ का निम्नतम मान}}{\text{प्रति पिच, ठोस प्लेट की सामर्थ्य}}\times 100$$

$$= \frac{20096}{p\times t\times \sigma_t}\times 100$$

$$= \frac{20096}{45.12\times 10\times 80}\times 100$$

$$= \mathbf{55.67\%}$$ उत्तर

उदाहरण 5.20. (a) एक डबल रिवेटेड लैप जोड़ में, पिच 75 mm, प्लेट की मोटाई 15 mm एवं रिवेटों का व्यास 25 mm है। किस कम से कम बल पर जोड़ टूट जाएगा? जबकि प्लेट के पदार्थ एवं रिवेटों के लिए अन्तिम प्रतिबल (ultimate stresses) निम्न प्रकार है—

$$\mathbf{\sigma_t = 400 \text{ MPa}; \quad \tau = 320 \text{ MPa}; \sigma_c = 640 \text{ MPa}}$$

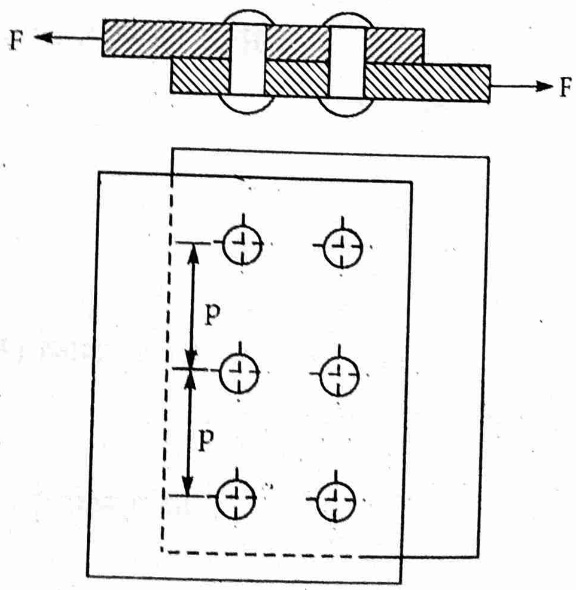
(b) सुरक्षा गुणाँक 4 मानते हुए प्लेट एवं रिवेट के पदार्थ में उत्पन्न वास्तविक प्रतिबलों का मान भी ज्ञात कीजिए।

हल—(a) चित्र 5.54 का अवलोकन कीजिए। दिया है,

(i) पिच $(p) = 75$ mm

(ii) प्लेट की मोटाई $(t) = 15$ mm

(iii) रिवेटों का व्यास $(d) = 25$ mm



चित्र-5.54

प्लेट की तनाव सामर्थ्य $F_t = (p-d)\,t\,\sigma_t$

$$= (75-25)\times 15\times 400$$

$$= 3\times 10^5 \text{ N}$$

रिवेटों की कर्तन में सामर्थ्य $(F_s) = \frac{\pi}{4}d^2\times n\times \tau$

(यहाँ $n = 2$ है।)

$$= \frac{\pi}{4}(25)^2\times 2\times 320$$

$$= 3.14\times 10^5 \text{ N}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

प्लेट या रिवेट की क्रशिंग सामर्थ्य $(F_c) = d \times t \times n \times \sigma_c$

$$= 25 \times 15 \times 2 \times 640$$

$$= 4.8 \times 10^5 \text{ N}$$

अत: **जोड़ की सामर्थ्य = 3×10^5 N है,** अर्थात् इस बल पर जोड़ टूट जायेगा। **उत्तर**

(b) प्रति पिच लम्बाई बल $= \dfrac{3 \times 10^5}{4} = 0.75 \times 10^5$ N

यदि $\sigma_{t1}, \tau_1, \sigma_{c1}$ वास्तविक तनाव, कर्तन व क्रसिंग प्रतिबलों का वह मान है, जो 0.75×10^5 N का बल जोड़ पर लगने पर उत्पन्न होता है। तब

$$F_{t1} = (p-d) \times t \times \sigma_{t1}$$

$$0.75 \times 10^5 = (75-25) \times 15 \times \sigma_{t1}$$

$$\sigma_{t1} = \frac{0.75 \times 10^5}{50 \times 15} = \mathbf{100\ N/mm^2}$$ **उत्तर**

इसी प्रकार,

$$F_{s1} = \frac{\pi}{4} d^2 \times n \times \tau_1$$

$$0.75 \times 10^5 = \frac{\pi}{4} (25)^2 \times 2 \times \tau_1$$

$$\tau_1 = \frac{0.75 \times 10^5 \times 4}{\pi \times 625 \times 2} = \mathbf{76.43\ N/mm^2}$$ **उत्तर**

एवं

$$F_{c1} = d \times t \times n \times \sigma_{c1}$$

$$0.75 \times 10^5 = 25 \times 15 \times 2 \times \sigma_{c1}$$

$$\sigma_{c1} = \frac{0.75 \times 10^5}{25 \times 15 \times 2}$$

$$= \mathbf{100\ N/mm^2}$$ **उत्तर**

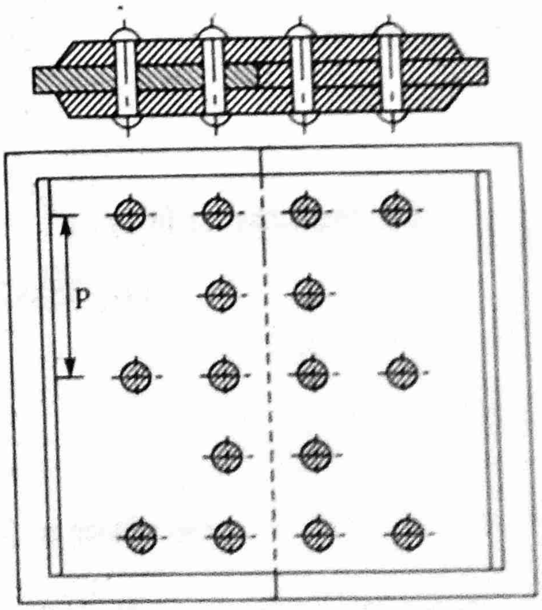
उदाहरण 5.21. 20 mm मोटी, दो प्लेटों को डबल रिवेटेड, डबल स्ट्रेप बट जोड़ से जोड़ना है। रिवेटों की बाहरी पंक्तियों का पिच, भीतरी पंक्तियों के रिवेटों के पिच का दुगुना है। जिग जैग रिवेटिंग होनी है। $\tau = 80$ MN/m^2 तथा $\sigma_t = 100$ MN/m^2 मानते हुए, निम्नलिखित की गणना कीजिए—

(i) रिवेट का व्यास

(ii) बाहरी तथा भीतरी पंक्तियों में रिवेट का पिच तथा

(iii) दोनों स्ट्रैपों (straps) की मोटाई। (U.P. 2000)

चित्र 5.55 का अवलोकन कीजिए।



चित्र–5.55

AKC TECHNICAL CLASSES

हल—दिया है,

(i) प्लेटों की मोटाई $(t) = 20$ mm

(ii) डबल रिवेटेड डबल स्ट्रैप बट जोड़

(iii) बाह्य पंक्तियों का पिच अन्त: पंक्ति के पिच का दुगुना है।

(iv) कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 80\ \text{MN/m}^2 = 80\ \text{N/mm}^2$

(v) तनाव प्रतिबल $(\sigma_t) = 100\ \text{MN/m}^2 = 100\ \text{N/mm}^2$

(vi) रिवेट का व्यास $(d) = ?$

(vii) बाह्य तथा अन्त: पंक्तियों का पिच $(p) = ?$

(viii) दोनों स्ट्रैपों की मोटाई $(t_c) = ?$

जोड़ की प्रति पिच लम्बाई लेकर गणना करने पर

(i) प्लेटों की तनाव सामर्थ्य,

$$F_t = (p-d)\,t\,\sigma_t$$

$$= (p-d) \times 20 \times 100$$

हम जानते हैं कि—

$$d = 6\sqrt{t}$$

$$= 6\sqrt{20}$$

$$= 26.832$$

$$= \mathbf{28\ mm}\ (\textbf{माना})$$ **उत्तर**

अत:
$$F_t = (p-28) \times 20 \times 100$$

(ii) रिवेटों की कर्तन में सामर्थ्य,

$$F_s = \frac{\pi}{4} d^2 \times n \times \tau \times 2$$ (यहाँ $n = 3$ होंगे।)

$$= \frac{\pi}{4}(28)^2 \times 3 \times 80 \times 2$$

$$= 295411.2\ \text{N}$$

अत: बाह्य पंक्ति का पिच (p)

$$(p-28) \times 20 \times 100 = 295411.2$$

$$p - 28 = 147.7$$

$$p = 175.7\ \text{mm}$$

$$\simeq \mathbf{176\ mm}$$ **उत्तर**

अन्त: पंक्तियों का पिच $(p') = \frac{176}{2} = \mathbf{88\ mm}$ **उत्तर**

(iii) दोनों स्ट्रेपों (straps) में से प्रत्येक की मोटाई $t_c = 0.8\,t = 0.8 \times 20 = \mathbf{16\ mm}$ **उत्तर**

AKC TECHNICAL CLASSES

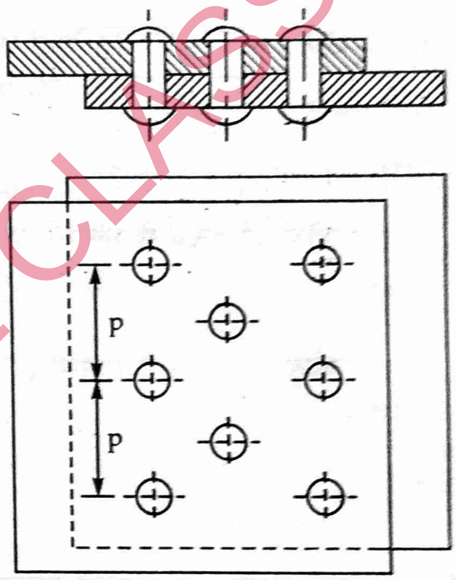
उदाहरण 5.22. एक ट्रिपल रिवेटेड लैप जोड़ की प्लेट की मोटाई 20 mm एवं जोड़ की दक्षता (efficiency) 75% है। जोड़ का पिच ज्ञात कीजिए जब 30 mm व्यास के रिवेटों का प्रयोग किया जाये एवं जोड़ में अनुमेय प्रतिबलों के मान निम्न प्रकार हैं—

(i) प्लेट के लिये अनुमेय तनाव प्रतिबल $(\sigma_t) = 55$ MPa

(ii) रिवेटों के पदार्थ के लिए अनुमेय कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 47$ MPa

(iii) रिवेट या प्लेट के लिए क्रसिंग प्रतिबल $(\sigma_c) = 80$ MPa

हल—चित्र 5.56 का अवलोकन कीजिए। यहाँ यह ध्यान देने की आवश्यकता है कि डबल या ट्रिपल रिवेटेड जोड़ में चेन रिवेटिंग या जिग-जैग रिवेटिंग में से कोई भी की जा सकती है। इससे जोड़ की दक्षता पर कोई असर नहीं पड़ता है। इसलिए इस प्रश्न को जिग-जैग रिवेटिंग का प्रयोग कर हल करेंगे।



चित्र-5.56

प्रश्न में विभिन्न अनुमेय प्रतिबल दिये गये हैं, जिनका तात्पर्य यह है कि कार्यकारी प्रतिबल इन अनुमेय प्रतिबलों के दिये गये परिमाण से अधिक नहीं हो सकते हैं। प्रश्नानुसार साथ ही जोड़ की दक्षता 75% से कम नहीं होनी चाहिए।

जोड़ की दक्षता का केवल एक ही सूत्र ऐसा है जिसमें कोई प्रतिबल प्रयोग नहीं होता है। अत:

$$\text{दक्षता } (\eta_t) = \frac{p-d}{p} = 0.75$$

$$\frac{p-30}{p} = 0.75$$

$$p = 120 \text{ mm} \qquad \text{उत्तर}$$

प्लेट की तनाव में सामर्थ्य $(F_t) = (p-d) \times t \times \sigma_t$

$$= (120-30) \times 20 \times 55 = 99000 \text{ N}$$

अत: तनाव प्रतिबल $\sigma_t = 55$ N/mm^2 लेकर, जोड़ कर 99000 N का बल कार्य करेगा तथा साथ ही जोड़ की दक्षता भी 75% से कम नहीं होगी।

अब हम कर्तन बल (F_s) एवं क्रसिंग बल (F_c) की समीकरणों को जोड़ की तनाव में सामर्थ्य 99000 न्यूटन के बराबर रखकर वास्तविक कर्तन प्रतिबल (τ) एवं क्रसिंग प्रतिबल (σ_c) को ज्ञात करेंगे, जो प्रश्न में दिये गये अनुमेय प्रतिबलों से कम होने चाहिए।

$$\text{कर्तन बल } F_s = \frac{\pi}{4} d^2 \times n \times \tau$$

$$99000 = \frac{\pi}{4} (30)^2 \times 3 \times \tau$$

$$\tau = \frac{99000 \times 4}{\pi \times (30)^2 \times 3} = 46.7 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{क्रसिंग बल } F_c = d \times t \times n \times \sigma_c$$

$$\therefore \quad 99000 = 30 \times 20 \times 3 \times \sigma_c$$

$$\sigma_c = \frac{99000}{30 \times 20 \times 3} = 55 \text{ N/mm}^2$$

उपरोक्त **दोनों ही मान अनुमेय प्रतिबलों के मान से कम है।**

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 5.23. एक ट्रिपल रिवेटेड लैप जोड़ में मध्य पंक्ति के रिवेटों का पिच बाह्य पंक्ति के रिवेटों के पिच का आधा है। बाह्य पंक्ति के रिवेटों का पिच ज्ञात कीजिए तथा जोड़ की तनाव, कर्तन एवं क्रशिंग सामर्थ्य ज्ञात कीजिए। प्लेट की मोटाई 10 mm तथा रिवेटों का व्यास 15 mm है। विभिन्न अनुमेय प्रतिबलों के मान निम्न हैं—

$\sigma_t = 120$ MPa; $\tau = 100$ MPa;

$\sigma_b = 160$ MPa; जोड़ की दक्षता भी ज्ञात कीजिए।

हल—चित्र 5.57 का अवलोकन कीजिए।

दिया है,

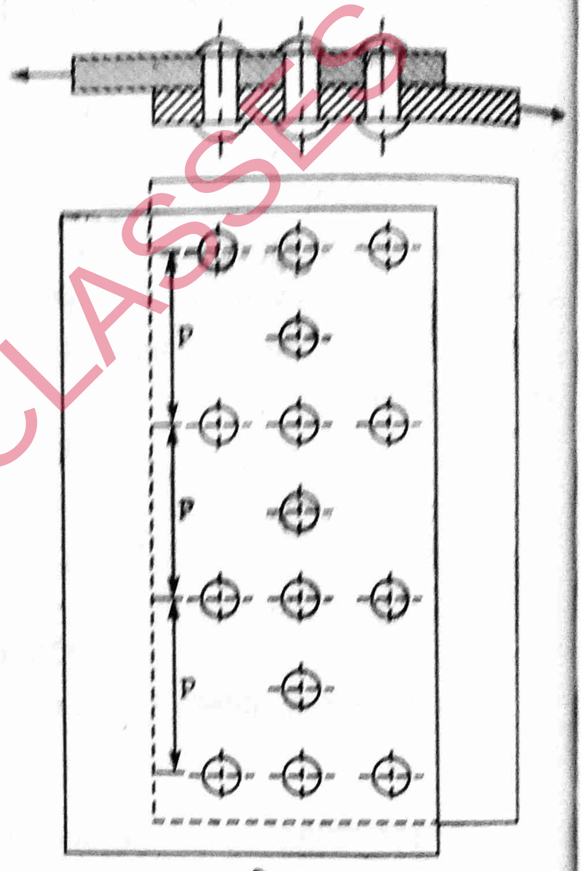
(i) प्लेट की मोटाई $(t) = 10$ mm

(ii) रिवेटों का व्यास $(d) = 15$ mm

(iii) अनुमेय प्रतिबल क्रमशः $\sigma_t = 120$ MPa

$\tau = 100$ MPa

$\sigma_c = 160$ MPa



चित्र-5.57

जोड़ की तनाव में सामर्थ्य $(F_t) = (p - d) \times t \times \sigma_t$

$= (p - 15) \times 10 \times 120$

जोड़ की कर्तन में सामर्थ्य $(F_s) = \frac{\pi}{4} d^2 \times n \times t$

$= \frac{\pi}{4} (15)^2 \times 4 \times 100$

$= 70650$ N

एवं क्रसिंग या बियरिंग सामर्थ्य $(F_c) = d \times t \times n \times \sigma_c$

$= 15 \times 10 \times 4 \times 160$

$= 96000$ N

पिच को ज्ञात करने के लिए F_t को F_s के बराबर रखने पर,

$(p - 15) \times 10 \times 120 = 70650$

$(p - 15) = 58.875$

$p = 73.875$ mm

$= \mathbf{74}$ **mm** उत्तर

$$\text{जोड़ की दक्षता } \eta = \frac{F_t,\ F_s, \text{ अथवा } F_c \text{ में से जोड़ की सबसे कम सामर्थ्य}}{\text{ठोस प्लेट की सामर्थ्य}}$$

$$= \frac{70650}{p \times t \times \sigma_t} = \frac{70650}{74 \times 10 \times 120} \times 100$$

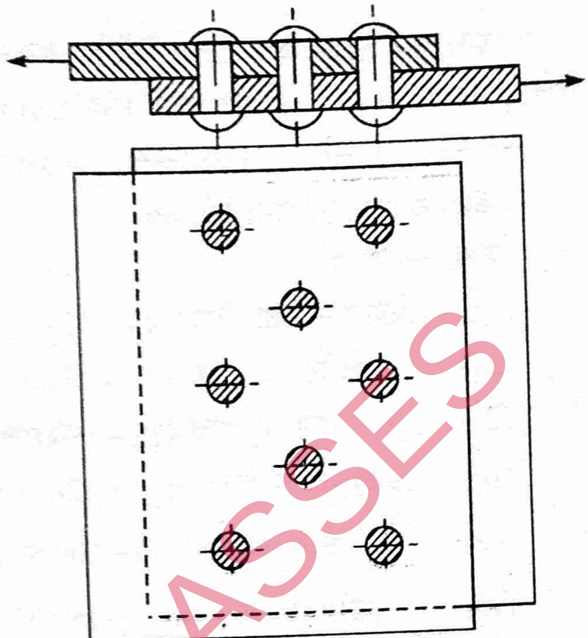
$= \mathbf{79.56\%}$ उत्तर

उदाहरण 5.24. 6.5 mm मोटी प्लेटों के मध्य ट्रिपल रिवेटेड लैप जोड़ बनता है। अनुमेय प्रतिबल तनाव $(\sigma_1) = 35$ N/mm^2, कर्तन $(\tau) = 29$ N/mm^2 तथा क्रसिंग $(\sigma_c) = 52.5$ N/mm^2 हैं। रिवेट का व्यास, रिवेट पिच तथा बैक पिच की गणना कीजिए। जिग जैग रिवेटिंग का प्रयोग करना है। बताइए कि जोड़ कैसे असफल होगा?

AKC TECHNICAL CLASSES

हल—चित्र 5.58 का अवलोकन कीजिए।

दिया है,



चित्र-5.58

(i) प्लेटों की मोटाई $(t) = 6.5$ mm

(ii) अनुमेय तनाव प्रतिबल $(\sigma_t) = 35$ N/mm^2

(iii) अनुमेय कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 29$ N/mm^2

(iv) अनुमेय क्रसिंग प्रतिबल $(\sigma_c) = 52.5$ N/mm^2

(v) रिवेट का व्यास (d),

रिवेट पिच (p) तथा बैक पिच $(p_b) = ?$

हम जानते हैं कि—

$$\text{रिवेट का व्यास, } d = 6\sqrt{t} = 6\sqrt{65}$$

$$= 15.297$$

$$\approx \mathbf{16\ mm}$$ उत्तर

एवं प्लेट की तनाव में सामर्थ्य, $F_t = (p-d) \times t \times \sigma_t$

$$= (p-16) \times 6.5 \times 35 \qquad ...(1)$$

एवं रिवटों की कर्तन में सामर्थ्य, $F_s = \frac{\pi}{4} . d^2 \times n \times \tau$

$$= \frac{\pi}{4} (16)^2 \times 3 \times 29$$ (यहाँ $n = 3$ होगा)

$$= 17483.52 \text{ N}$$

व प्लेट की अवभंजन में सामर्थ्य, $F_c = d \times t \times n \times \sigma_c$

$$= 16 \times 6.5 \times 3 \times 52.5$$

$$= 16380 \text{ N}$$

जोड़ की सामर्थ्य F_s एवं F_c में से कम वाली सामर्थ्य होगी। अतः पिच को ज्ञात करने के लिए तनाव सामर्थ्य F_t की समीकरण को कर्तन सामर्थ्य (F_s) के बराबर रखने पर,

$$(p-16) \times 6.5 \times 35 = 16380$$

$$p - 16 = 72$$

$$\mathbf{p = 88\,mm}$$ उत्तर

बैक पिच (p_b) को ज्ञात करना—यह रिवेटों की दो पंक्तियों के मध्य की क्षैतिज दूरी होती है, जिसका मान $2d$ से $3d$ के बराबर रखा जाता है। $2d$ से $3d$ की दूरी इस बात को ध्यान में रखकर निर्धारित करते हैं कि प्लेट की चौड़ाई में कितने रिवेट की पंक्तियाँ लगानी हैं तथा रिवेट की किनार वाली पंक्ति से किनार की दूरी $1.5d$ से कम न हो।

$$p_b = 3d$$ (मानने पर)

$$= 3 \times 16 = \mathbf{48\,mm}$$ उत्तर

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 5.25. एक डबल रिवेटेड डबल कवर प्लेट बट जोड़ (butt joint) की प्लेटों की मोटाई 20 mm है। रिवेटों का व्यास 25 mm एवं पिच 100 mm है। अनुमेय प्रतिबल निम्न प्रकार हैं—

$$\sigma_t = 120 \text{ MPa}; \tau = 100 \text{ MPa}; \sigma_c = 150 \text{ MPa}$$

जोड़ की दक्षता ज्ञात कीजिए।

हल—दिया है,

(i) प्रत्येक प्लेट की मोटाई $(t) = 20$ mm

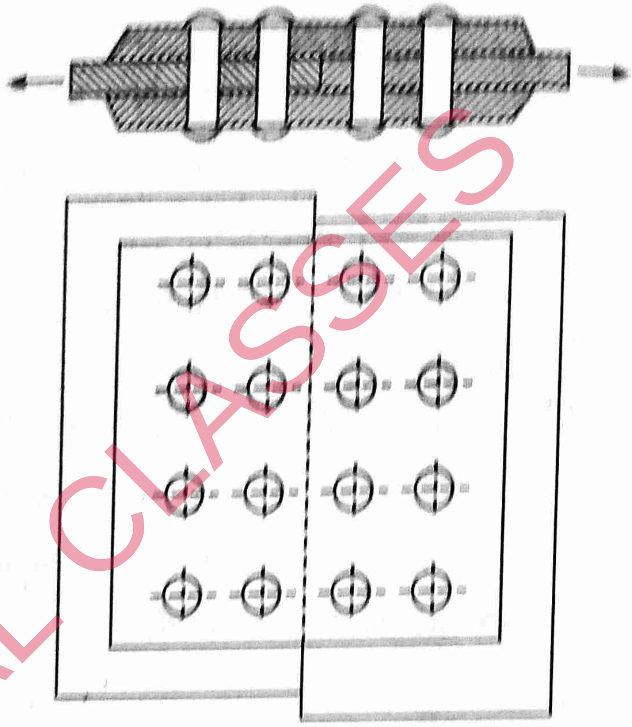
(ii) रिवेट का व्यास $(d) = 25$ mm

(iii) जोड़ का पिच $(p) = 100$ mm

(iv) तनाव का प्रतिबल $(\sigma_t) = 120 \text{ N/mm}^2$

(v) कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 100 \text{ N/mm}^2$

(vi) क्रशिंग प्रतिबल $(\sigma_c) = 150 \text{ N/mm}^2$



चित्र-5.59

चित्र 5.59 का अवलोकन कीजिए।

जोड़ की तनाव सामर्थ्य $(F_t) = (p-d) \times t \times \sigma_t$

$$= (100-25) \times 20 \times 120$$

$$= 75 \times 20 \times 120$$

$$= 18 \times 10^4 \text{ N}$$

जोड़ की कर्तन सामर्थ्य $(F_s) = \frac{\pi}{4} d^2 \times n \times \tau \times 2$ (यहाँ $n = 2$ है।)

$$= \frac{\pi}{4} (25)^2 \times 2 \times 100 \times 2 = 196250 \text{ N}$$

एवं क्रशिंग सामर्थ्य $(F_c) = d \times t \times n \times \sigma_c$

$$= 25 \times 20 \times 2 \times 150 = 15 \times 10^4 \text{ N}$$

हम जानते हैं, कि—

$$\text{जोड़ की दक्षता } \eta = \frac{F_t, F_s, \text{ एवं } F_c \text{ में सबसे कम सामर्थ्य}}{\text{ठोस प्लेट की सामर्थ्य}}$$

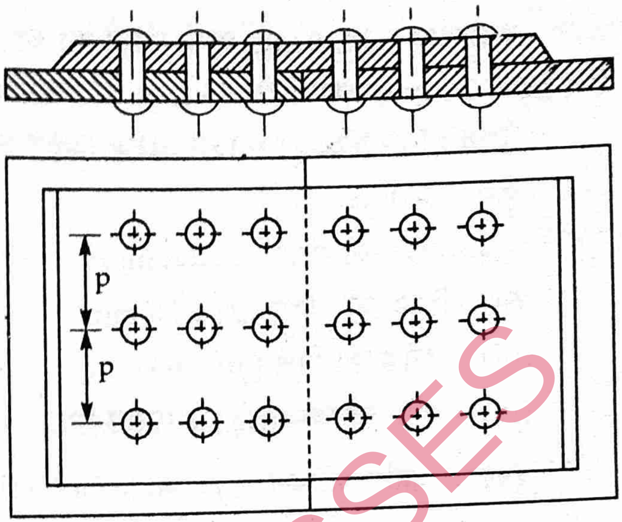
$$= \frac{150000}{p \times t \times \sigma_t} \times 100$$

$$= \frac{150000}{100 \times 20 \times 120} \times 100$$

$$= \mathbf{62.5\%}$$ उत्तर

उदाहरण 5.26. एक ट्रिपल रिवेटेड (triple riveted) एकल कवर प्लेट बट जोड़ की प्लेट की मोटाई 20 mm तथा रिवेट का व्यास 25 mm है। जोड़ का पिच 100 mm है। यदि रिवेटों के पदार्थ के लिए कर्तन प्रतिबल (τ), क्रशिंग प्रतिबल (σ_c) का मान क्रमश: 100 MPa एवं 150 MPa तथा प्लेट के पदार्थ के लिए तनाव प्रतिबल (σ_t) का परिमाण 120 MPa हो, तो जोड़ की सामर्थ्य एवं दक्षता ज्ञात कीजिए।

AKG TECHNICAL CLASSES



चित्र-5.60

हल—दिया है,

(i) प्लेट की मोटाई $(t) = 20$ mm

(ii) रिवेट का व्यास $(d) = 25$ mm

(iii) जोड़ का पिच $(p) = 100$ mm

(iv) कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 100$ N/mm^2

(v) क्रसिंग प्रतिबल $(\sigma_c) = 150$ N/mm^2

(vi) तनाव प्रतिबल $(\sigma_t) = 120$ N/mm^2

(vii) ट्रिपल रिवेटेड एकल कवर बट जोड़।

चित्र 5.60 का अवलोकन कीजिए।

जोड़ के प्रति पिच लम्बाई लेकर गणना करने पर—

(i) प्लेटों की तनाव सामर्थ्य—

$$F_t = (p-d)\,t\,\sigma_t$$
$$= (100-25)\times 20\times 120$$
$$= 75\times 20\times 120$$
$$= 18\times 10^4 \text{ N}$$

(ii) रिवेटों की कर्तन सामर्थ्य—इस प्रश्न में रिवेट एकल कर्तन (single shear) में होंगे, क्योंकि जोड़ बनाने में एक कवर प्लेट का प्रयोग किया गया है। गणना में एक प्लेट में प्रति पिच लम्बाई रिवेटों की संख्या प्रयोग की जायेगी। यहाँ रिवेटों की संख्या $(n) = 3$ है।

$$F_s = \frac{\pi}{4}d^2 \times n\times\tau$$
$$= \frac{\pi}{4}(25)^2\times 3\times 100$$
$$= 14.71\times 10^4 \text{ N}$$

(iii) प्लेट या रिवेटों की क्रसिंग सामर्थ्य—

$$F_c = d\times t\times n\times\sigma_c$$
$$= 25\times 20\times 3\times 150$$
$$= 22.5\times 10^4 \text{ N}$$

$\therefore$ जोड़ सामर्थ्य (strength of joint) $= 14.71\times 10^4$ N **उत्तर**

एवं जोड़ की दक्षता $\eta = \dfrac{F_t\ , F_s,\ \text{एवं}\ F_c \text{ में से सबसे कम सामर्थ्य}}{\text{ठोस प्लेट की सामर्थ्य}}$

$$= \frac{14.71\times 10^4}{p\times t\times\sigma_t}\times 100$$
$$= \frac{14.71\times 10^4}{100\times 20\times 120}\times 100$$
$$= \mathbf{61.32\ \%}$$

उत्तर

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 5.27. 6 mm मोटी प्लेटों को जोड़ने के लिए एक डबल रिवेटेड लैप जोड़ की दक्षता निकालिये। रिवेटों का व्यास 20 mm तथा पिच 65 mm है। अनुमेय प्रतिबल निम्नलिखित हैं—

तनन प्रतिबल (σ_t) = 120 MPa, कर्तन प्रतिबल (τ) = 90 MPa तथा दबाव प्रतिबल (σ_c) = 180 MPa।

हल—दिया है,

(i) प्लेट की मोटाई $(t) = 6$ mm

(ii) रिवेट का व्यास $(d) = 20$ mm

(iii) जोड़ का पिच $(p) = 65$ mm

(iv) तनन प्रतिबल $(\sigma_t) = 120$ MPa $= 120$ N/mm^2

(v) कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 90$ MPa $= 90$ N/mm^2

(vi) दबाव प्रतिबल $(\sigma_c) = 180$ MPa $= 180$ N/mm^2

(vii) डबल रिवेटेड लैप जोड़।

चित्र 5.54 उदाहरण 5.20 का अवलोकन करें।

प्लेट की तनाव की सामर्थ्य $(F_t) = (p-d) \times t \times \sigma_t$

$$= (65-20) \times 6 \times 120$$

$$= 32400 \text{ N}$$

रिवेटों का कर्तन में सामर्थ्य $(F_s) = \dfrac{\pi}{4} d^2 \times n \times \tau$ (यहाँ $n = 2$ है।)

$$= \frac{\pi}{4}(20)^2 \times 2 \times 90$$

$$= 56520 \text{ N}$$

प्लेट या रिवेट की क्रसिंग में सामर्थ्य $(F_c) = d \times t \times n \times \sigma_c$

$$= 20 \times 6 \times 2 \times 180$$

$$= 43200 \text{ N}$$

अत: जोड़ की सामर्थ्य 32400 N है।

एवं जोड़ की दक्षता (efficiency) $= \dfrac{32400 \times 100}{\text{ठोस प्लेट की प्रति पिच सामर्थ्य}}$

$$= \frac{32400}{p \times t \times \sigma_t} \times 100$$

$$= \frac{32400}{65 \times 6 \times 120} \times 100$$

$$= \mathbf{69.23\%}$$ उत्तर

उदाहरण 5.28. एक पुल संरचना की तान छड़ों को, जो 20 mm मोटी इस्पात की प्लेटों से बनी है, एक डबल कवर बट्ट जोड़ द्वारा जोड़ा गया है। यदि तान छड़ों पर 577 kN का अक्षीय भार लगा हो तो रिवेट जोड़ का अभिकल्पन कीजिए। तान छड़ के लिए अनुमेय तनाव प्रतिबल 90 MPa तथा रिवेट पदार्थ के लिए अनुमेय कर्तन तथा क्रसिंग प्रतिबल क्रमश: 60 MPa तथा 150 MPa मानिये।

AKC TECHNICAL CLASSES

हल—दिया है,

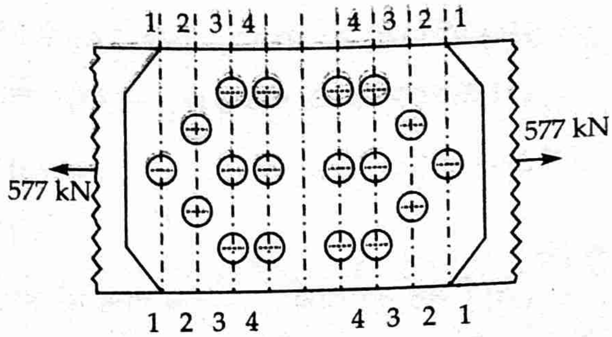
$t = 20$ mm,

$P_t = 577 \times 10^3$ N,

$\sigma_t = 90$ MPa $= 90$ N/mm^2

$\sigma_c = 150$ MPa $= 150$ N/mm^2,

$\tau = 60$ MPa $= 60$ N/mm^2



चित्र-5.61

उपरोक्त कार्य के लिए हम डायमंड रिवेटन वाले लोजेंज जोड़ (lozenge joint) का प्रयोग करेंगे क्योंकि इस व्यवस्था में प्लेट एक रिवेट छेद से ही कमजोर होती है।

(i) रिवेट का व्यास '*d*'—हम जानते हैं कि—$t \geq 8$ mm के लिए,

रिवेट छिद्र का व्यास $d = 6\sqrt{t} = 6\sqrt{20} = 26.83$ mm

तालिका 5.3 से रिवेट छिद्र का मानक व्यास 29 mm तथा संगत रिवेट का व्यास 27 mm होगा।

अत: $\mathbf{d = 29\,mm}$ **उत्तर**

(ii) तान छड़ प्लेटों की चौड़ाई '*b*'—इस जोड़ में, एक रिवेट छेद से कमजोर होने पर प्लेट द्वारा सहन किया गया अधिकतम तनाव भार $P_t = (b - d) . t . \sigma_t$

$\therefore \quad 577 \times 10^3 = (b - 29) \times 20 \times 90,$

$(b - 29) = 320.55$ mm

$\therefore \quad b = 349.55$ या **350 mm** **उत्तर**

(iii) जोड़ पर अधिकतम तनाव बल $P_t = (b - d) . t . \sigma_t$

$= (350 - 29) \times 20 \times 90$

$\therefore \quad P_L = 577800$ N

अब एक रिवेट की कर्तन सामर्थ्य $P_s = 1.75 \times \frac{\pi}{4} d^2 \times \tau$ (यहाँ रिवेट दोहरे कर्तन में है)

$= 1.75 \times \frac{\pi}{4} \times (29)^2 \times 60$

$\therefore \quad P_s = 69354.58$ N

एक रिवेट की संदलन सामर्थ्य $P_c = d . t . \sigma_c = 29 \times 20 \times 150$

$\therefore \quad P_c = 87000$ N

इस प्रकार एक रिवेट की सामर्थ्य $= P_c$ अथरा P_s का न्यूनतन मान

$= 69354.58$ N $(= P_s)$

$=$ रिवेट मान (R)

जोड़ के आवश्यक रिवेटों की संख्या $N = \dfrac{P_t}{P_c \text{ अथवा } P_s \text{ का न्यूनतम मान}}$

$\therefore \quad N = \dfrac{577800}{69354.58} = 8.33$ या 9

$\therefore \quad \mathbf{N = 9}$ **उत्तर**

AKC TECHNICAL CLASSES

(iv) पंक्तियों की संख्या—चित्र 5.61 में **रिवेटों की व्यवस्था प्रदर्शित है।**

(v) कवर प्लेट की मोटाई (t_1)—डबल कवर के लिए, कवर प्लेट की मोटाई $t_1 = 0.75\,t$

$$\therefore \quad t_1 = 0.75 \times 20 = 15 \text{ mm}$$

$$\therefore \quad \mathbf{t_1 = 15\ mm}$$ उत्तर

(vi) रिवेट का पिच (p)—दाब पात्रों की तुलना में संरचनात्मक कार्यों के लिए पिच का मान थोड़ा अधिक रखा जा सकता है। अतः अनुभाविक सूत्र से

$$p = 3d + 5 \text{ mm}$$

$$= 3 \times 29 + 5 = \mathbf{92\ mm}$$ उत्तर

(vii) बैक पिच (p_b) तथा मार्जिन (m)—$p_b = 3d = 3 \times 29$ या $p_b = \mathbf{87\ mm}$ उत्तर

$$m = 1.5\,d = 1.5 \times 29 \text{ या } m = \mathbf{43.5\ mm}$$ उत्तर

(viii) जोड़ की दक्षता (η)—

(a) काट (1–1) पर जोड़ की फटन सामर्थ्य $P_{t_1} = (b - d)\,.\,t\,.\,\sigma_t$

$$\therefore \quad P_{t_1} = (350 - 29) \times 20 \times 90 = 577800 \text{ N}$$

(b) काट (2–2) पर जोड़ की फटन सामर्थ्य $P_{t_2} = (b - 2d)\,.\,t\,.\,\sigma_t$ + एक रिवेट की सामर्थ्य (R)

$$\therefore \quad P_{t_2} = (350 - 2 \times 29) \times 20 \times 90 + 69354.58 = 594954.58 \text{ N}$$

(c) काट (3–3) पर जोड़ की फटन सामर्थ्य $P_{t_3} = (b - 3d)\,.\,t\,.\,\sigma_t$ + तीन रिवेटों की सामर्थ्य (R)

$$\therefore \quad P_{t_3} = (350 - 3 \times 29) \times 20 \times 90 + 3 \times 69354.58 = 681463.74 \text{ N}$$

(d) काट (4–4) पर जोड़ की फटन सामर्थ्य $P_{t_4} = (b - 3d)\,.\,t\,.\,\sigma_t$ + छः रिवेटों की सामर्थ्य ($6R$)

$$\therefore \quad P_{t_4} = (350 - 3 \times 29) \times 20 \times 90 + 6 \times 69354.58 = 889527.48 \text{ N}$$

(e) 9 रिवेटों की कर्तन सामर्थ्य $= 9R = 9 \times 69354.58 = 624191.22$ N

(f) 9 रिवेटों की संदलन सामर्थ्य $= 9P_c = 9 \times 87000 = 783000$ N

(g) $\therefore$ रिवेट जोड़ की दक्षता $\eta = \dfrac{P_{t_1}, P_{t_2}, P_{t_3}, P_{t_4}, 9R \text{ तथा } 9P_c \text{ में से न्यूनतम मान}}{\text{ठोस प्लेट की सामर्थ्य } (P)}$

$$= \frac{P_{t_1}}{bt\sigma_t} = \frac{577800}{350 \times 20 \times 90} = 0.917$$

$$\therefore \quad \eta = \mathbf{91.7\%}$$ उत्तर

यदि उपरोक्त जोड़ में हम डायमंड रिवेटन के स्थान पर चेन रिवेटन का प्रयोग करें तो तीन रिवेटों की तीन पंक्तियाँ आवश्यक होंगी। इस स्थिति में, न्यूनतम फटन सामर्थ्य

$$= (b - 3d)\,.\,t\,.\,\sigma_t$$

$$= (350 - 3 \times 29) \times 20 \times 90 = 473400 \text{ N}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

इस जोड़ की दक्षता $= \frac{473400}{b \times t \times \sigma_t} = \frac{473400}{350 \times 30 \times 90} = 0.7514$

$\therefore$ $\eta = 75.14\%$

इस प्रकार चेन रिवेटन की अपेक्षा डायमंड रिवेटन अधिक दक्ष होगा।

उदाहरण 5.29. मृदु इस्पात की 15 mm मोटी तथा 300 mm चौड़ी दो प्लेटों को छादन रिवेटित विधि से जोड़ा जाना है। प्लेटों पर 5 kN का तनन भार लगाया जाना है तथा जोड़ का सुरक्षा-गुणाँक 2.5 है। इस जोड़ की अधिकल्पना कर इसका रेखाचित्र बनाइए। प्लेट पदार्थ की तनन सामर्थ्य, रिवेट पदार्थ की अपरूपण सामर्थ्य तथा उसकी संदलन सामर्थ्य क्रमशः 420 MPa, 280 MPa तथा 500 MPa मान लीजिए। (U.P. 2009)

हल—दिया है,

प्लेटों की मोटाई $t = 15$ mm, प्लेटों की चौड़ाई $b = 300$ mm,

तनाव भार $P_t = 5$ kN, F.O.S. = 2.5, $\sigma_t = 420$ N/mm^2,

$\tau = 280$ N/mm^2, $\sigma_c = 500$ N/mm^2.

(i) अब रिवेट छिद्र का व्यास $d = 6\sqrt{t} = 23.33$ mm = **23.5 mm**

$\therefore$ रिवेट का व्यास = **22 mm** (मानक तालिका से)

(ii) जोड़ पर लग सकने वाला अधिकतम तनाव बल

$$P_t = (b - d).t.\sigma_t$$

$\therefore$ $$P_t = (300 - 23.5) \times 15 \times \frac{420}{2.5} = 696780 \text{ N}$$

लैप जोड़ में, एक रिवेट की कर्तन सामर्थ्य

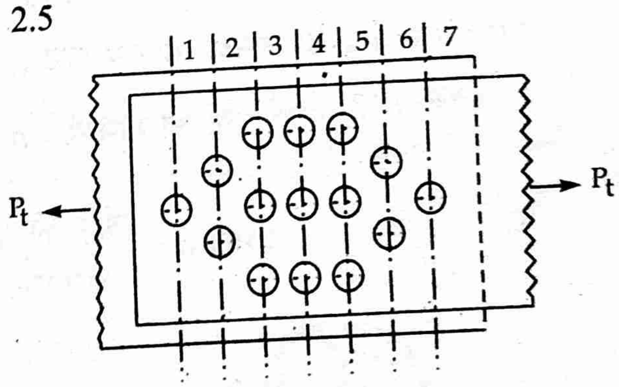
$$P_s = \frac{\pi}{4}.d^2.\tau = \frac{\pi}{4} \times (23.5)^2 \times \frac{280}{2.5}$$

$\therefore$ $$P_s = 48878.447 \text{ N}$$

तथा एक रिवेट की संदलन सामर्थ्य

$$P_c = d.t.\sigma_c = 23.5 \times 15 \times \frac{500}{2.5}$$

$$= 70.500 \text{ N}$$



चित्र-5.62

जोड़ के लिए रिवेटों की संख्या "N"

$$= \frac{P_t}{P_c \text{ अथवा } P_s \text{ का न्यूनतम मान}}$$

$\therefore$ $$N = \frac{696780}{48878.447} = 14.2 \text{ या } 15 \text{ रिवेट}$$

$\therefore$ $$N = 15$$ **उत्तर**

(iii) पंक्तियों की संख्या—चित्र 5.62 में रिवेटों की व्यवस्था प्रदर्शित है।

AKC TECHNICAL CLASSES

(iv) रिवेट की पिच $'p' = 3d + 5\ \text{mm}$

$$= 3 \times 23.5 + 5 = \mathbf{75.5\ mm}$$ उत्तर

(v) बैक पिच (p_b) तथा मार्जिन (m)—$p_b = 2.5\,d$ या $3d$.

∴ $p_b = 2.5\,d$ मानने पर, $\quad p_b = 2.5 \times 23.5 = 58.75\ \text{mm}$

मार्जिन $\quad m = 1.5d = 1.5 \times 23.5 = \mathbf{35.25\ mm}$ उत्तर

(vi) रिवेट जोड़ की दक्षता (η)—काट (1–1) पर जोड़ की फटन सामर्थ्य

$$P_{t_1} = (b - d)\, t \,.\, \sigma_t$$

∴ $$P_{t_1} = (300 - 23.5) \times 15 \times \frac{420}{2.5} = 696780\ \text{N}$$

काट (2–2) पर, $$P_{t_2} = (b - 2d)\,.\,t\,.\,\sigma_t + R = (300 - 2 \times 23.5) \times 15 \times \frac{420}{2.5} + 48878.447$$

∴ $$P_{t_2} = 686438.45\ \text{N}$$

काट (3–3) पर, $$P_{t_3} = (b - 3d)\,.\,t\,.\,\sigma_t + 3R$$

$$P_{t_3} = (300 - 23.5 \times 3) \times 15 \times \frac{420}{2.5} + 3 \times 48878.447 = 724975.35\ \text{N}$$

काट (4–4) पर, $$P_{t_4} = (b - 3d)\,.\,t\,.\,\sigma_t + 6R$$

$$P_{t_4} = (300 - 3 \times 23.5) \times 15 \times \frac{420}{2.5} + 6 \times 48878.447 = 871610.68\ \text{N}$$

सभी 15 रिवेटों की कर्तन सामर्थ्य $= 15R = 15 \times 48878.447 = 733176.71\ \text{N}$

सभी 15 रिवेटों की संदलन सामर्थ्य $= 15 \times 70{,}500 = 1057500\ \text{N}$

इस प्रकार जोड़ की न्यूनतम सामर्थ्य काट (2–2) पर होगी जिसका मान 686438.45 N होगा।

$$\text{ठोस प्लेट की सामर्थ्य} = b\,.\,t\,.\,\sigma_t = 300 \times 15 \times \frac{420}{2.5} = 7{,}56{,}000\ \text{N}$$

∴ $$\text{दक्षता } \eta = \frac{\text{जोड़ की न्यूनतम सामर्थ्य}}{\text{ठोस प्लेट की सामर्थ्य}} = \frac{686438.45}{756000} = \mathbf{90.8\%}$$ उत्तर

प्रश्नावली (Exercise)

1. जोड़ से आप क्या समझते हैं? जोड़ कितने प्रकार के होते हैं? इंजीनियरी में इनकी उपयोगिता पर प्रकाश डालिए।
2. अस्थायी एवं स्थायी जोड़ में अन्तर स्पष्ट करें। प्रत्येक के दो उदाहरण दीजिए।
3. सफल जोड़ का स्वच्छ चित्र बनाकर उसके विभिन्न भागों के नाम लिखिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

4. इंजीनियरिंग में नकल जोड़ (knuckle joint) के कुछ अनुप्रयोग दीजिए।
5. एक नकल जोड़ का स्वच्छ चित्र बनाकर उसके डिज़ाइन सम्बन्धी पदों को समझाइए।
6. कॉटर जोड़ (cotter joint) से आपका क्या तात्पर्य है? इसको किन परिस्थितियों में प्रयोग किया जाता है?
7. कॉटर जोड़ का स्वच्छ चित्र बनाकर उसके विभिन्न भागों के नाम लिखिए। उसके अनुप्रयोग भी बताइए।
8. एक स्पीगॉट तथा सॉकिट प्रकार के कॉटर जोड़ के डिज़ाइन सम्बन्धी पदों की चरणबद्ध तरीके से समीक्षा कीजिए।
9. कॉटर जोड़ (cotter joint) तथा नकल जोड़ (knuckle joint) में अन्तर बताइए। **(U.P.T.B. 1991, 2000, 02)**
10. नकल तथा कॉटर जोड़ों के अभिलाक्षणिक गुण कौन से हैं? इन जोड़ों के अनुप्रयोगों के एक-एक उदाहरण बताइए। **(U.P. 2009)**
11. एक कॉटर जोड़ में कॉटर पिन की माप को कैसे ज्ञात किया जाता है? समझाइए। **(U.P. 2005)**
12. यदि एक बोल्ट तथा एक कॉटर समान पदार्थ के बने हैं तथा यदि कॉटर की गहराई बोल्ट के व्यास के बराबर है तथा उसकी मोटाई, व्यास की चौड़ाई (1/4) है तो सिद्ध कीजिए कि कॉटर, बोल्ट से कमजोर है। **(U.P. 2001)**
13. वेल्डन जोड़ से आपका क्या तात्पर्य है? यह रिवेटेड जोड़ से किस प्रकार भिन्न है? **(U.P. 2017)**
14. विभिन्न प्रकार के वेल्डन जोड़ों का वर्गीकरण कीजिए।
15. रिवेट जोड़ की तुलना में वेल्डेड जोड़ के लाभ एवं हानियाँ लिखो। **(U.P. 2018)**
16. **'गले की मोटाई'** तथा **'वेल्ड का माप'** (throat thickness and size of weld) व **'लेग की लम्बाई (length of leg)'** की परिभाषा लिखिए। **(U.P. 2001)**
17. दाब वैशल (Pressure vessel) में प्रयुक्त विभिन्न प्रकार के वेल्डन जोड़ों का चित्र बनाइए। **(U.P. 2010)**
18. एक अक्षीय भारित वेल्डन परिच्छेद के अभिकल्पन विधि का वर्णन कीजिए। **(U.P. 2010)**
19. मुख्य रूप से प्रयुक्त वेल्डित जोड़ों के चित्र बनाकर उसके नाम लिखिए। संकेत चिन्ह भी बनाइए। **(U.P. 2009)**
20. दो इस्पात प्लेटों को समान्तर तथा अनुप्रस्थ छादन फिलेट वेल्डन द्वारा जोड़ा जाता है। इस प्रकार के छादन (lap) जोड़ की अभिकल्पन विधि का वर्णन कीजिए। **(U.P. 2009)**
21. रिवेटेड जोड़ को परिभाषित कीजिए। रिवेट जोड़ों का वर्गीकरण कीजिए।
22. रिवेट जोड़ों के असफल होने की विभिन्न सम्भावनाओं को विस्तार से चित्रों सहित समझाइए। **(U.P. 2000, 01, 14)**
23. रिवेट जोड़ की दक्षता एवं विफलता को विस्तार से समझाइए। **(U.P. 2018)**
24. एक रिवेट जोड़ की सामर्थ्य एवं दक्षता में अन्तर स्पष्ट कीजिए। **(U.P. 2012, 13)**
25. (a) एकल रिवेटेड लैप जोड़ वाले अवयवों के नाम लिखिए। इनमें रिवेटेड जोड़ का डिज़ाइन कैसे होता है? समझाइए।
    (b) ऐसे रिवेटेड जोड़ का नाम बताइए जहाँ रिवेट दोहरे अपरूपण में होती है। चित्र की सहायता से इसे स्पष्ट कीजिए। **(U.P. 2003)**
26. रिवेट जोड़ को लीक प्रूफ बनाने के लिए **'कॉकन तथा फुलरन'** (Caulking and Fullering) क्रिया का सचित्र वर्णन कीजिए।
27. स्वच्छ चित्रों की सहायता से रिवेटेड जोड़ों की असफलता के विभिन्न प्रकारों को दर्शाइए। **(U.P. 2010)**

AKC TECHNICAL CLASSES

28. एक नकल जोड़ (knuckle joint) के द्वारा जोड़ी जाने वाली छड़ों का व्यास 30 mm है तो नकल पिन का व्यास व इसके हैड की मोटाई ज्ञात कीजिए।

[उत्तर—30 mm, 15 mm]

29. एक छड़ पर 100 kN का तनन भार कार्य करता है, के लिए नकल जोड़ (knucle joint) की आवश्यकता है। छड़ व पिन का व्यास ज्ञात कीजिए। अनुमेय तनन व कर्तन प्रतिबल दोनों 80 MPa है। **(U.P.T.B. 1996)**

[उत्तर—40 mm, 40 mm]

30. एक छड़ पर 100 kN का तनन भार लगाने के लिए नकल जोड़ की आवश्यकता है। छड़ तथा पिन का व्यास ज्ञात कीजिए। तनन एवं अपरूपण दोनों के लिए सुरक्षित कार्य प्रतिबल 65 N/mm^2 है। **(U.P.T.B. 2002)**

[उत्तर—40 mm, 40 mm]

31. मृदु इस्पात की दो छड़ों 150 kN का एक अक्षीय भार प्रेषित करती है और एक नकल जोड़ द्वारा जोड़ी जाती है। पिन तथा छड़ का व्यास ज्ञात कीजिए। छड़ तथा पिन दोनों के पदार्थों के कार्यकारी प्रतिबल $\tau = 62$ MPa, $\sigma_t = 77.5$ MPa तथा $\sigma_c = 155$ MPa मानिए। **(U.P. 2004)**

[उत्तर—$d_{pin} = 40$ mm, $d_{rod} = 50$ mm]

32. सुरक्षा गुणांक को 2.5 मानकर एक नकल जोड़ का अभिकल्पन कीजिए जिस पर 20 kN का भार लगाया जाना है। मृदु इस्पात की तनन समार्थ्य, अपरूपण सामर्थ्य तथा दलन सामर्थ्य क्रमशः 420, 200 तथा 500 MPa है। जोड़ का स्वच्छ चित्र भी बनाइए। **(U.P. 2007)**

[उत्तर—$d = 13$ mm, $d_1 = 13$ mm, $d_2 = 26$ mm, $a = 20$ mm, $b = 9.75$ mm, $c = 1.95$ mm, $e = 5.2$ mm]

33. 120 kN भार वहन करने के लिए नकल जोड़ का डिजाइन (Design) कीजिए। दिये गये अनुमेय प्रतिबल निम्न है—

$$\sigma_t = 75 \text{ MPa}, \tau = 60 \text{ MPa}, \sigma_c = 150 \text{ MPa}$$ **(U.P.T.B. 2000)**

34. मृदु इस्पात की दो छड़ों को नकल जोड़ (knuckle joint) से जोड़कर, तनाव बल पारेषित किया जाना है। प्रत्येक छड़ का व्यास 12 mm है। छड़ द्वारा पारेषित सुरक्षित तनाव बल एवं नकल पिन का व्यास ज्ञात कीजिए। मृदु इस्पात के लिए अन्तिम तनाव प्रतिबल 320 N/mm^2 तथा कर्तन प्रतिबल (shear stress) 200 N/mm^2 है। सुरक्षा गुणांक 4 मानिए।

[उत्तर—9043 N, 12 mm]

35. एक कॉटर जोड़ (cotter joint) के द्वारा जोड़ी गई दो छड़ों में से प्रत्येक का व्यास 30 mm है तो कॉटर की आवश्यक मोटाई तथा चौड़ाई ज्ञात कीजिए।

[उत्तर—9 mm, 39 mm]

36. एक कॉटर जोड़ में 50 kN का बल सहने के लिए छड़ का व्यास, कॉटर की मोटाई तथा चौड़ाई ज्ञात कीजिए। छड़ के लिये तनाव अनुमेय प्रतिबल $\sigma_t = 60$ N/mm^2 है।

[उत्तर—33 mm, 10 mm, 43 mm]

37. दो मृदु इस्पात की 40 mm व्यास की छड़ों को जोड़ने वाले कॉटर जोड़ का अभिकल्पन कीजिए। छड़ पदार्थ की चरम तनन सामर्थ्य 450 N/mm^2 है। जोड़ का समानुपातिक चित्र भी बनाइए। **(U.P. 2006)**

[उत्तर—$d_1 = 48$ mm, $d_2 = 60$ mm, $D_1 = 70$ mm, $D_2 = 96$ mm, $a = 30$ mm, $b = 52$ mm, $c = 30$ mm, $e = 18$ mm तथा $t = 12$ mm]

38. सॉकिट और स्पिगॉट प्रकार का कॉटर जोड़ 100 kN का तनन या सम्पीडन भार पारेषित करता है, अनुमेय प्रतिबल निम्न प्रकार है—

$$\sigma_t = 80 \text{ N/mm}^2, \tau = 65 \text{ N/mm}^2, \sigma_c = 161 \text{ N/mm}^2$$

AKC TECHNICAL CLASSES

छड़ का व्यास, स्पिगॉट का व्यास, कॉटर की मोटाई और चौड़ाई की गणना कीजिए। जोड़ का सम्मुख काट का दृश्य बनाइए।

[उत्तर—40 mm, 49 mm, 13 mm, 52 mm] **(U.P.T.B. 1994)**

39. वाष्प इंजन की पिस्टन रॉड तथा क्रॉस हैड को कॉटर जोड़ द्वारा जोड़ा गया है। पिस्टन का व्यास 200 mm तथा इंजन सिलिण्डर में अधिकतम वाष्प दबाव 1.5 N/mm^2 है। ज्ञात कीजिए।

(i) कॉटर छिद्र पर छड़ का व्यास।

(ii) कॉटर की मोटाई तथा माध्य चौड़ाई।

कॉटर की मोटाई, कॉटर लगाने वाले स्थान की छड़ के व्यास की 0.3 गुनी है। छड़ तथा कॉटर पदार्थों के लिए अन्तिम प्रतिबल $\sigma_t = 240$ N/mm^2, $\tau = 200$ N/mm^2 तथा सुरक्षा गुणांक 4 मानिये। **(U.P.T.B. 1993)**

[उत्तर—(i) 39 mm, (ii) 12 mm, 42 mm]

40. एक "सॉकेट तथा स्पिगॉट" प्रकार के कॉटर जोड़ पर 75 kN के अक्षीय भार के लिये निम्नलिखित का अभिकल्पन कीजिए—

(i) छड़ का न्यूनतम व्यास

(ii) स्पिगॉट सिरे का व्यास

(iii) कॉटर की मोटाई तथा माध्य चौड़ाई

निम्न अनुमेय प्रतिबलों को मानिये—

$$\sigma_t = 54 \text{ N/mm}^2, \tau = 42.5 \text{ N/mm}^2, \sigma_c = 100 \text{ N/mm}^2$$ **(U.P.T.B. 1991)**

[उत्तर—(i) 43 mm, (ii) 53 mm, (iii) 14.5 mm, 62 mm]

41. एक प्लेट 100 mm चौड़ी एवं 10 mm मोटी है। इस प्लेट को एक अन्य प्लेट के साथ दोहरे लम्बकोणीय फिलेट वेल्ड़ (transverse fillet weld) के द्वारा जोड़ा गया है। यदि प्लेटों पर 70 kN का भार लगा हो तो वेल्ड की लम्बाई ज्ञात कीजिए। अनुमेय तनाव प्रतिबल 70 N/mm^2 से अधिक नहीं होना चाहिए।

[उत्तर—83.42 mm]

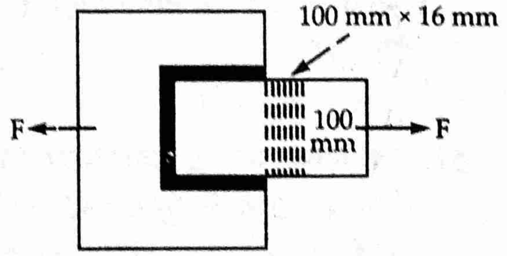
42. दो इस्पात की प्लेटों, जिसमें से प्रत्येक 100 mm चौड़ी एवं 12.5 mm मोटी है, को दोहरे समानान्तर फिलेट वेल्ड द्वारा जोड़ा गया है। प्लेटों पर 50 kN का तनाव बल लगा है। वेल्ड पदार्थ के लिए कर्तन प्रतिबल का मान 56 N/mm^2 से अधिक नहीं होना है। वेल्ड की लम्बाई ज्ञात कीजिए।

[उत्तर—63.158 mm]

43. एक तनाव पट्टी जिसका साइज 100 mm × 16 mm मोटी है, को एक अन्य प्लेट के साथ चित्र 5.63 के अनुसार वेल्ड किया गया है। यदि 8 mm का फिलेट वेल्ड बनाया जाये तो कम से कम ओवर लैप (over lap) को ज्ञात कीजिए। विभिन्न अनुमेय प्रतिबल निम्न हैं—

(i) प्लेट के पदार्थ का तनाव प्रतिबल $(\sigma_t) = 150$ N/mm^2

(ii) वेल्ड पदार्थ का कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 102.5$ N/mm^2

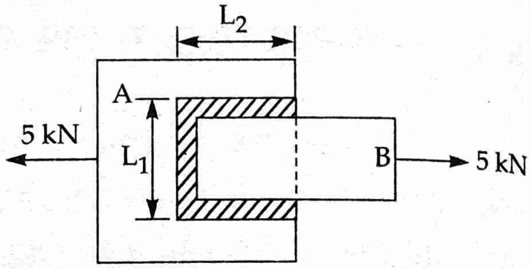


चित्र-5.63

[उत्तर—73.735 mm]

AKC TECHNICAL CLASSES

44. चित्र 5.64 में एक फिलेट वेल्ड जोड़ को दिखाया गया है जिसमें एक $50 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ मोटी प्लेट B को एक स्तम्भ A से जोड़ा जाना है। प्लेट पर 5 kN का तनन बल लगाया जाना है जैसा कि चित्र 5.64 में दिखाया गया है। यदि वेल्ड में सुरक्षित प्रतिबल 50 N/mm^2 हो तब इस जोड़ का अभिकल्पन कीजिए। **(U.P. 2008)**



चित्र-5.64

[**उत्तर**—$L_1 = 50$ mm, $L_2 = 23$ mm]

45. एक 10 cm चौड़ी तथा 1 cm मोटी प्लेट को एक दूसरी प्लेट से दो समान्तर फिलेटों द्वारा जोड़ना है। प्लेटों को 80 kN का स्थैतिक भार वहन करना है। वेल्ड की लम्बाई ज्ञात कीजिए। यदि वेल्ड में अनुमेय अपरुपण प्रतिबल 55 N/mm^2 से अधिक न हो। **(U.P. 2012)**

[**उत्तर**—116 mm]

46. एक सिंगल रिवेटेड लैप जोड़ 15 mm मोटी प्लेटों एवं 20 mm व्यास के रिवेटों से बना है। जोड़ की सामर्थ्य ज्ञात कीजिए। यदि दो लगातार रिवेटों के केन्द्र से केन्द्र की दूरी 60 mm है। प्लेट एवं रिवेट पदार्थों की अनुमेय सामर्थ्य निम्न प्रकार है— $\sigma_t = 120 \text{ N/mm}^2$, $\tau = 90 \text{ N/mm}^2$ एवं $\sigma_b = 160 \text{ N/mm}^2$

[**उत्तर**—28260 N]

47. एक डबल रिवेटेड लैप जोड़ 30 mm व्यास के रिवेटों को प्रयोग करके बनाया गया है। प्रत्येक प्लेट की मोटाई 15 mm है। जोड़ की सामर्थ्य एवं दक्षता ज्ञात कीजिए। यदि रिवेटों का पित्र 80 mm हो। विभिन्न अनुमेय प्रतिबल निम्न प्रकार हैं— $\sigma_t = 120 \text{ N/mm}^2$, $\tau = 90 \text{ N/mm}^2$ एवं $\sigma_b = 160 \text{ N/mm}^2$।

[**उत्तर**— 90 kN, 62.5%]

48. निम्नलिखित रिवेटेड जोड़ की सामर्थ्य व दक्षता ज्ञात कीजिए।
 (i) सिंगल रिवेटेड लैप जोड़ जिसकी प्रत्येक प्लेट की मोटाई 6 mm एवं रिवेटों का व्यास 20 mm एवं पिच 50 mm है।
 (ii) डबल रिवेटेड लैप जोड़ जिसकी प्रत्येक प्लेट की मोटाई 6 mm एवं रिवेटों का व्यास 20 mm तथा पिच 65 mm है।
 अनुमेय प्रतिबलों के परिमाण $\sigma_t = 120 \text{ N/mm}^2$, $\tau = 90 \text{ N/mm}^2$ एवं $\sigma_c = 180 \text{ N/mm}^2$।

[**उत्तर**—(i) 21.60 kN, 60%, (ii) 32.40 kN, 69.23%]

49. एक डबल रिवेटेड डबल कवर प्लेट बट जोड़ 20 mm मोटी प्लेटों से बना है। रिवेटों का व्यास 25 mm तथा पिच 100 mm है। यदि प्लेट के लिये अनुमेय तनाव प्रतिबल 120 N/mm^2 एवं रिवेटों के पदार्थ के लिए अनुमेय कर्तन प्रतिबल एवं बियरिंग प्रतिबल क्रमशः 100 N/mm^2 एवं 150 N/mm^2 है। जोड़ की सामर्थ्य एवं दक्षता ज्ञात कीजिए।

[**उत्तर**—150 kN, 62.5%]

50. एक डबल रिवेटेड डबल स्ट्रैप बट जोड़ में मुख्य प्लेटों की मोटाई 20 mm, रिवेटों का व्यास 22 mm एवं पिच 85 mm है। तनाव, बियरिंग एवं कर्तन में सुरक्षित प्रतिबल क्रमशः 150, 300 एवं 100 N/mm^2 है। जोड़ की दक्षता ज्ञात कीजिए।

[**उत्तर**—59.6%]

51. एक ट्रिपिल रिवेटेड डबल कवर प्लेट बट जोड़ में बाह्य पंक्तियों में रिवेटों का पिच मध्य पंक्ति (middle row) के पिच का दुगुना है। मुख्य प्लेटों की मोटाई 15 mm एवं रिवेटों का व्यास 25 mm है। यदि अनुमेय तनाव प्रतिबल 125 N/mm^2, कर्तन प्रतिबल एवं बियरिंग प्रतिबल क्रमशः 80 N/mm^2 एवं 160 N/mm^2 है तो जोड़ का पिच एवं दक्षता ज्ञात कीजिए।

[**उत्तर**—बाह्य पंक्ति पिच = 153 mm, 80.36%]

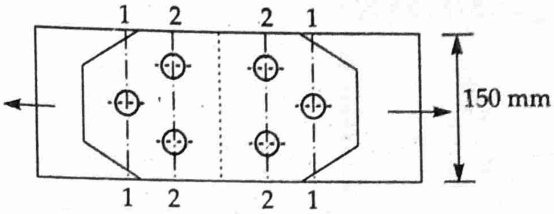
AKG TECHNICAL CLASSES

52. दो 150 mm × 10 mm साइज की प्लेटों को डबल कवर प्लेट बट जोड़ के द्वारा चित्र 5.65 के अनुसार जोड़ा गया है। रिवेटों का व्यास 20 mm एवं कवर प्लेट की मोटाई 6 mm है। जोड़ की सामर्थ्य एवं दक्षता ज्ञात कीजिए।

$\tau = 100\ N/mm^2$, $\sigma_t = 120\ N/mm^2$ एवं

$\sigma_b = 160\ N/mm^2$ मानिए।

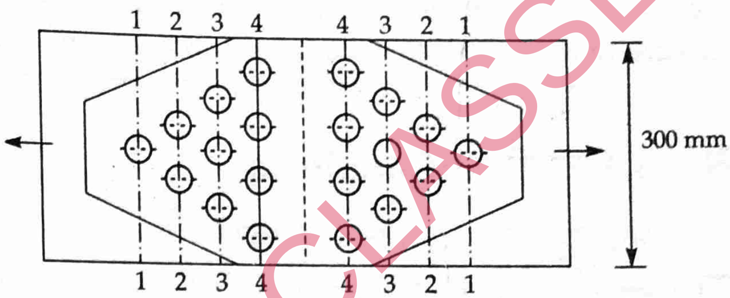
[उत्तर—96000 N, 53.33%]



चित्र-5.65

53. दो 300 mm × 16 mm प्लेटों को 20 mm व्यास के रिवेटों को चित्र 5.66 के अनुसार चार पंक्तियों में लगाकर डबल कवर बट जोड़ बनाया गया है। यदि कवर प्लेट की मोटाई 10 mm हो तथा अनुमेय तनाव कर्तन एवं बियरिंग प्रतिबल क्रमशः 120, 100 एवं 180 N/mm^2 हैं तो जोड़ की सामर्थ्य एवं दक्षता ज्ञात कीजिए।

[उत्तर—537.6 kN, 93.33%]



चित्र-5.66

54. द्वि-रिवेटेड छादन जोड़ का, जिस पर दो पट्टिकायें लगी हैं, अभिकल्पन कीजिए। दो मृदु-इस्पात की जोड़ी जाने वाली प्लेटें 70 mm × 10 mm मोटी हैं। मृदु-इस्पात की जोड़ी का पराभव प्रतिबल 210 N/mm^2 लिया जा सकता है तथा रिवेटों के लिए सुरक्षित कार्यकारी अपरूपण प्रतिबल 75 N/mm^2 है। जोड़ का उपयुक्त विमाओं को दर्शाते हुए चित्र बनाइए। **(U.P. 2008)**

[उत्तर—$d = 20$ mm, $p = 44$ mm, $m = 30$ mm, $p_b = 46$ mm, $\eta = 51\%$]

55. एक द्विरिवेटेड छादन जोड़ का अभिकल्पन कीजिये जो दो 13 mm, मोटी इस्पात प्लेटों को जोड़ना है। प्लेट की तनन सामर्थ्य 420 MPa तथा रिवेट पदार्थ की अपरुपण 250 MPa है। रिवेट की उपयुक्त दलन सामर्थ्य तथा प्लेट पदार्थ के विस्फोटन सामर्थ्य की कल्पना करते हुए जोड़ के लिए रिवेट की पिच, उसका व्यास तथा निरापद भारवहन क्षमता की गणना कीजिए। जोड़ का चित्र भी बनाइए। **(U.P. 2007)**

[उत्तर—$d = 22$ mm, $p = 57$ mm, निरापद भार वहन क्षमता = 190 kN]

■

AKC TECHNICAL CLASSES

अध्याय

6

फ्लैंज कपलिंग का अभिकल्पन (Design of a Flange Coupling)

Inside this Chapter

Necessity of a coupling, advantages of a coupling, types of couplings, design of muff coupling, design of flange coupling (Both proteced type and unprotected type).

6.1 कपलिंग (Couplings)

शाफ्टें सामान्यतया: 7 मीटर तक की लम्बाईयों में उपलब्ध होती हैं। इससे अधिक लम्बाई की शाफ्ट प्राप्त करने के लिए अथवा एक टूटी हुयी शाफ्ट के दो टुकड़ों को जोड़ने के लिए ही कपलिंग का प्रयोग किया जाता है। इसके अतिरिक्त किसी यंत्र विन्यास में प्रथम चालक (prime mover) जैसे इन्जन, मोटर आदि को मशीन से जोड़ने के लिए या एक मशीन को दूसरी मशीन से जोड़ने के लिए भी कपलिंगों का प्रयोग होता है। इस प्रकार—

''कपलिंग वह यांत्रिक-युक्ति (mechanical device) है जो दो शाफ्टों को जोड़ने में काम आती है।''

''Coupling is a mechanical device, used to join two shafts.''

कपलिंग द्वारा जोड़े जाने वाली शाफ्टों की अक्षें एक ही सीध में अर्थात् एक ही अक्ष पर अथवा अलग-अलग अक्ष पर अथवा भिन्न-भिन्न कोण पर हो सकती है। इसके अतिरिक्त मशीनों अथवा अंगों को ओवरलोड से बचाने के लिए तथा झटकों को एक शाफ्ट से दूसरी शाफ्ट पर जाने से रोकने के लिए भी कपलिंग का प्रयोग होता है।

6.1.1 कपलिंग का उद्देश्य (Purpose of a Couplings)

कपलिंग के प्रयोग करने के प्रमुख उद्देश्य निम्न हैं—

(i) शाफ्टों की लम्बाई बढ़ाने के लिए,

(ii) टूटी हुई शाफ्ट को जोड़ने के लिए,

(iii) ओवर लोड (over load) से बचाने के लिए,

(iv) दो मशीनों को जोड़ कर वांछित कार्य प्राप्त करने के लिए, उदाहरण के लिए मोटर के साथ पम्प को जोड़कर पानी की दाब ऊर्जा बढ़ाना, इन्जन के साथ विद्युत-जनित्र (electricity-generator) को जोड़ना आदि।

(v) दो इकाइयों की शाफ्टों में यान्त्रिक लचीलापन (mechanical flexibility) प्राप्त करना।

6.1.2 कपलिंग के वाँछित गुण (Desirable Properties of a Couplings)

एक शाफ्ट कपलिंग में निम्नलिखित गुण अवश्य होने चाहिए—

(i) कपलिंग को सुगमतापूर्वक जोड़ा अथवा अलग किया जा सके।

(ii) शाफ्ट पर लगने वाले मरोड़ घूर्ण को पारेषित करने में सक्षम होना चाहिए।

(iii) यह शाफ्टों का पूर्ण संरेखण (complete alignment) बनाये रखने मे सक्षम होनी चाहिए।

(iv) कपलिंग में कोई उभरा हुआ अंग नहीं होना चाहिए। यदि कोई अंग जैसे नट, बोल्ट, कुंजी आदि उभरा हुआ हो तो उसे उपयुक्त फ्लैंज अथवा कवर-प्लेट से पूर्णत: कवर किया जाना चाहिए।

AKC TECHNICAL CLASSES

(v) यह झटकों अथवा धक्कों को एक शाफ्ट से दूसरी शाफ्ट पर पारेषित करते समय झटकों में कमी करने वाला होना चाहिए।

6.1.3 शाफ्टों की सापेक्ष स्थितियाँ (Relative Positions of the Shaft)

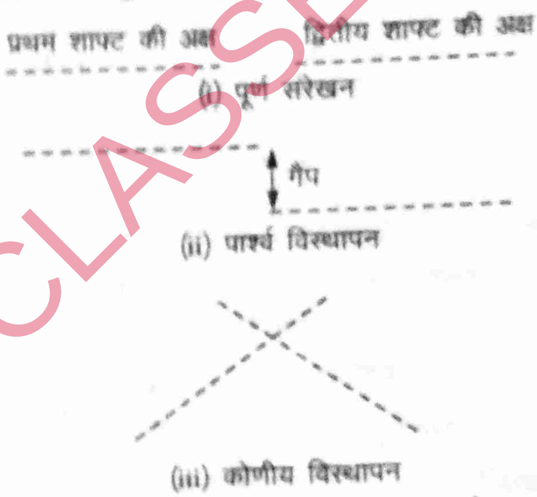
जोड़े जाने से पूर्व हमें दोनों शाफ्टों की सापेक्ष स्थितियों का ज्ञान होना आवश्यक है। सामान्यतया दो शाफ्टों की निम्न प्रकार तीन सापेक्ष स्थितियाँ हो सकती हैं—

(i) पूर्ण संरेखण (Complete alignment)

(ii) पार्श्व विस्थापन अथवा असंरेखन (Lateral displacement or misalignment)

(iii) कोणीय विस्थापन अथवा असंरेखण (Angular displacement or misalignment)

पूर्ण संरेखण में जोड़े जाने वाली दोनों शाफ्टों की अक्ष एक ही सीध में होती है। देखें चित्र 6.1 (i)। इन शाफ्टों को जोड़ना अपेक्षाकृत सरल होता है और इन्हें साधारण कपलिंग द्वारा जोड़ा जा सकता है।



चित्र-6.1 शाफ्टों की सापेक्ष स्थितियाँ

पार्श्व विस्थापन संरेखन के अन्तर्गत जोड़ी जाने वाली शाफ्टें एक सीध में न होकर वरन् कुछ गैप पर तथा परस्पर समान्तर होती हैं। देखें चित्र 6.1 (ii)। इस चित्र में शाफ्टों, बियरिंगों अथवा कपलिंगों पर अनावश्यक तथा अवांछित बल अथवा घूर्ण कार्य करते हैं। इन शाफ्टों को जोड़ने वाले कपलिंगों में विशेष सावधानी की आवश्यकता होती है।

कोणीय विस्थापन के अन्तर्गत जोड़े जाने वाली दोनों शाफ्टों की अक्षें न तो समान्तर होती है और न ही एक सीध में होती है वरन् ये अक्षें किसी कोण पर एक-दूसरे से मिलती हैं। इस प्रकार के असंरेखन में शाफ्टों पर अवांछित बल अथवा घूर्ण कार्य करते हैं। देखें चित्र।

6.2 विभिन्न प्रकार के कपलिंग (Different Types of Couplings)

कपलिंग मुख्यतया दो प्रकार की होती हैं—

(1) दृढ़ कपलिंग (Rigid coupling)—**दो शाफ्टों को समान अक्ष पर जोड़ने के लिए दृढ़ कपलिंग (rigid coupling) का प्रयोग किया जाता है।** ये निम्न प्रकार की होती हैं—

(a) फ्लैंज कपलिंग (flange coupling)

(b) स्लीव या मफ कपलिंग (Sleeve or muff coupling)

(c) स्प्लिट-मफ कपलिंग (Split muff coupling)

(2) लचीली कपलिंग (Flexible coupling)—**ऐसी दो शाफ्टों को, जिनको पार्श्व एवं कोणीय विस्थापन (lateral and angular displacement) की आवश्यकता पड़ती है, ऐसी परिस्थिति में लचीली कपलिंग का प्रयोग किया जाता है।** ये निम्न प्रकार की होती हैं—

(a) बुश पिन कपलिंग (Bushed pin type coupling)

(b) यूनिवर्सल कपलिंग (Universal coupling) तथा

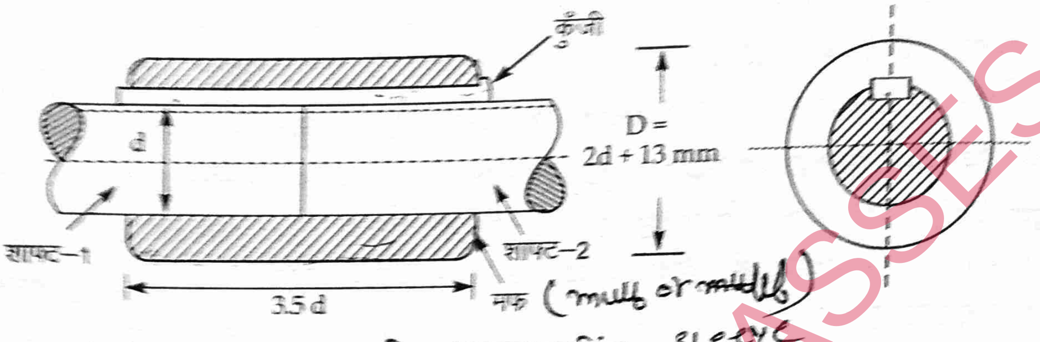
(c) ओल्डहैम कपलिंग (Oldham coupling)

6.2.1 स्लीव या मफ कपलिंग (Sleeve or Muff Coupling)

इसे **बॉक्स (Box) या कॉलर कपलिंग** भी कहते हैं। यह एक सरलतम प्रकार की दृढ़ कपलिंग है, जो छोटे साइज की शाफ्टों (shafts) को जोड़ने के काम आता है। इस कपलिंग में एक खोखला बेलन, जिसे **स्लीव या मफ** कहते हैं, दोनों शाफ्टों

AKC TECHNICAL CLASSES

पर चढ़ा रहता है। इस खोखले बेलन का आन्तरिक व्यास, शाफ्ट के व्यास के बराबर होता है। इस खोखले बेलन के दोनों शाफ्टों के सिरों पर एक जिब-हैड कुंजी द्वारा लगा दिया जाता है। इस बेलन की आधी लम्बाई एक शाफ्ट के एक सिरे पर तथा शेष आधी लम्बाई दूसरी शाफ्ट के सिरे पर चढ़ी रहती है। दोनों शाफ्टों तथा मफ में कुंजी लगाने के लिए खाँचा कटा रहता है जिसमें टेपरित कुंजी (टेपर 100 में 1) लगाकर दोनों शाफ्टों को मफ से जोड़ दिया जाता है। जैसा कि चित्र 6.2 में प्रदर्शित है।



चित्र-6.2 मफ कपलिंग

मफ कपलिंग बनाने के लिए आवश्यक है कि दोनों शाफ्टें एक ही सीध में हों तथा उनका व्यास भी समान हो। इसके अतिरिक्त दोनों शाफ्टों में कुंजी लगाने के लिए बनायी जाने वाली कुंजी सीट का साइज भी समान होना चाहिए।

मफ कपलिंग के लिए प्रयोग किये जाने वाला मफ सामान्यतया: **ढलवाँ लोहे** (cast iron) का बना होता है जबकि कुंजी सामान्यतया **मृदु इस्पात** (mild steel) की बनी होती है।

इस कपलिंग की क्रिया के अन्तर्गत सर्वप्रथम घुमाऊँ घूर्ण अथवा शक्ति एक शाफ्ट, जिसे चालक शाफ्ट (Driver shaft) भी कहते हैं, से कुंजी द्वारा मफ को पारेषित होती है जहाँ से यह शक्ति अथवा घूर्ण, कुंजी द्वारा ही दूसरी शाफ्ट, जिसे चलित शाफ्ट भी कहते हैं, पर जाती है। इस प्रकार के कपलिंगों की शक्ति पारेषण क्षमता, कुंजी द्वारा सहन किये जा सकने वाली अधिकतम प्रतिबल क्षमता पर निर्भर करती है। कुंजी के असफल होने पर कपलिंग भी असफल हो जाता है।

यदि जोड़े जाने वाली शाफ्टों का व्यास अलग-अलग है तथा उनमें कुंजी सीट का साइज भी अलग-अलग है तो मफ की आधी लम्बाई में एक व्यास तथा शेष आधी लम्बाई में दूसरा व्यास बनाया जाता है तथा दो अलग-अलग कुंजियाँ एक सीध में अथवा विपरीत दिशा में प्रयोग करते हैं।

लाभ तथा सीमायें (Advantages and Limitations)

लाभ—

(1) इस कपलिंग का प्रमुख लाभ यह है कि इसकी बाहरी सतह पर कोई उभरा हुआ भाग अथवा अंग नहीं होता जिसके कारण यह कपलिंग एक सुरक्षित प्रकार का कपलिंग है।

(2) आवश्यकता पड़ने पर इस कपलिंग को खोलना भी सरल है। कुंजी को निकालकर पूरे मफ को एक ही शाफ्ट पर सरका दिया जाता है तथा शाफ्टों को अलग कर लिया जाता है।

सीमायें—यह कपलिंग अधिक शक्ति अथवा मरोड़ घूर्ण पारेषित नहीं कर पाता है। अधिक शक्ति पारेषण से कुंजी के असफल होने का खतरा रहता है।

6.2.2 मफ या स्लीव कपलिंग का अभिकल्पन (Design of Sleeve or Muff Coupling)

ढलवाँ लोहे से बने मफ या स्लीव कपलिंग के प्रायिक अनुपात निम्न प्रकार हैं—

(i) स्लीव या मफ का बाह्य व्यास $D = 2d + 13$ mm तथा

(ii) स्लीव की लम्बाई $L = 3.5\,d$ जहाँ d = शाफ्ट का व्यास

स्लीव या मफ कपलिंग के अभिकल्पन में निम्न पद अपनाने चाहिए—

AKC TECHNICAL CLASSES

(i) **स्लीव का अभिकल्पन** (Design for Sleeve)—स्लीव को एक खोखली शाफ्ट मानते हुए उसका अभिकल्पन किया जाता है। देखें चित्र 6.2—

माना, T = कपलिंग द्वारा पारेषित बलाघूर्ण (Torque), तथा

τ_c = अनुमेय कर्तन प्रतिबल (स्लीव पदार्थ के लिए कॉस्ट आयरन)

= कॉस्ट ऑयरन के लिए कर्तन प्रतिबल का सुरक्षित मान = 14 MPa

अत: खोखली काट द्वारा पारेषित बलाघूर्ण

$$T = \frac{\pi}{16} \times \tau_c \times \left[\frac{D^4 - d^4}{D}\right]$$

$$= \frac{\pi}{16} \times \tau_c \times D^3 (1 - k^4) \qquad (\text{यहाँ } k = d/D)$$

उपरोक्त व्यंजक से, स्लीव में उत्पन्न कर्तन प्रतिबल की जाँच की जा सकती है।

(ii) **कुंजी का अभिकल्पन** (Design for Key)—कपलिंग की कुंजी की चौड़ाई तथा मोटाई को विभिन्न अनुपातों द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

कुँजी की लम्बाई, स्लीव की लम्बाई के लगभग बराबर होता है अर्थात् $L = 3.5\,d$

कुँजी की पूरी लम्बाई को दो भागों में बनाया जाता है जो कपलिंग के प्रत्येक भाग में फिट की जाती है।

अर्थात् $$l = \frac{L}{2} = \frac{3.5d}{2}$$

कुँजी की लम्बाई तय करके उत्पन्न कर्तन तथा क्रसिंग प्रतिबलों की जाँच की जा सकती है। अब, कुँजी के कर्तन पर विचार करते हुए,

$$\text{पारेषित बलाघूर्ण, } T = l \times w \times \tau \times d/2$$

कुँजी के क्रसिंग पर विचार करते हुए,

$$\text{पारेषित बलाघूर्ण, } T = l \times \frac{t}{2} \times \sigma_c \times d/2$$

उदाहरण 6.1—एक मफ कपलिंग जो, 350 rpm पर 40 kW शक्ति पारेषित करने हेतु दो शाफ्टों को जोड़ता है, का अभिकल्पन कीजिए। शाफ्ट तथा कुँजी का पदार्थ साधारण कार्बन इस्पात है जिसके लिए अनुमेय कर्तन तथा क्रसिंग प्रतिबलों का मान क्रमश: 40 MPa तथा 80 MPa है। मफ के लिए पदार्थ ढलवाँ लोहा है जिसका अनुमेय कर्तन प्रतिबल 15 MPa माना जा सकता है।

हल : $P = 40\text{ kW} = 40 \times 10^3\text{ W}$,

$N = 350\text{ rpm}$, $\tau_{steel} = 40\text{ MPa} = 40\text{ N/mm}^2$

$\sigma_{c_{steel}} = 80\text{ MPa} = 80\text{ N/mm}^2$, $\tau_{c.i} = 15\text{ MPa} = 15\text{ N/mm}^2$

(i) **शाफ्ट का अभिकल्पन (देखें चित्र–6.2)—**

माना d = शाफ्ट का व्यास

शाफ्ट, मफ तथा कुँजी द्वारा पारेषित शक्ति,

$$P = \frac{T \times 2\pi N}{60}$$

$$T = \frac{P \times 60}{2\pi N} = \frac{40 \times 10^3 \times 60}{2\pi \times 350}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$\therefore \qquad T = 1100\,\text{Nm} = 1100 \times 10^3$ N-mm

पुन: हम जानते हैं, पारेषित शक्ति (T),

$$1100 \times 10^3 = \frac{\pi}{16} \times \tau_s \times d^3 = \frac{\pi}{16} \times 40 \times d^3$$

$$\therefore \qquad 1100 \times 10^3 = 7.86 \times d^3$$

$$\therefore \qquad d^3 = 140 \times 10^3$$

तथा $\qquad$ **$d = 55$ mm लगभग** $\qquad$ उत्तर

(ii) स्लीव का अभिकल्पन—मफ का बाह्य व्यास

$D = 2d + 13\text{ mm} = 2 \times 55 + 13 = 123\text{ mm} \simeq$ **125 mm** (माना)

तथा $\qquad$ मफ की लम्बाई $L = 3.5\,d = 3.5 \times 55 = 192.5\text{ mm} \simeq$ **195 mm** (माना) $\qquad$ उत्तर

अब मफ में उत्पन्न कर्तन प्रतिबल की जाँच करते हैं—माना मफ में उत्पन्न कर्तन प्रतिबल τ_{CI} (ढलँवा लोहे के लिए) है। क्योंकि मफ को एक खोखली शाफ्ट मानकर उसका अभिकल्पन किया जाता है अत: पारेषित बलाघूर्ण

$$T = \frac{\pi}{16} \times \tau_c \times \left[\frac{D^4 - d^4}{D}\right]$$

$$1100 \times 10^3 = \frac{\pi}{16} \times \tau_c \times \left[\frac{(125)^4 - (55)^4}{125}\right] = 370 \times 10^3\ \tau_c$$

$$\therefore \qquad \tau_c = \frac{1100 \times 10^3}{370 \times 10^3} = \mathbf{2.97\ N/mm^2}$$

मफ (ढलवाँ लोहा) में उत्पन्न कर्तन प्रतिबलों का मान, अनुमेय कर्तन प्रतिबलों के मान अर्थात् $\tau_{CI} = 15\,\text{N/mm}^2$ से बहुत कम है अर्थात् **मफ का अभिकल्पन सुरक्षित है।**

(iii) कुँजी का अभिकल्पन (Design for Key)—क्योंकि शाफ्ट का व्यास $d = 55$ mm है।

अत: कुँजी की चौड़ाई $w = \dfrac{d+13}{4} = \dfrac{55+13}{4} = \dfrac{68}{4}$

$$\simeq \mathbf{17\ mm \simeq 18\ mm}$$

उत्तर

क्योंकि कुँजी के पदार्थ की क्रशिंग प्रतिबल, कर्तन प्रतिबलों से दुगुना है अत: वर्गाकार कुँजी का प्रयोग किया जा सकता है।

इस प्रकार $\qquad$ कुँजी मोटाई (t) = चौड़ाई (W) = **18 mm** $\qquad$ उत्तर

प्रत्येक $\qquad$ शाफ्ट में कुँजी की लम्बाई $l = \dfrac{L}{2} = \dfrac{195}{2} = \mathbf{97.5\,mm}$ $\qquad$ उत्तर

अब हम कुँजी में उत्पन्न प्रतिबलों की जाँच करेंगे। सर्वप्रथम, कुँजी के कर्तन पर विचार करेंगे।

अब, $\qquad$ पारेषित बलाघूर्ण (T) $= l \times W \times \tau_s \times d/2$ से,

$$\therefore \qquad 1100 \times 10^3 = 97.5 \times 18 \times \tau_s \times \frac{55}{2}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$= 48.2 \times 10^3 \ \tau_s$$

$$\therefore \qquad \tau_s = 22.8 \text{ N/mm}^2$$

अब कुँजी के क्रशिंग पर विचार करते है।

$$T = l \times \frac{t}{2} \times \sigma_{cs} \times \frac{d}{2}$$

$$\therefore \qquad 1100 \times 10^3 = 97.5 \times \frac{18}{2} \times \sigma_{cs} \times \frac{55}{2}$$

$$= 24.1 \times 10^3 \sigma_{cs}$$

$$\therefore \qquad \sigma_{cs} = \frac{1100 \times 10^3}{241 \times 10^3} = 45.6 \text{ N/mm}^2$$

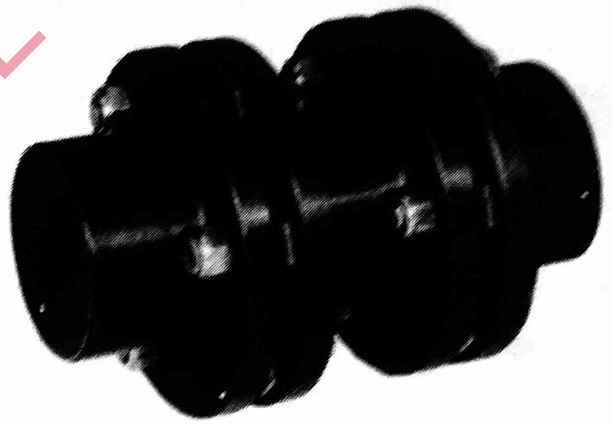
क्योंकि कुँजी में उत्पन्न प्रतिबलों का मान, अनुमेय प्रतिबलों से बहुत कम है। अतः कुँजी का अभिकल्पन सुरक्षित है।

उत्तर

6.2.3 फ्लैंज कपलिंग (Flange Coupling)

फ्लैंज कपलिंग को कपलिंगों का मानक रूप (Standard form) भी कहते हैं। यह कार्यशालाओं (workshops) में दो शाफ्टों को जोड़ने के लिए बहुधा प्रयोग किया जाता है।

यह एक दृढ़ (rigid) प्रकार की कपलिंग है जिसमें सामान्यतया दो ढलवाँ लोहे अथवा स्टील के फ्लैंजें होती हैं। दोनों फ्लैंजों का साइज समान होता है और ये आयताकार टेपरित संक कुँजी द्वारा प्रत्येक शाफ्ट के सिरों पर लगे रहते हैं जैसा कि चित्र 6.3 में प्रदर्शित है। फिर दोनों फ्लैंजों को आपस में नटों तथा बोल्टों द्वारा जोड़ दिया जाता है। पारेषित की जाने वाली शक्ति के अनुसार इन नटों तथा बोल्टों की संख्या तीन, चार, छः अथवा आठ तक हो सकती है।



चित्र-6.3 फ्लैंज कपलिंग

सभी बोल्टों को फ्लैंजों में बने छिद्रों में पूर्णतः फिट आना चाहिये जिससे कि घूर्णन गति को एक शाफ्ट से दूसरी शाफ्ट पर भली-भाँति पारेषित किया जा सके। फ्लैंजों में बनाये जाने वाले ये छिद्र रीमिंग (reaming) प्रक्रिया द्वारा बनाये जाते हैं और बराबर-बराबर दूरी पर बने होते है।

शाफ्ट पर फ्लैंज लगाने के लिए शाफ्ट को फ्लैंज के हब में पिरोकर एक टेपरित आयताकार काट की कुँजी को फ्लैंज के अन्दर की ओर से ठोका जाता है। इससे फिटिंग करने में आसानी रहती है। शाफ्टों की कुँजियाँ परस्पर 90° पर लगायी जाती हैं जिससे कि कुंजी मार्ग तथा कुँजी सीट के कारण शाफ्ट को कमजोर करने का प्रभाव बँट जाए तथा दोनों शाफ्टें एक समान अनुदैर्घ्य (longitudinal) काट पर कमजोर न पड़ें। प्रत्येक फ्लैंज का फेस या दूसरे फ्लैंज से मिलान सतह शाफ्ट की अक्ष के लम्बवत् रखी जाती है। दोनों शाफ्टों को सरेखन में रखने के लिए एक फ्लैंज में वृत्ताकार उभार बनाया जाता है जो दूसरे फ्लैंज में बने उसी उभार के अनुरूप खाँचे में समा जाता है। इस उभार की लम्बाई लगभग 10 mm होती है। यह प्रबन्ध **"स्पीगॉट तथा सॉकेट केन्द्रण"** (Spigot and socket centering) कहलाता है।

कभी-कभी एक शाफ्ट की लगभग 10 mm लम्बाई को फ्लैंज से प्रक्षेपित रखा जाता है जो दूसरे फ्लैंज में जान बूझकर रखे गये अवकाश में फिट हो जाती है। इस प्रबन्ध से शाफ्टों का सरेखण (Alignment) प्राप्त किया जाता है। इस प्रकार इस कपलिंग द्वारा शाफ्टों का परिशुद्ध (accurate), दृढ़ तथा मजबूत जोड़ प्राप्त होता है और शाफ्टों का सरेखण भी बना रहता है।

AKG TECHNICAL CLASSES

लाभ तथा सीमाएँ—

लाभ—

(i) मजबूत, दृढ़ तथा यथार्थ जोड़ प्राप्त होता है।

(ii) कठिन परिस्थितियों जैसे झटके, कम्पन आदि में भी यह कपलिंग दक्षतापूर्वक कार्य करता है।

(iii) शाफ्टों का संरेखण बना रहता है।

सीमाएँ/दोष—इस कपलिंग का सबसे बड़ा दोष यह है कि जिन शाफ्टों पर यह कपलिंग प्रयोग की जाती है उन पर अन्य मशीनी अंग जैसे गियर, पुली आदि विभक्त (split) प्रकार के ही लगा पाना सम्भव होता है।

फ्लैंज कपलिंगों के प्रकार (Types of flange couplings)—फ्लैंज कपलिगों के प्रमुख प्रकार निम्न हैं—

(i) दृढ़ या ठोस फ्लैंज कपलिंग (Rigid or solid flange coupling)

(ii) असुरक्षित फ्लैंज कपलिंग (Unprotected flange coupling)

(iii) सुरक्षित फ्लैंज कपलिंग (Protected flange coupling)

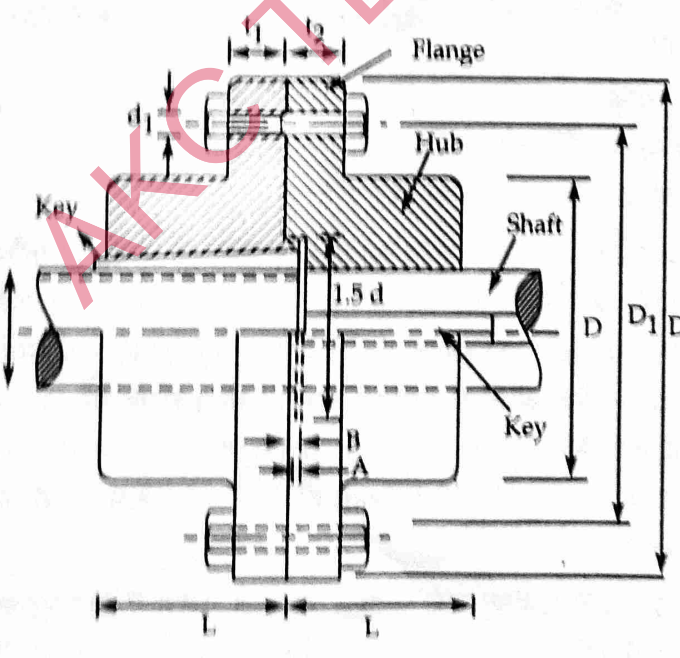
6.2.4 फ्लैंज कपलिंग का अभिकल्पन (Design of a Flanged Coupling)

चित्र 6.4 के अनुसार **इस कपलिंग में दो भाग होते हैं जिन्हें फ्लैंज कहते हैं।** प्रत्येक फ्लैंज एक-एक शाफ्ट के सिरे पर कुँजी द्वारा लगी रहती है। दोनों फ्लैंज आपस में बोल्टों द्वारा जुड़ी होती है। इसके लिए फ्लैंजों मे रीमिंग द्वारा छेद किए होते हैं। इन फ्लैंजों का परिधीय भाग प्रक्षेप (Projection) के रूप में होता है। प्रक्षेपों (Projections) को बनाने का लाभ यह है, कि कपलिंग में लगे नट एवं बोल्ट सुरक्षित रहते है।

चित्र 6.4 में प्रक्षेप रहित फ्लैंज कपलिंग (Unprotected flange coupling) एवं चित्र 6.5 में प्रक्षेपित फ्लैंज कपलिंग (Protected flange coupling) प्रदर्शित की गई है।

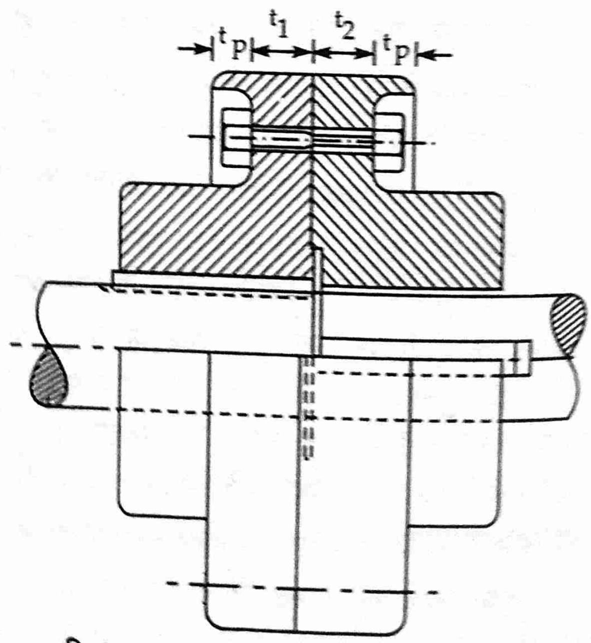
ढलवाँ लोहे की फ्लैंज कपलिंग के विभिन्न भागों की विमाओं (dimensions) का अनुपात निम्न प्रकार रखा जाता है—

यदि d = शाफ्ट का व्यास या हब का अन्त:व्यास हो, तब हब का बाह्य व्यास (Outside diameter) $D = 2d$



[A = 7 to 9 mm, B = 15 to 19 mm]

चित्र-6.4 Unprotected type flange coupling



चित्र-6.5 Protective type flange couping

AKG TECHNICAL CLASSES

हब की लम्बाई $l = 1.5\ d$

बोल्टों का पिच वृत्त व्यास $D_1 = 3d$

फ्लैंज का बाह्य व्यास $D_2 = D_1 + (D_1 - d) = 2D_1 - D = 4d$

फ्लैंज की मोटाई $t_f = 0.5\ d$

प्रक्षेपित परिधीय फ्लैंज की मोटाई $(t_p)_f = 0.25\ d$

बोल्टों की संख्या $n = 3$, (40 mm व्यास तक की शाफ्ट के लिए)

$= 4$, (40 mm से 100 mm व्यास तक की शाफ्ट के लिए)

$= 6$, (100 mm से 180 mm व्यास तक की शाफ्ट के लिए)

6.2.5 डिज़ाइन (Design)

कपलिंग के डिज़ाइन के अन्तर्गत कुंजी का असफल होना, फ्लैंज का हब से जोड़ पर कर्तन में असफल होना तथा कर्तन में ही बोल्टों का असफल होना आदि बातों पर विचार किया जाता है।

चित्र 6.4 में दिखाये गए एक फ्लैंज कपलिंग पर विचार करने पर,

माना d = शाफ्ट का व्यास या हब का अन्त:व्यास

D = हब का बाह्य व्यास

d_1 = बोल्ट का बाह्य व्यास

D_1 = बोल्टों का पिच वृत्त व्यास

n = बोल्टों की संख्या

t_f = फ्लैंज की मोटाई

τ = शाफ्ट, बोल्ट एवं कुंजी पदार्थ के लिये अनुमेय कर्तन प्रतिबल

τ_1 = फ्लैंज के पदार्थ (सामान्यतया ढलवाँ लोहा) के लिये अनुमेय कर्तन प्रतिबल

σ_c = बोल्ट एवं कुंजी पदार्थ (सामान्यतया मृदु इस्पात) के लिए अनुमेय संदलन सामर्थ्य (Crushing strength)

(I) हब (Hub) का डिज़ाइन—हब को एक खोखली शाफ्ट मानकर अभिकल्पित किया जाता है।

$$\therefore \quad T = \frac{\pi}{16}\tau\left(\frac{D^4 - d^4}{D}\right) \quad \ldots(i)$$

सामान्यतया बाह्य व्यास 'D', अन्त:व्यास 'd' का दो गुना रखा जाता है। इस सम्बन्ध से τ का मान ज्ञात किया जाता है जो दिए गए अनुमेय कर्तन प्रतिबल से कम रहना चाहिए। हब की लम्बाई $L = 1.5\ d$ ली जा सकती है।

(II) कुँजी (Key) का डिज़ाइन—कुँजी का डिज़ाइन सामान्य समानुपातिक विमाओं द्वारा कर लिया जाता है फिर उसको कर्तन तथा संदलन प्रतिबलों के सुरक्षित मानों के लिए चैक कर लेते हैं। कुँजी तथा शाफ्ट एक ही पदार्थ के बने होते हैं। कुँजी की लम्बाई, हब की लम्बाई के बराबर रखी जाती है।

(III) फ्लैंज (Flange) का डिज़ाइन—मरोड़ घूर्ण पारेषित करते समय, फ्लैंज की हब के साथ मिलने के स्थान पर, फ्लैंज के कर्तन में असफल होने की सम्भावना रहती है। अत: पारेषित घूर्ण,

T = हब की परिधि × फ्लैंज की मोटाई × फ्लैंज में उत्पन्न कर्तन प्रतिबल × हब की त्रिज्या

$$T = \pi D \times t_f \times \tau_1 \times D/2$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$=\frac{\pi}{2}D^2 \times t_f \times \tau_1 \quad ...(ii)$$

($t_f = 0.5\,d$) मानते हुए सम्बन्ध (ii) से फ्लैंज के पदार्थ में उत्पन्न कर्तन प्रतिबल (τ_1) ज्ञात कर लिया जाता है। यह मान अनुमेय मान से कम होना चाहिए।

(IV) बोल्टों का डिज़ाइन—मरोड़ घूर्ण 'T' के कारण बोल्ट में कर्तन प्रतिबल उपजते हैं। बोल्टों की संख्या 'n', शाफ्ट के व्यास d तथा बोल्टों के पिचवृत्त व्यास ($D_1 = 3d$) हो तो प्रत्येक बोल्ट पर भार $= \frac{\pi}{4}d_1^2 \times \tau$

$\therefore$ कपलिंग में लगे कुल बोल्टों पर कुल कर्तन भार $= \frac{\pi}{4}d_1^2 \times n \times \tau$

तथा

$$\text{पारेषित घूर्ण } T = \frac{\pi}{4}d_1^2 \times \tau \times n \times \frac{D_1}{2} \quad ...(iii)$$

समीकरण (iii) से बोल्ट का व्यास (d_1) ज्ञात किया जा सकता है। बोल्ट के व्यास (d_1) को सदँलन (Crushing) के लिए चेक किया जा सकता है। हम जानते हैं सभी बोल्टों का क्रसिंग सहने वाला क्षेत्रफल $= \pi\, d_1 . t_f$

अत: सभी बोल्टों की सदँलन सामर्थ्य $= (nd_1 . t_f)\sigma_c$

तथा

$$\text{पारेषित घूर्ण, } T = (nd_1 . t_f . \sigma_c) \times \frac{D_1}{2} \quad ...(iv)$$

समीकरण (iv) से प्राप्त क्रसिंग प्रतिबल (σ_c) का परिमाण बोल्ट पदार्थ के लिए दिए गए अनुमेय क्रसिंग प्रतिबल के मान से कम होना चाहिए।

उदाहरण 6.2—35 mm व्यास की दो शाफ्ट एक फ्लैंज कपलिंग द्वारा जोड़ी गई हैं। कपलिंग में 6 बोल्ट 125mm के बोल्ट सर्किल पर फिट है। शाफ्टें 800 Nm का बलाघूर्ण 350 r.p.m पर पारेषित करती हैं। ज्ञात कीजिए–(i) बोल्टों का व्यास, (ii) फ्लैंजों की मोटाई, (iii) कुँजी की विमायें, (iv) हब की लम्बाई तथा (v) पारेषित शक्ति।

दिया है—शाफ्ट पदार्थों के लिए सुरक्षित कर्तन प्रतिबल = 63 MPa, बोल्ट पदार्थ के लिए = 56 MPa; C.I. कपलिंग के लिए = 10 MPa, कुँजी पदार्थ के लिए = 46 MPa।

हल : दिया है,

$d = 35$ mm, $D_1 = 125$ mm

$T = 800$ Nm $= 800 \times 10^3$ N mm, N = 350 r.p.m.

$\tau_s = 63$ N/mm^2, $\tau_b = 56$ N/mm^2

$\tau_c = 10$ N/mm^2, $\tau_k = 46$ N/mm^2

(i) बोल्टों का व्यास (d_1)—हम जानते हैं कि पारेषित बलाघूर्ण,

$$T = \frac{\pi}{4}(d_1)^2 . \tau_b \times n \times \frac{D_1}{2}$$

$$\therefore \quad 800 \times 10^3 = \frac{\pi}{4}(d_1)^2 \times 56 \times 6 \times \frac{125}{2},$$

हल करने पर

$$d_1 = 6.96 \text{ माना } 8 \text{ mm} \quad \text{उत्तर}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

(ii) फ्लैंजों की मोटाई (t_f)—पारेषित बलाघूर्ण, $T = \frac{\pi}{2} D^2 \times \tau_c \times t_f$

$$= \frac{\pi (2 \times 35)^2}{2} \times 10 \times t_f$$

$$\therefore \quad 800 \times 10^3 = 76980 . t_f$$

$$\therefore \quad t_f = 10.4 \text{ माना } \mathbf{12\ mm}$$ उत्तर

(iii) कुँजी की विमाएँ—तालिका 4.1 से, 35 mm शाफ्ट व्यास के लिए कुँजी की चौड़ाई (w) = **12 mm** उत्तर

तथा कुँजी की मोटाई (t) = **8 mm** उत्तर

कुँजी की लम्बाई 'l' = हब की लम्बाई 'L' $= 1.5\ d = 1.5 \times 3.5 = 52.5$ mm

अब कुँजी में उत्पन्न कर्तन प्रतिबल की जाँच करते हैं।

हम जानते है कि, पारेषित बलाघूर्ण $(T) = l \times w \times \tau_k \times \frac{d}{2}$

$$800 \times 10^3 = 52.5 \times 12 \times \tau_k \times \frac{35}{2}$$

हल करने पर,

$$\tau_k = 72.5 \text{ N/mm}^2$$

यह मान, दिये गये सुरक्षित मान (46 MPa) से बहुत अधिक है। अत: $\tau_k = 46$ MPa उपरोक्त समीकरण में रखते हुए कुँजी की लम्बाई ज्ञात करते है।

$$800 \times 10^3 = l \times 12 \times 46 \times \frac{35}{2}$$

$$\therefore \quad l = \frac{800 \times 10^3}{9660} = 82.8 \simeq \mathbf{85\ mm} \ (\text{माना})$$ उत्तर

(iv) हब की लम्बाई—क्योंकि कुँजी की लम्बाई, हब की लम्बाई के बराबर होती है।

अत; हब की लम्बाई $L = l =$ **85 mm** उत्तर

(v) पारेषित शक्ति—पारेषित शक्ति, $P = \frac{2\pi NT}{60} = \frac{2\pi \times 350 \times 800}{60}$

$$\therefore \quad P = \mathbf{29325\ watt = 29.325\ kW}$$ उत्तर

उदाहरण 6.3—150 mm की दो शांफ्टों को 6 बोल्टों वाली दृढ़ फ्लैंज कपलिंग के द्वारा जोड़ा गया है। बोल्टों का पिच वृत्त व्यास (pitch circle diameter) 450 mm है। यदि 15 kNm का घुमाव घूर्ण पारेषित किया जाना हो, तो बोल्टों का व्यास ज्ञात कीजिये। बोल्ट पदार्थ में अनुमेय कर्तन प्रतिबल 60 MN/m^2 मानिये।

हल : दिया है,

(i) शाफ्ट का व्यास $(d) = 150$ mm

(ii) बोल्टों की संख्या $(n) = 6$

(iii) बोल्टों का पिच वृत्त व्यास $(D_1) = 450$ mm

(iv) पारेषित घुमाऊ घूर्ण $(T) = 15$ kNm $= 15 \times 10^6$ Nmm

AKC TECHNICAL CLASSES

(v) अनुमेय कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 60\ MN/m^2 = 60 \times 10^6\ N/m^2 = 60\ N/mm^2$

(vi) बोल्ट का व्यास $(d_1) = ?$

हम जानते हैं कि संचारित मरोड़ घूर्ण,

$$T = \frac{\pi}{4} \times d_1^2 \times n \times \tau \times \frac{D_1}{2}$$

$$15 \times 10^6 = \frac{\pi}{4} \times d_1^2 \times 6 \times 60 \times \frac{450}{2}$$

$$d_1^2 = \frac{15 \times 10^6 \times 4 \times 2}{3.14 \times 6 \times 60 \times 450} = 235.9$$

$$d = 15.359\ mm$$

$$\simeq \mathbf{16\,mm}$$ उत्तर

उदाहरण 6.4—एक 100 mm व्यास के शाफ्ट के फ्लैंज कपलिंग के पिच सर्किल का व्यास 300 mm है। यदि कार्यकारी अपरूपण प्रतिबल 56 MN/m² हो, तो बोल्ट का व्यास ज्ञात कीजिये। शाफ्ट पदार्थ का अनुमोदित अपरूपण प्रतिबल 63 MN/m² है। कपलिंग में चार बोल्ट लगाये जाते हैं।

हल—दिया है,

(i) शाफ्ट का व्यास $(d) = 100\ mm$

(ii) पिच सर्किल व्यास $(D_1) = 300\ mm$

(iii) बोल्ट पदार्थ का कार्यकारी अपरूपण प्रतिबल $(\tau_1) = 56\,MN/m^2 = 56\ N/mm^2$

(iv) शाफ्ट पदार्थ का अनुमोदित अपरूपण प्रतिबल $(\tau_1) = 63\,MN/m^2 = 63\ N/mm^2$

(v) बोल्टों का व्यास $(d_1) = ?$

(vi) बोल्टों की संख्या $(n) = 4$

शाफ्ट द्वारा पारेषित मरोड़ घूर्ण सम्बन्ध $\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r}$ से,

$$T = \frac{\tau \times J}{r} = \frac{\tau \times \frac{\pi}{32} d^4}{d/2}$$

$$\therefore \quad T = \tau \times \frac{\pi}{16} d^3 = 63 \times \frac{\pi}{16} (100)^3 = 12363750\ Nmm$$

हम जानते हैं, कि संचारित मरोड़ घूर्ण,

$$T = \frac{\pi}{4} d_1^2 \times n \times \tau_1 \times \frac{D_1}{2}$$

$$\therefore \quad 12363750 = \frac{\pi}{4} \times d_1^2 \times 4 \times 56 \times \frac{300}{2}$$

$$d_1^2 = \frac{12363750 \times 4 \times 2}{3.14 \times 4 \times 56 \times 300} = 468.75$$

अतः $$d = 21.65\ mm \simeq \mathbf{22\,mm}$$ उत्तर

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 6.5—एक प्रक्षेपित दृढ़ फ्लैंज कपलिंग (protective type flange coupling) को 80 mm की दो शाफ्टों को जोड़ने के लिये प्रयोग किया जाना है। शाफ्ट 300 rpm पर घूमती है तथा पारेषित मरोड़ घूर्ण 4.6 kNm है। कपलिंग तथा कुँजी का अभिकल्पन कीजिए। निम्न अनुमेय प्रतिबलों को प्रयोग कीजिये—

(i) शाफ्ट, बोल्ट एवं कुँजी पदार्थ के लिये अनुमेय कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 50\ N/mm^2$

(ii) बोल्ट एवं कुँजी पदार्थ के लिये क्रसिंग प्रतिबल $(\sigma_c) = 150\ N/mm^2$

(iii) ढलवाँ लोहे के फ्लैंज के लिये अनुमेय कर्तन प्रतिबल $(\tau_1) = 8\ N/mm^2$

हल—दिया है,

(i) शाफ्टों का व्यास $(d) = 80$ mm

(ii) शाफ्ट के च० प्र० मि० $(N) = 300$ r.p.m

(iii) पारेषित मरोड़ घूर्ण $(T) = 4.6\ kNm = 4.6 \times 10^6$ Nmm

(iv) शाफ्ट, बोल्ट एवं कुँजी पदार्थ के लिये अनुमेय कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 50\ N/mm^2$

(v) बोल्ट एवं कुँजी पदार्थ के लिये क्रसिंग प्रतिबल $(\sigma_c) = 150\ N/mm^2$

(vi) ढलवाँ लोहे के फ्लैंज के लिये अनुमेय कर्तन प्रतिबल $(\tau_1) = 8\ N/mm^2$

सर्वप्रथम ढलवाँ लोहे की फ्लैंज कपलिंग के विभिन्न भागों की विमायें निम्न अनुपातिक सूत्रों से ज्ञात करेंगे—

1. हब का व्यास $(D) = 2 \times$ शाफ्ट का व्यास (d)

$$= 2 \times 80 = 160\ mm$$

2. पिच वृत्त व्यास $(D_1) = 3 \times$ शाफ्ट का व्यास (d)

$$= 3 \times 80 = 240\ mm$$

3. हब की लम्बाई $(l) = 1.5 \times$ शाफ्ट का व्यास (d)

$$= 1.5 \times 80 = 120\ mm$$

4. फ्लैंज की मोटाई $(t_f) = 0.5 \times$ शाफ्ट का व्यास (d)

$$= 0.5 \times 80 = 40\ mm$$

5. प्रक्षेपित फ्लैंज की मोटाई $(t_{pf}) = 0.25 \times$ शाफ्ट का व्यास (d)

$$= 0.25 \times 80 = 20\ mm$$

6. फ्लैंज का बाह्य व्यास $(D_2) = 2D_1 - D = 2 \times 240 - 160 = 320$ mm

7. बोल्टों की संख्या $(n) = 4$ [100 mm व्यास तक की शाफ्ट के लिये]

8. कुँजी की लम्बाई $(l_1) = \frac{3}{2} K$

जहाँ $K = (80 + 13)\ mm = 93\ mm$

अत: $l_1 = \frac{3}{2} \times 93 =$ **139.5 mm**

कुँजी की चौड़ाई $(b) = \frac{K}{4}$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$= \frac{93}{4} = 23.25 \text{ mm} \simeq \mathbf{24\ mm}$$

कुँजी की मोटाई $(h) = \frac{K}{6}$

$$= \frac{93}{6} = 15.6 \text{ mm} \simeq \mathbf{16\ mm}$$

आवश्यक (Important)—कुँजी की लम्बाई (l_1), हब की लम्बाई (l) के बराबर या उससे कम होनी चाहिये। अत: कुँजी की लम्बाई 120 mm लेकर आगे की गणनायें की जायेंगी।

अब उपरोक्त प्राप्त विमाओं को लेकर विभिन्न फ्लैंज व कुँजी की असफल होने की सम्भावनाओं के अन्तर्गत प्रतिबलों के मान ज्ञात करेंगे, जो दिये गये अनुमेय प्रतिबलों के परिमाणों से कम प्राप्त होने चाहिये।

(1) हब का असफल होना—

$$\text{पारेषित मरोड़ घूर्ण } (T) = \frac{\pi}{16} \times \tau_1 \times \left[\frac{(D^4 - d^4)}{D}\right]$$

$$4.6 \times 10^6 = \frac{\pi}{16} \times \tau_1 \times \left[\frac{(160^4 - 80^4)}{160}\right]$$

$$\tau_1 = \frac{4.6 \times 10^6 \times 16 \times 160}{3.14 \times 61.44 \times 10^7} = \mathbf{6.1\ N/mm^2}$$

क्योंकि हब के पदार्थ में उत्पन्न कर्तन प्रतिबल $(\tau_1) = 6.1 \text{N/mm}^2$, अनुमेय कर्तन प्रतिबल से कम है। अत: हब सुरक्षित है।

(2) कुँजी का असफल होना—कुँजी, कर्तन (shearing) एवं क्रसिंग (crushing) में असफल होगी। अत: कर्तन में असफल होने के लिये—

$$\text{पारेषित मरोड़ घूर्ण } (T) = l \times b \times \tau \times \frac{d}{2}$$

$$4.6 \times 10^6 = 120 \times 24 \times \tau \times \frac{80}{2}$$

$$\tau = \frac{4.6 \times 10^6 \times 2}{120 \times 24 \times 80} = \mathbf{39.93\ N/mm^2}$$

क्रसिंग में असफल होने के लिये,

$$T = l \times \frac{h}{2} \times \sigma_c \times \frac{d}{2}$$

$$4.6 \times 10^6 = 120 \times \frac{16}{2} \times \sigma_c \times \frac{80}{2}$$

$$\sigma_c = \frac{4.6 \times 10^6 \times 2 \times 2}{120 \times 16 \times 80}$$

$$= \mathbf{119.79\ N/mm^2}$$

यहाँ उत्पन्न कर्तन एवं क्रसिंग प्रतिबलों के मान दिये गये अनुमेय प्रतिबलों के मान से कम हैं। अत: **कुँजी सुरक्षित है।**

AKC TECHNICAL CLASSES

(3) फ्लैंज का असफल होना—फ्लैंज एवं हब के जोड़ पर कर्तन में असफल होने की सम्भावना रहती है। अतः पारेषित मरोड़ घूर्ण

$$T = \frac{\pi D^2}{2} \times \tau_1 \times t_f$$

$$4.6 \times 10^6 = \frac{\pi \times (160)^2}{2} \times \tau_1 \times 40$$

$$\tau_1 = \frac{4.6 \times 10^6 \times 2}{\pi \times 25600 \times 40}$$

$$= \mathbf{2.86\ N/mm^2}$$

क्योंकि उत्पन्न कर्तन प्रतिबल का परिमाण, दिये गये अनुमेय कर्तन प्रतिबल से कम है। अतः **फ्लैंज सुरक्षित** है।

(4) बोल्टो का असफल होना—मरोड़ घूर्ण (T) को संचारित करने के अन्तर्गत बोल्टों पर दो प्रकार के प्रतिबल कार्य करते हैं, जो निम्न हैं—

(i) कर्तन प्रतिबल (Shear Stresses)।

(ii) क्रसिंग प्रतिबल (Crushing Stresses)।

(i) बोल्टों का कर्तन में असफल होने के लिये—

$$\text{पारेषित मरोड़ घूर्ण } (T) = \frac{\pi}{4} d_1^2 \times \tau \times n \times \frac{D_1}{2}$$

$$4.6 \times 10^6 = \frac{\pi}{4} d_1^2 \times 50 \times 4 \times \frac{240}{2}$$

$$d_1^2 = \frac{4.6 \times 10^6 \times 4 \times 2}{\pi \times 50 \times 4 \times 240}$$

$$d_1^2 = 244.161$$

$$d_1 = 15.62 \text{ mm}$$

$$\simeq \mathbf{16\ mm}$$

बोल्ट के इस व्यास को क्रसिंग के लिए सूत्र में प्रयोग करेंगे।

(ii) बोल्टों का क्रसिंग में असफल होने के लिये—

$$\text{पारेषित मरोड़ घूर्ण, } T = n \times d_1 \times t_f \times \sigma_c \times \frac{D_1}{2}$$

$$4.6 \times 10^6 = 4 \times 16 \times 40 \times \sigma_c \times \frac{240}{2}$$

$$\sigma_c = \frac{4.6 \times 10^6 \times 2}{4 \times 16 \times 40 \times 240}$$

$$= \mathbf{14.97\ N/mm^2}$$

क्योंकि उत्पन्न क्रसिंग प्रतिबल (σ_c) का परिमाण, अनुमेय क्रसिंग प्रतिबल से कम है, अतः **कुँजी का अभिकल्पन सही है।** **उत्तर**

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 6.6—एक 4 cm शाफ्ट द्वारा 10 H.P. 200 rpm पर एक दूसरी शाफ्ट को पारेषित की जानी है। इसके लिए शाफ्टों को फ्लैंज कपलिंग द्वारा जोड़ा जाता है। कपलिग में 1 cm व्यास के बोल्टों की आवश्यक संख्या ज्ञात कीजिए जबकि बोल्ट में कर्तन प्रतिबल 300 kg/cm^2 से अधिक नहीं होने देना है। अधिकतम घुमाऊँ घूर्ण औस्त का 30% अधिक मानिए।

हल—दिया है,

$$d = 4 \text{ cm}, P = 10 \text{ H.P.}, N = 200 \text{ rpm}, d_1 = 1 \text{ cm},$$

$$\tau = 300 \text{ kg/cm}^2 \text{ तथा } T_{max} = 30\% (T_{av})$$

∴ हम जानते हैं कि शाफ्ट द्वारा पारेषित घुमाऊँ घूर्ण,

$$T = \frac{HP \times 4500}{2\pi N}$$

$$= \frac{10 \times 4500}{2\pi \times 200} = 35.83 \text{ kgm}$$

$$= 3583 \text{ kgcm}$$

$$T_{max} = 1.3 \times 3583 = 4657.9 \text{ kg-cm} = \text{बोल्टो द्वारा पारेषित मरोड़ घूर्ण}$$

बोल्टों का पिच वृत्त व्यास, $D_1 = 3d = 3 \times 4 = 12$ cm

∴ प्रत्येक बोल्ट द्वारा पारेषित अधिकतम मरोड़ घूर्ण

$$= \frac{\pi}{4} d_1^2 \times \tau \times \frac{D_1}{2}$$

$$= \frac{\pi}{4} (1)^2 \times 300 \times \frac{12}{2} = 1413 \text{ kg-cm}$$

अत: बोल्टों की संख्या $n = \dfrac{4657.9}{1413} = 3.296$

अत: **बोल्टों की आवश्यक संख्या n = 4 बोल्ट** **उत्तर**

उदाहरण 6.7—ढलवाँ लोहे से बनी एक सुरक्षित प्रकार की फ्लैंज कपलिंग (Protected type flange coupling) का डिज़ाइन कीजिये जो एक स्टील शाफ्ट पर लगी है तथा 200 rpm पर 15 kW शक्ति पारेषित करती है। शाफ्ट पदार्थ के लिए अधिकतम अनुमेय कर्तन प्रतिबल 40 N/mm^2 है। बोल्टों में कार्यकारी प्रतिबल 30 N/mm^2 से अधिक नहीं होना चाहिए। शाफ्ट तथा कुँजी का पदार्थ समान है तथा सँदलन (crushing) प्रतिबल, कर्तन (shear) प्रतिबल के दुगुने मान के हैं। पारेषित अधिकतम घूर्ण, माध्य का 25% अधिक है। ढलवाँ लोहे के लिए कर्तन प्रतिबल का मान 14 N/mm^2 मान लीजिये।

हल—दिया है,

$$\text{पारेषित शक्ति}, P = 15 \text{ kW}, N = 200 \text{ rpm}, (\tau)_{shaft} = 40 \text{ N/mm}^2$$

$$(\tau)_{bolt} = 30 \text{ N/mm}^2, \sigma_c = 2\tau,$$

$$\text{अधिकतम घूर्ण}, T_{max} = 1.25 \times T_{av}, \tau = 14 \text{ N/mm}^2$$

एक प्रोटेक्टेड़ प्रकार के फ्लैंज कपलिंग का डिज़ाइन निम्न पदों में किया जायेगा—

(1) हब का डिज़ाइन—हम जानते हैं कि—

$$P = \frac{NT_{av}}{9550} \text{ kW}$$

$\therefore$ औसत मरोड़ घूर्ण, $T_{av} = \frac{15 \times 9550}{200}$

$$= 716 \text{ N-m} = 716 \times 10^3 \text{ N-mm}$$

तथा अधिकतम मरोड़ घूर्ण, $T_{max} = 1.25\, T_{av}$

$$= 1.25 \times 716 \times 10^3 = 895 \times 10^3 \text{ N-mm}$$

सम्बन्ध $\frac{T}{J} = \frac{\tau}{r}$ से,

$$T_{max} = \frac{\pi}{16} \tau . d^3$$

$$\therefore \quad 895 \times 10^3 = \frac{\pi}{16} \times 40 \times d^3$$

$$\therefore \quad d = 48.4 \text{ mm}$$

$\simeq$ **50 mm** (माना) **उत्तर**

अतः हब का बाह्य व्यास, $D = 2d = 2 \times 50 =$ **100 mm**

हब की लम्बाई, $L = 1.5\, d = 1.5 \times 50 =$ **75 mm** **उत्तर**

अब हब को एक खोखली शाफ्ट मानते हुए हब के पदार्थ अर्थात् ढलवाँ लोहे में उत्पन्न कर्तन प्रतिबलों का मान ज्ञात करते हैं। हम जानते हैं कि

$$T_{max} = \frac{\pi}{16} \tau_1 \left[\frac{D^4 - d^4}{D}\right]$$

$$\therefore \quad 895 \times 10^3 = \frac{\pi}{16} \times \tau_1 \times \left[\frac{(100)^4 - (50)^4}{100}\right]$$

$$\therefore \quad \tau_1 = \mathbf{4.86 \text{ N/mm}^2}$$

क्योंकि हब में उत्पन्न कर्तन प्रतिबलों का मान दिए गए मान से अर्थात् 14 N/mm से कम है अर्थात् **हब सुरक्षित** है।

(2) कुंजी का डिज़ाइन—क्योंकि कुंजी पदार्थ के लिए सदँलन (crushing) प्रतिबलों का मान कर्तन प्रतिबलों का दुगुना है अतः वर्गाकार कुंजी प्रयोग की जायेगी।

क्योंकि $d = 50$ mm,

$\therefore$ समानुपातिक यूनिट $K = d + 13 = 63$ mm

$\therefore$ कुंजी की चौड़ाई, $b = \frac{K}{4} = \frac{63}{4}$

$$= 15.75 \text{ mm} \simeq 16 \text{ mm (माना)}$$

अतः वर्गाकार कुंजी के लिए चौड़ाई 'b' = मोटाई 'h' = **16 mm** **उत्तर**

AKC TECHNICAL CLASSES

कुँजी की लम्बाई, हब की लम्बाई के बराबर मानी जा सकती है अर्थात्

$$l = L = 75\,\text{mm}$$ **उत्तर**

हम जानते हैं कि कुँजी, कर्तन (Shearing) एवं सदंलन (Crushing) में असफल होगी। अत: कर्तन में असफल होने के लिए—

पारेषित मरोड़ घूर्ण $(T) = l \times b \times \tau \times \dfrac{d}{2}$

$$\therefore \quad 895 \times 10^3 = 75 \times 16 \times \tau \times \frac{50}{2}$$

$$\therefore \quad \tau = \mathbf{29.8\ N/mm^2}$$

सदंलन (Crushing) में असफल होने के लिए,

$$T = l \times \frac{h}{2} \times \sigma_c \times \frac{d}{2}$$

$$\therefore \quad 895 \times 10^3 = 75 \times \frac{16}{2} \times \sigma_c \times \frac{50}{2}$$

$$\therefore \quad \sigma_c = \mathbf{59.6\ N/mm^2}$$

यहाँ उत्पन्न कर्तन तथा सदंलन प्रतिबलों के मान दिए गए अनुमेय प्रतिबलों के मान से कम हैं। अत: **कुँजी सुरक्षित है।**

(3) फ्लैंज का डिज़ाइन—हम जानते हैं कि, फ्लैंज की मोटाई $t_f = 0.5\,d$ मानी जा सकती है

अत: $$t_f = 0.5 \times 50 = \mathbf{25\ mm}$$

फ्लैंज एवं हब के जोड़ पर कर्तन में असफल होने की सम्भावना रहती है।

अत: पारेषित मरोड़ घूर्ण 'T' $= \dfrac{\pi}{2} D^2 \times \tau_1 \times t_f$ से,

$$\therefore \quad 895 \times 10^3 = \frac{\pi}{2} (100)^2 \times \tau_1 \times 25$$

$$\therefore \quad \tau_1 = 2.5\ \mathbf{N/mm^2}$$

क्योंकि उत्पन्न कर्तन प्रतिबल का परिमाण, दिए गए अनुमेय कर्तन प्रतिबल से कम है। अत: **फ्लैंज सुरक्षित है।**

(4) बोल्टों का डिज़ाइन—माना बोल्ट का व्यास $= d_1$ mm

क्योंकि शाफ्ट का व्यास $d = 50$ mm है। अत: बोल्टों की संख्या $n = 4$ मानी जा सकती है तथा बोल्टों का पिचवृत्त व्यास $D_1 = 3d = 3 \times 50 = 150$ mm

मरोड़ घूर्ण पारेषित करने के कारण बोल्ट में कर्तन प्रतिबल उपजते हैं अत: अधिकतम पारेषित मरोड़ घूर्ण

$$T_{max} = \frac{\pi}{4} (d_1)^2 \times \tau \times n \times \frac{D_1}{2}$$

$$895 \times 10^3 = \frac{\pi}{4} (d_1)^2 \times 30 \times 4 \times \frac{150}{2}$$

$$d_1 = 11.25\ \text{mm}$$

$$\simeq 12\ \text{mm (माना)}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

अत: रूक्ष (Coarse) चूड़ियाँ मानते हुए बोल्ट का व्यास d_1 = **12 mm (M 12)** **उत्तर**

इसके अतिरिक्त फ्लैंज की अन्य विमाएँ निम्न प्रकार ज्ञात की जा सकती हैं—

फ्लैंज का बाह्य व्यास, $D_2 = 4d = 4 \times 50 = \mathbf{200\ mm}$

प्रक्षेपित फ्लैंज की मोटाई, $t_f = 0.25\,d = 0.25 \times 50 = \mathbf{12.5\,mm}$ **उत्तर**

उदाहरण 6.8—एक मृदु इस्पात (M.S) से बनी शाफ्ट, जो 250 rpm पर 90 kW शक्ति पारेषित करती है, के लिए एक कास्ट आयरन फ्लैंज कपलिंग का अभिकल्पन कीजिए। शाफ्ट में अनुमेय कर्तन प्रतिबल का मान 40 MPa तथा व्यास की 20 गुनी लम्बाई में मरोड़ कोण 1° से अधिक नहीं होना चाहिए। कपलिंग बोल्टों के लिए अनुमेय कर्तन प्रतिबल 30 MPa है।

हल—दिया है,

$P = 90\,\text{kW} = 90 \times 10^3\,\text{W}$, $N = 250\,\text{r.p.m}$, $L = 20d$

$\tau_s = 40\ \text{MPa} = 40\ \text{N/mm}^2$, $\tau_b = 30\ \text{MPa} = 30\ \text{N/mm}^2$

$\theta = 1° = 0.0175$ radian. $\left(\text{माना}\ \ G = 84\,\dfrac{\text{kN}}{\text{mm}^2}\right)$

सर्वप्रथम शाफ्ट का व्यास (d) ज्ञात करते हैं। हम जानते हैं कि पारेषित बलाघूर्ण $(T) = \dfrac{P \times 60}{2\pi N}$

$$\therefore \qquad T = \frac{90 \times 10^3 \times 60}{2\pi \times 250} = 3440\ \text{Nm} = 3440 \times 10^3\ \text{N-mm}$$

शाफ्ट की सामर्थ्य पर विचार करते हुए, $\dfrac{T}{J} = \dfrac{\tau_s}{\left(\dfrac{d}{2}\right)}$

$$\Rightarrow \qquad \frac{3440 \times 10^3}{\left(\dfrac{\pi}{32} \times d^4\right)} = \frac{40}{\left(\dfrac{d}{2}\right)}$$

हल करने पर, $d = 76$ mm

शाफ्ट की दृढ़ता पर विचार करते हुए, $\dfrac{T}{J} = \dfrac{G\theta}{L}$

$$\frac{3440 \times 10^3}{\left(\dfrac{\pi}{32} d^4\right)} = \frac{84 \times 10^3 \times 0.0175}{(20d)}$$

हल करने पर, $\mathbf{d = 78\ mm}$

दोनों मानों में से अधिकतम अर्थात् 78 mm ही मान्य होगा। इस प्रकार $d = 78\,\text{mm} \simeq$ **80 mm** (माना) **उत्तर**

अब प्रोटेक्टेड़ टाइप फ्लैंज कपलिंग (ढलवाँ लोहे का) का अभिकल्पन करते हैं—

1. हब का अभिकल्पन (Design for Hub)—हम जानते हैं कि—

हब का बाह्य व्यास, $D = 2d = 2 \times 80 = \mathbf{160\,mm}$ **उत्तर**

तथा, हब की लम्बाई, $l = 1.5\,d = 1.5 \times 80 = \mathbf{120\,mm}$ **उत्तर**

AKC TECHNICAL CLASSES

अब, हब को खोखली शाफ्ट मानते हुए, उत्पन्न कर्तन प्रतिबलों की जाँच करते है। हम जानते हैं कि—

$$\text{पारेषित बलाघूर्ण } 'T' = \frac{\pi}{16} \times \tau_{C.I.} \times \left[\frac{D^4 - d^4}{D}\right] = \frac{\pi}{16} \times \tau_{C.I.} \left[\frac{(160)^4 - (80)^4}{160}\right]$$

$$\therefore \quad 3440 \times 10^3 = 754 \times 10^3 \ \tau_{C.I.}$$

$$\therefore \quad \tau_{C.I.} = 4.56 \text{ MPa}$$

कर्तन प्रतिबलों का यह मान, हब पदार्थ (C.I.) के लिए अनुमन्य कर्तन प्रतिबल (सामान्यतया 14 MPa) से बहुत कम है अर्थात् **हब का अभिकल्पन सुरक्षित है।** उत्तर

2. कुंजी का अभिकल्पन (Design for Key)—80 mm व्यास की शाफ्ट के लिए कुंजी का साइज ज्ञात करते है।

$$\text{कुंजी की चौड़ाई, } w = \frac{d+13}{4} = \frac{80+13}{4} = 23.25 \simeq \mathbf{25\,mm}$$ उत्तर

तथा $$\text{कुंजी की मोटाई, } t = \frac{d+13}{6} = \frac{93}{6} = 15.5 \simeq \mathbf{16\,mm}$$ उत्तर

हब की लम्बाई (L) के समान ही कुंजी की लम्बाई (l) अर्थात् 120 mm मानी जायेगी।

अर्थात् $$\boldsymbol{l = L = 120\text{ mm}}$$ उत्तर

अब, शाफ्ट तथा कुंजी के पदार्थ को समान मानते हुए कुंजी में उत्पन्न कर्तन प्रतिबल की जाँच करते है क्योंकि पारेषित बलाघूर्ण

$$T = l \times w \times \tau_k \times \frac{d}{2}$$

$$3440 \times 10^3 = 120 \times 25 \times \tau_k \times \left(\frac{80}{2}\right) = 120 \times 10^3 . \tau_k$$

$$\therefore \quad \tau_k = \frac{3440 \times 10^3}{120 \times 10^3} = 28.7 \text{ N/mm}^2$$

$$\therefore \quad \tau_k = 28.7 \text{ MPa}$$

यह मान कुंजी पदार्थ के लिए अनुमन्य कर्तन प्रतिबल अर्थात् 40 MPa से कम है अर्थात् **कुंजी का अभिकल्पन सुरक्षित है।**

3. फ्लैंज का अभिकल्पन (Design for Flange)—फ्लैंज की मोटाई $(t_f) = 0.5d$ मान ली जा सकती है।

अत; $$t_f = 0.5d = 0.5 \times 80 = \mathbf{40\text{ mm}}$$ उत्तर

अब हब और फ्लैंज के जोड़ को कर्तन में मानते हुए, ढलवाँ लोहे के फ्लैंज में उत्पन्न कर्तन प्रतिबलों की जाँच करते हैं।

अब $$\text{पारेषित बलाघूर्ण } (T) = \frac{\pi}{2} D^2 \times t_f \times \tau_{C.I.}$$

$$\therefore \quad 3440 \times 10^3 = \frac{\pi}{2} (160)^2 \times 40 \ \tau_{C.I.}$$

$$\therefore \quad \tau_{C.I.} = 2.14 \text{ N/mm}^2 = 2.14 \text{ MPa}$$

फ्लैंज में उत्पन्न कर्तन प्रतिबलों का मान, फ्लैंज पदार्थ के लिए अनुमन्य 14 MPa से कम है अत: **फ्लैंज का अभिकल्पन सुरक्षित है।**

उत्तर

AKC TECHNICAL CLASSES

4. बोल्ट का अभिकल्पन (Design for Bolts)—माना बोल्ट का नामित व्यास $= d$.

क्योंकि शाफ्ट का व्यास 80 mm है अत: बोल्टों की संख्या (माना) $n = 4$ है तथा इन बोल्टों का पिच वृत्त व्यास (P.C.D.)

$$D_1 = 3d = 3 \times 80 = 240 \text{ mm.}$$

पारेषित शक्ति के कारण बोल्टों में कर्तन प्रतिबल उत्पन्न होंगे। पारेषित बलाघूर्ण

$$T = \frac{\pi}{4}(d_1)^2 \times n \times \tau_b \times \frac{D_1}{2}$$

$$\Rightarrow \qquad 3440 \times 10^3 = \frac{\pi}{4}(d_i)^2 \times 4 \times 30 \times \frac{240}{2} = 11311\,(d_1)^2$$

हल करने पर,

$$d_1 = 17.4 \text{ mm}$$

रुक्ष चूड़ियाँ मानते हुए, बोल्ट का मानक नामित व्यास = **18 mm** उत्तर

अन्य अनुपात निम्न प्रकार होंगे,

फ्लैंज का बाह्य व्यास, $D_2 = 4d = 4 \times 80 = \mathbf{320\ mm}$ उत्तर

सुरक्षित परिधीय फ्लैंज की मोटाई,

$t_p = 0.25d = 0.25 \times 80 = \mathbf{20\ mm}$ उत्तर

प्रश्नावली (Exercise)

1. कपलिंग (Coupling) से आपका क्या तात्पर्य है? कपलिंग का वर्गीकरण कीजिये।
2. फ्लैंज कपलिंग की क्या उपयोगिता है? इसकी लाभ तथा सीमाओं का वर्णन कीजिए।
3. कपलिंग में बोल्ट को कपलिंग के अन्य अवयवों की तुलना में कम सामर्थ्य का बनाना चाहिए, ऐसा क्यों? **(U.P. 2002)**
4. एक प्रोटेक्ड फ्लैंज कपलिंग (Protected flange coupling) का चित्र बनाइये तथा शाफ्ट 'd' के पदों में सभी विमाओं को दर्शाइये।
5. एक फ्लैंज कपलिंग की असफलता के कारणों को स्पष्ट करे।
6. कपलिंग के उद्देश्यों तथा गुणों का वर्णन कीजिए।
7. विभिन्न प्रकार के कपलिंगों का संक्षिप्त वर्णन कीजिए।
8. एक स्लीव या मफ कपलिंग का सचित्र वर्णन कीजिए।
9. स्लीव कपलिंग के अभिकल्पन के प्रमुख पदों का वर्णन कीजिए।
10. फ्लैंज कपलिंग के अभिकल्पन के प्रमुख पदों का वर्णन कीजिए।
11. एक फ्लैंज कपलिंग 140 rpm पर 25 kW शक्ति पारेषित करती है। बोल्टों का पिच वृत्त व्यास 130 mm है। यदि M14 साइज के बोल्ट प्रयोग करने हो, तो आवश्यक बोल्टों की संख्या ज्ञात कीजिये। बोल्ट में कर्तन प्रतिबल 65 MPa से अधिक नहीं होने देना है।

[उत्तर—4 बोल्ट]

AKC TECHNICAL CLASSES

12. एक 2500 kW शक्ति के मैरिन इन्जन में 90 rpm पर घूमने वाले शाफ्ट का व्यास ज्ञात कीजिये। शाफ्ट के युग्मन में, यदि 8 बोल्ट प्रयोग किए जाते हैं तथा बोल्ट व शाफ्ट पदार्थ में अधिकतम कर्तन प्रतिबल बराबर तथा 63 N/mm^2 मान के हैं, तो बोल्ट का व्यास ज्ञात कीजिये। बोल्ट के लिए पिच वृत्त की त्रिज्या का मान 1.2 d लीजिये, यहाँ 'd' शाफ्ट का व्यास है। अधिकतम मरोड़ घूर्ण औसत से 25% अधिक मानिये।

[उत्तर—297.67 mm, 48.45 mm]

13. एक दृढ़ फ्लैंज कपलिंग का डिज़ाइन कीजिये। इसके द्वारा 7.5 kW शक्ति 720 rpm पर संचारित की जा रही है। निम्न अनुमेय प्रतिबलों का प्रयोग कीजिये—

(i) शाफ्ट, बोल्ट एवं कुँजी पदार्थ के लिए अनुमेय कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 33\ N/mm^2$

(ii) बोल्ट एवं कुँजी पदार्थ के लिए अनुमेय सदँलन प्रतिबल $(\sigma_c) = 60\ N/mm^2$

(iii) ढलवाँ लोहे (C.I) के लिए कर्तन प्रतिबल $(\tau_1) = 15\ N/mm^2$

[उत्तर—(i) शाफ्ट व्यास 'd' = 25 mm, (ii) हब व्यास 'D' = 50 mm, (iii) पिच वृत्त व्यास 'D_1' = 75 mm, (iv) कुँजी की लम्बाई $(l_1) = 60$ mm, (v) कुँजी की चौड़ाई $(b) = 10$ mm, (vi) कुँजी की मोटाई $(h) = 7$ mm, (vii) बोल्ट की संख्या $(n) = 4$, (viii) बोल्ट का व्यास $(d_1) = 5.1$ mm, (ix) हब की लम्बाई $(l) = 38$ mm, (x) फ्लैंज की मोटाई $(t_f) = 12.5$ mm]

14. एक डीजल इन्जन में शक्ति पारेषण के लिए प्रोटेक्टेड़ टाइप फ्लैंज कपलिंग लगाया गया है। इन्जन के लिए निम्न आँकड़े उपलब्ध हैं—

(a) इन्जन की शक्ति = 75 kW

(b) इन्जन की गति = 200 rpm.

(c) शाफ्ट में अधिकतम अनुमेय प्रतिबल = 40 N/mm^2

(d) शाफ्ट की लम्बाई = 30 d [जहाँ d = शाफ्ट व्यास]

(e) शाफ्ट की लम्बाई में अधिकतम मरोड़ कोण कोण $\theta = 1°$

(f) $T_{max} = 1.25 \times T_{mean}$

(g) बोल्टों का पिच वृत्त व्यास $D_1 = 3\,d$

(h) बोल्ट में अधिकतम अनुमेय प्रतिबल = 20 N/mm^2।

ज्ञात कीजिये—(1) शाफ्ट का व्यास 'd' (2) बोल्टों की संख्या, तथा (3) बोल्टों का व्यास।

[उत्तर—100 mm, 4, 22 mm]

15. एक 102 mm व्यास की शाफ्ट के लिए ठोस फ्लैंज कपलिंग का PCD 305 mm है। कपलिंग बोल्टों का उपयुक्त व्यास ज्ञात कीजिये यदि बोल्ट पदार्थ के लिये 55 N/mm^2 है। शाफ्ट के पदार्थ में अनुमेय अपरूपण प्रतिबल तीव्रता 62 N/mm^2 है। **(U.P. 2004)**

[उत्तर—4 बोल्ट प्रयोग करने पर M24, बोल्ट व्यास 22.67 mm]

16. एक मफ कपलिंग, दो शाफ्टों को जोड़ने हेतु अभिकल्पित कीजिए जो 120 rpm पर 40 kW शक्ति पारेषित करती है। शाफ्ट तथा कुँजी के पदार्थ (M.S.) के लिए अनुमेय कर्तन प्रतिबल तथा क्रसिंग प्रतिबल क्रमशः 30 MPa तथा 80 MPa है। मफ ढलवाँ लोहे का बना है जिसके लिए अनुमेय कर्तन प्रतिबल 15 MPa है। अधिकतम बलाघूर्ण का मान, माध्य का 25% अधिक है।

[उत्तर—$d = 90$ mm, $w = 28$ mm, $t = 16$ mm, $l = 157.5$ mm, $D = 195$ mm, $L = 315$ mm]

AKG TECHNICAL CLASSES

अध्याय 7

चूड़ीदार जोड़ो का अभिकल्पन
(Design of Screwed Joints)

Inside this Chapter

Introduction, Advantages and Disadvantages of screw joints, location of screw joints, Important terms used in screw threads, designation of screw threads, Initial stresses due to screw up forces, stresses due to combined forces, Design of power screws (Press, screw jack, screw clamp).

7.1. चूड़ीदार जोड़ (Threaded Connections)

7.1.1 परिचय (Introduction)

चूड़ीदार जोड़, अस्थायी जोड़ (temporary joints) कहलाते हैं। ये जोड़ पेंच, स्टड (stud), नट एवं बोल्ट (nut and bolts) की सहायता से दो मशीनी सतहों को सम्बद्ध करने के लिये बनाये जाते हैं। इन जोड़ों को ऐसी परिस्थितियों में, जहाँ दोनों भागों को आवश्यकतानुसार सम्बद्ध (connect) या असम्बद्ध (disconnect) किये जाने की आवश्यकता हो, प्रयोग किया जाता है। ऐसी परिस्थितियाँ समय-समय पर विभिन्न पुर्जों के मरम्मत करने के लिये या उनको आवश्यकतानुसार बदलने के लिये उत्पन्न होती रहती हैं। चूड़ीदार स्थिरकों (threaded fastners) में दो अवयव क्रमश: बोल्ट व नट होते हैं। इन जोड़ों के निम्नलिखित लाभ (advantages) एवं अलाभ (disadvantages) हैं—

लाभ (Advantages)—

1. चूड़ीदार जोड़ अधिक विश्वसनीय (reliable) होते हैं।
2. चूड़ीदार जोड़ से संयोजित भागों को आवश्यकतानुसार असंयोजित (disassemble) एवं दुबारा संयोजित (assemble) किया जा सकता है।
3. इन जोड़ों को जोड़ने एवं खोलने में बहुत कम समय लगता है।
4. ये अधिक विस्तृत परिस्थितियों में उपयोग किये जा सकते हैं।
5. मानक साइजों में उपलब्ध होने के कारण इनके द्वारा बनाया गया जोड़ मित्तव्ययी (economical) होता है।

अलाभ (Disadvantages)—चूड़ीदार जोड़ों का मुख्य अलाभ (main disadvantage) यह है, कि इनमें उस स्थान पर जहाँ चूड़ियाँ बनी होती हैं, प्रतिबलों का संकेन्द्रित (stress concentration) होता है।

7.1.2 पेंज की चूड़ी (Screw Thread)

"किसी बेलनाकार सतह पर, कुन्डलिनी (helix) के आकार का, काटा गया एक समान काट (Uniform Cross Section) का खाँचा (groove) पेंच की चूड़ी (screw thread) कहलाती है।"

"A screw thread is formed by cutting a continuous helical groove on a cylindrical surface."

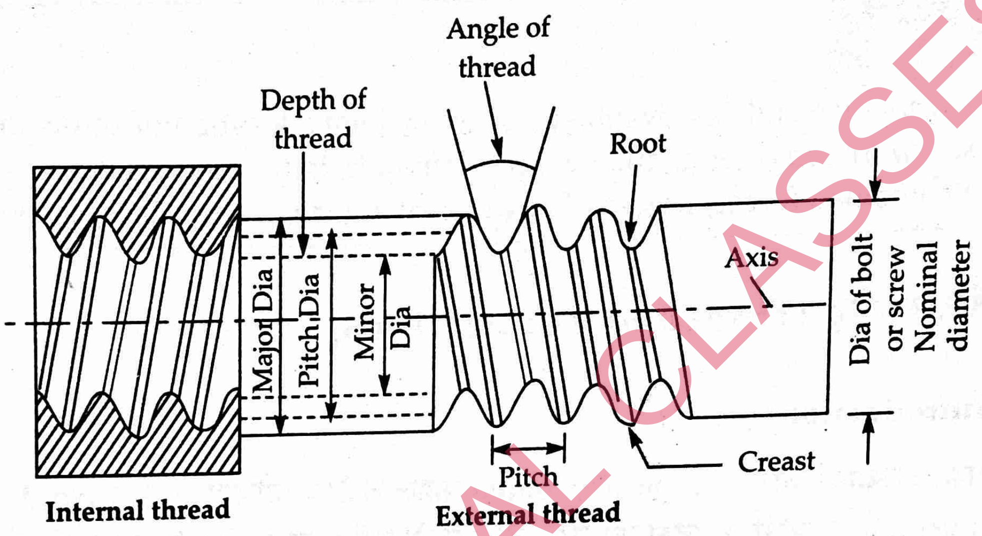
इनका प्रयोग काबलों (Botts), ढिबरियों (Nuts), दुपेंचों (Studs) तथा टैप तथा अन्य मशीनों के स्पिंड्ल (Spindle) में किया जाता है। चूड़ियों के द्वारा दो वस्तुओं को अस्थाई रूप से आसानी से जोड़ा या अलग किया जा सकता है। चूड़ियाँ मुख्यत: दो प्रकार की होती हैं—

AKC TECHNICAL CLASSES

(I) बाह्य चूड़ियाँ (External threads)

(II) आन्तरिक चूड़ियाँ (Internal threads)

किसी बेलनाकार छड़ की ऊपरी सतह पर बनी चूड़ियों को बाह्य चूड़ी कहते हैं जैसे काबलों तथा स्टड़ आदि में आन्तरिक चूड़ियाँ किसी खोखले बेलनाकार भाग की आन्तरिक सतह में बनी होती है जैसे—ढिबरियों आदि में (देखें चित्र 7.1)।



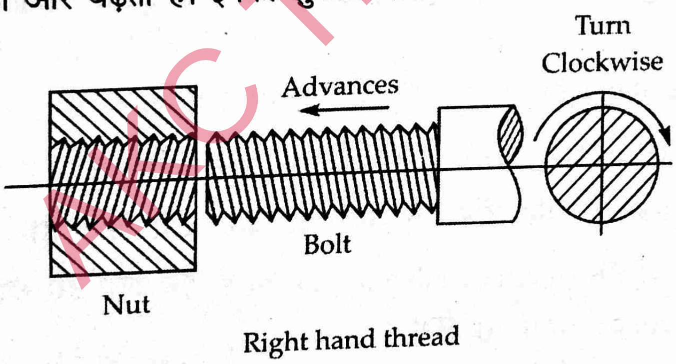
चित्र-7.1

7.1.3 चूड़ियों की दिशा (Direction on Threads)

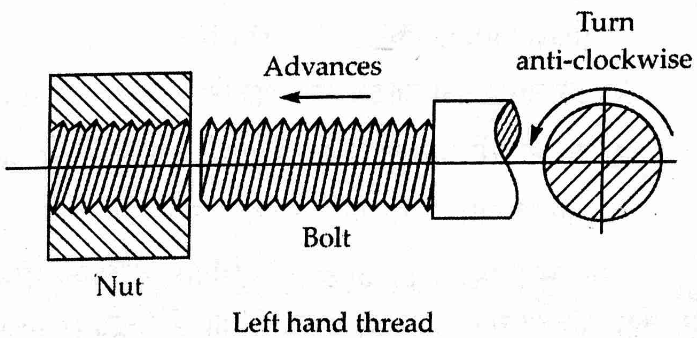
चूड़ियाँ विशेष रूप से दो दिशाओं में बनी होती हैं—

(1) दक्षिणावर्ती चूड़ी (Right hand thread)—इस प्रकार की चूड़ी दक्षिणावर्त (clockwise) घूमाने पर ढिबरी (Nut) में आगे की ओर बढ़ती है। इनका झुकाव बाँयी ओर को होता है देखें चित्र 7.2 'a'।

(2) वामावर्ती चूड़ी (Left hand thread)—इस प्रकार की चूड़ी वामावर्त (anticlockwise) घूमाने पर नट में आगे की ओर बढ़ती है। इनका झुकाव दाँयी ओर होता है। देखें चित्र 7.2 'b'।



चित्र-7.2 (a)



चित्र-7.2 (b)

7.2 चूड़ियों में प्रयुक्त महत्त्वपूर्ण पद (Important Terms Used in Screw Threads)

चित्र 7.1 का अवलोकन कीजिये—

(a) दीर्घ व्यास (Major Diameter)—**यह बाह्य (External) या अन्त: (internal) चूड़ी का अधिकतम व्यास है। पेंच को इसी व्यास से दर्शाया जाता है। इसे बाह्य व्यास (outside diameter) या सामान्य व्यास (Nominal diameter)** भी कहते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

(b) लघु व्यास (~~Major~~ Minor diameter)—यह बाह्य या अन्त: चूड़ी का सबसे छोटा व्यास है इसको **मूल या जड़ व्यास** (Core or root diameter) भी कहते हैं।

(c) प्रभावी अथवा पिच व्यास (Effective or pitch diameter)—दीर्घ व्यास तथा लघु व्यास के मध्य से जाने वाले कल्पित पिच बेलन (Imaginary pitch cylinder) का व्यास, **पिच या प्रभावी व्यास** कहलाता है।

(d) पिच (Pitch)—**यह दो आसन्न चूड़ियों के संगत-बिन्दुओं (Corresponding points) तक की अक्षीय दूरी है।** इसे 'p' से प्रदर्शित करते हैं। यदि स्क्रू की इकाई लम्बाई में चूड़ियों की संख्या 'n' हो तो,

$$\text{पिच } 'p' = \frac{1}{\text{स्क्रू की इकाई लम्बाई में चूड़ियों की संख्या } (n)}$$

(e) अग्रता (Lead)—**पेंचों के एक घुमाव में वह जितनी अक्षीय दूरी चलता है, उसकी अग्रता (lead) कहलाती है।** द्वि चूड़ी (double thread) व त्रिय चूड़ी (tripple thread) में यह अक्षीय दूरी एकल चूड़ी (Single thread) के पेंच की तुलना में क्रमश: दो गुनी व तीन गुनी होती है।

7.2.1 चूड़ी की आकृति (Form of Threads)

चूड़ियों की आकृति मुख्यतया दो प्रकार की होती है—

(I) वी-चुड़ियाँ (V-threads)

(II) वर्गाकार-चुड़ियाँ (Square-threads)

V-चूड़ी को आसानी से मशीन द्वारा अथवा डाई (Die) की सहायता से बनाया जा सकता है जबकि वर्गाकार चूड़ियों को आसानी से नहीं बनाया जा सकता है। इसके अतिरिक्त V-चूड़ियाँ, वर्गाकार चुड़ियों की तुलना में अधिक मजबूत तथा सस्ती होती हैं। V-चूड़ियों तथा वर्गाकार चूड़ियों को पुन: वर्गीकृत किया जा सकता है—

(I) V-चूड़ियों की आकृतियाँ (Form of V-threads)—

(a) British Standard Whitworth threads (B.S.W)

(b) British Association thread (B.A.)

(c) Seller threads or American National thread

(d) Metric threads

(e) Unified threads.

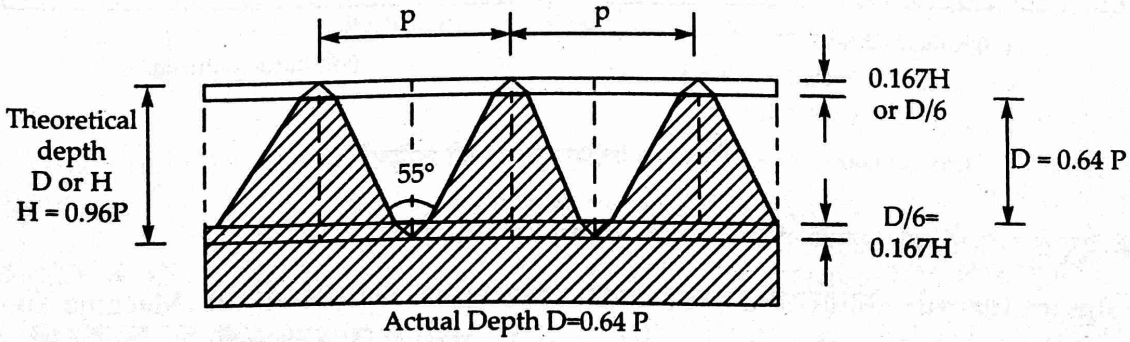
(II) वर्गाकार-चुड़ियों की आकृतियाँ (Forms of Square-threads)—

(a) Square thread

(b) Acme threads

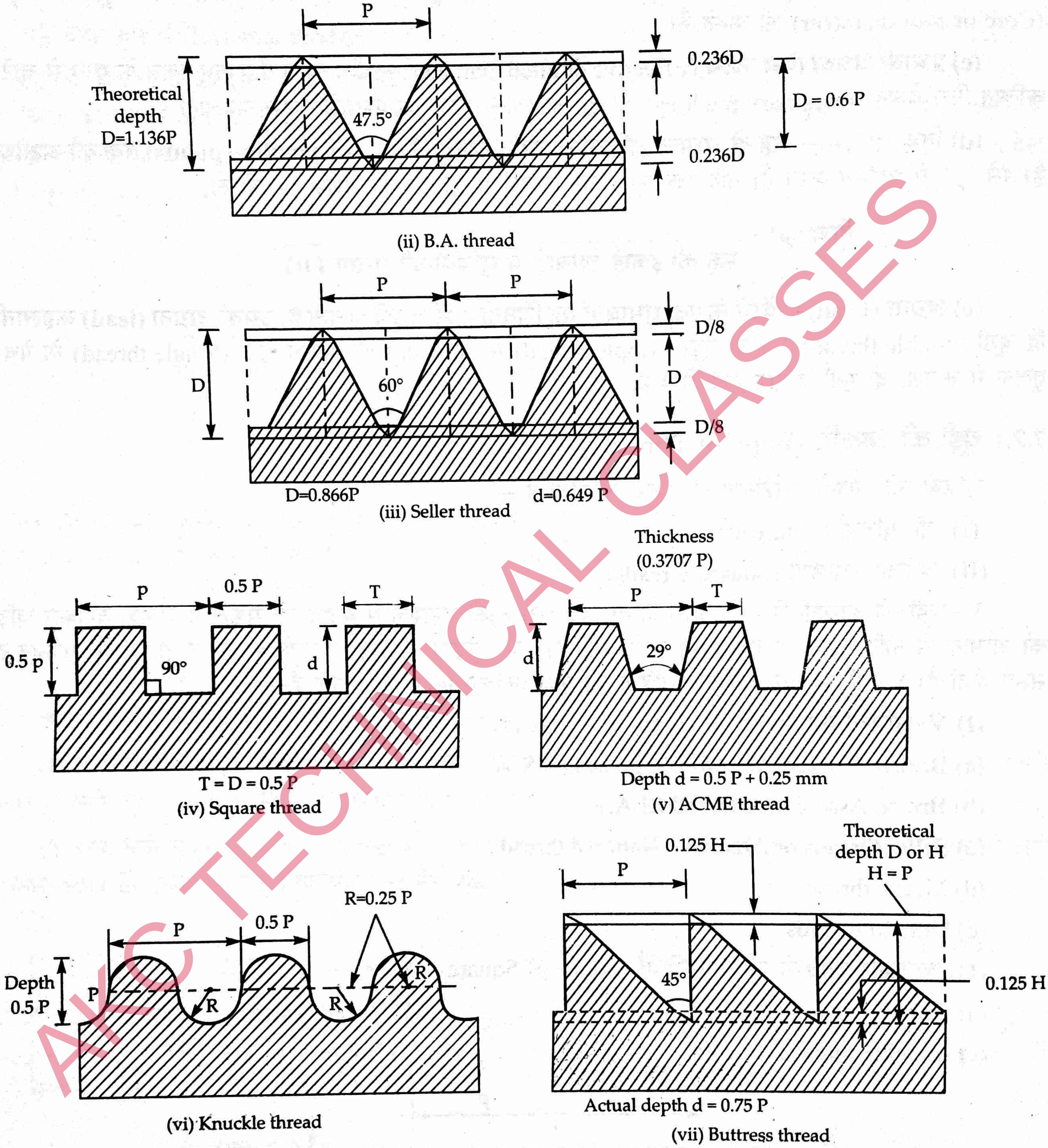
(c) Knuckle threads

(d) Buttress threads



(i) B.S.W. thread

AKG TECHNICAL CLASSES



AKC TECHNICAL CLASSES

चित्र-7.3 विभिन्न प्रकार की चूड़ियाँ

कुछ प्रमुख चुड़ियों की आकृतियाँ तथा उनके उपयोग निम्न प्रकार हैं—

1. Square thread—साधारणतया इनका उपयोग शक्ति पारेषण में मशीन औजारों (Machine Tools) के Feed mechanism, Valve Spindles, Vice-Screws, Screw jack, आदि में किया जाता है।

2. Acme Thread—इनका उपयोग अधिकतर लेथ मशीन के Lead Screw आदि में किया जाता है।

3. Knuckle thread—इनका उपयोग Electric bulbs, bottle top, Railway couplers, आदि में किया जाता है।

4. Buttress Thread—इनका उपयोग केवल एक दिशा में शक्ति के पारेषण (Power transmission) के लिए किया जाता है। जैसे—जैक में, हवाई जहाज के प्रोपेलर में, बढ़ई के वाइस में, बड़ी बन्दूकों के बीच लॉक्स (Locks) आदि में किया जाता है।

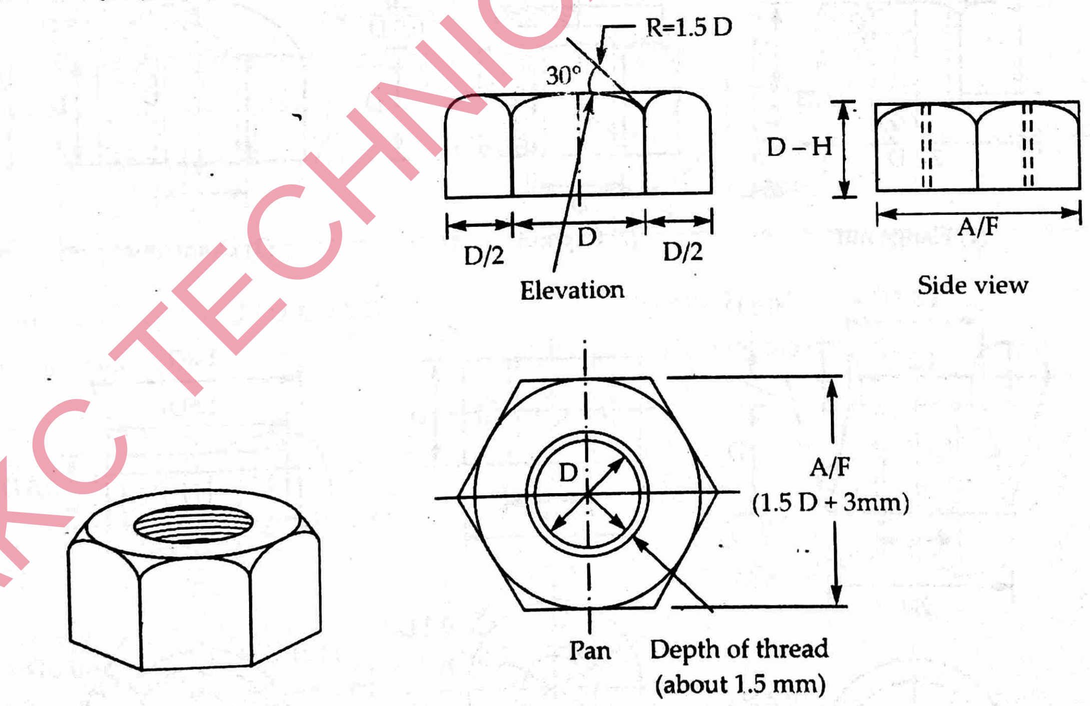
5. British Standard Whitworth Thread (BSW)—इनका उपयोग Bolts तथा Screwed fastenings में किया जाता है।

6. British Association Thread (B.A.)—इनका उपयोग साधारणतया छोटे उपकरणों में लगे पेंच (Small Instruments-Screws) आदि में किया जाता है।

7. Seller Thread—इनका उपयोग अधिकतर बन्धकों (Fastners) तथा उनके समायोजन (Adjustment) में किया जाता है।

7.2.2 विभिन्न प्रकार की ढिबरियाँ (Different Types of Nuts)

ढिबरी एक ऐसी युक्ति होती है जिसे बोल्ट या स्टड पर प्रयोग करके दो या अधिक मशीनी अवयवों को सम्बन्धित किया जाता है। यह केवल अकेले ही (बिना बोल्ट के) दो भागों को नहीं जोड़ सकती है। यह एक प्रिज्म के आकार की विभिन्न आकृतियों में होती हैं। इनके बीच में चूड़ियोंदार छिद्र होता है, जिसमें बोल्ट का चूड़ीदार भाग चलता है। इन चूड़ियों का साइज तथा आकार वहीं होता है जो उस बोल्ट पर है जिसको नट के साथ प्रयोग किया जाना है।



(a) Isometric view of hexagonal nut (b) Orthographic view of hexagonal nut

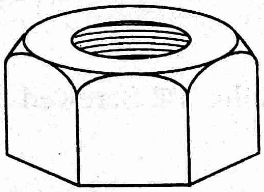
चित्र-7.4 षट् भुजाकार नट (Hexagonal nut)

इंजीनियरिंग के क्षेत्र में ढिबरियों (Nuts) के निम्नलिखित विशेष रूप (Forms) प्रयोग किये जाते हैं—

(1) षट्भुजाकर नट (Haxagonal nut)

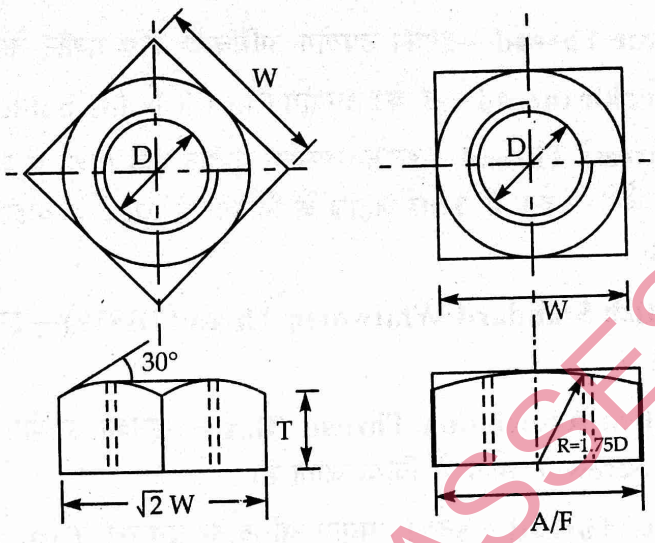
(2) वर्गाकार नट (Square Nut)

AKC TECHNICAL CLASSES



T = 0.8 D to D
W = 1.5 D + 3 mm
R = 1.75 to 2 D

(a) Isometric view of square nut



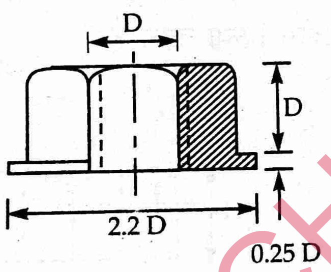
(b) Orthographic view

चित्र-7.5 वर्गाकार नट (Square nut)

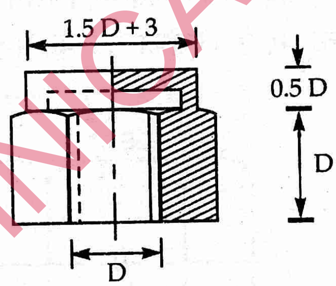
(3) फ्लैंज नट (Flanged nut)

(4) कैप नट (Cap nut)

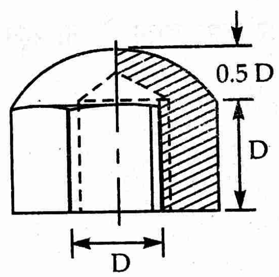
(5) डोम नट (Dome nut)



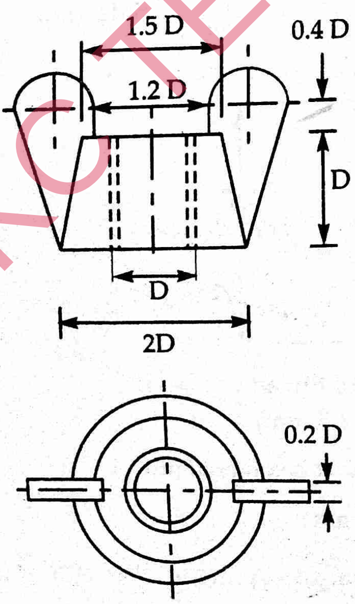
(1) Flange nut



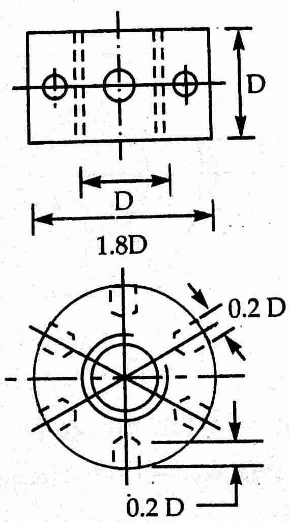
(2) Cap nut



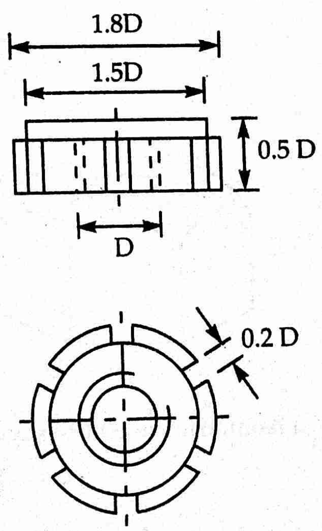
(3) Dome nut



(4) Wing nut



(5) Capstan nut



(6) Ring nut

चित्र-7.6 विभिन्न प्रकार के नट (Diffterent types of nut)

AKTECHNICAL CLASSES

(6) विंग नट (Wing nut)

(7) बेलनाकार या कैप्सटन नट (Cylinderical or Capstan Nut)

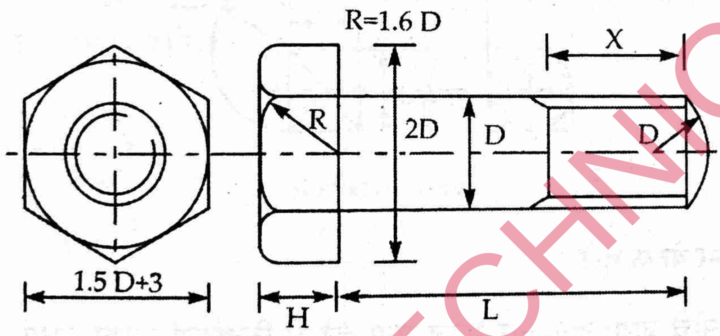
(8) रिंग नट (Ring nut)

ढिबरियों के विभिन्न रूप चित्र 7.6 में प्रदर्शित किए गए हैं। इनमें षटभुजाकर तथा वर्गाकार ढिबरियों को सबसे अधिक प्रयोग किया जाता है। षटभुजाकर प्रिज्म के आकार में होने के कारण इनको कसने में सुगमता रहती है। यह एक तरफ या दोनों तरफ चैम्फर (chamfer) वाला हो सकता है। चैम्फर से चोट लगने की सम्भावना नहीं रहती।

वर्गाकार ढिबरी का प्रयोग संरचनात्मक कार्यों में अधिक होता होता है इसमें चार फलक होते हैं। विंग नट या फ्लाई नट का प्रयोग दस्ती वाइस (Hand vice) तथा धातु कर्तन आरी (Hack saw) आदि में बहुतायत से होता है। डोम नट का एक सिरा गोलाकार तथा बन्द होता है। यह भी षटभुजाकार आकृति का होता है। इसका प्रयोग वहाँ भी किया जाता है जहाँ धूरे (axle) आदि के बाहर निकले सिरे को ढकना होता है। फ्लैंज नट के एक सिरे पर फ्लैंज बना होता है जो अच्छी पकड़ बनाने के काम आता है।

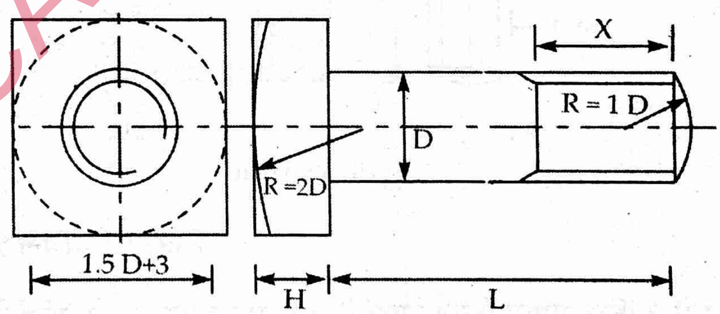
7.2.3 विभिन्न प्रकार के काबले (Different Types of Bolt)

यह धातु की बनी हुई बेलनाकार चूड़ीदार छड़ होती है। जिसके एक सिरे पर शीर्ष बना होता है तथा दूसरे सिरे पर चूड़ियाँ कटी होती हैं जिन पर कोई ढिबरी कसी जा सकती है। इसके चूड़ीदार बेलनाकार भाग को शैंक कहते हैं। बोल्ट के शीर्ष की जैसी आकृति होती है वैसा ही उसका नाम हो जाता है। अधिकतर षटभुजाकार बोल्ट एवं वर्गाकार बोल्ट का इंजीनियरिंग



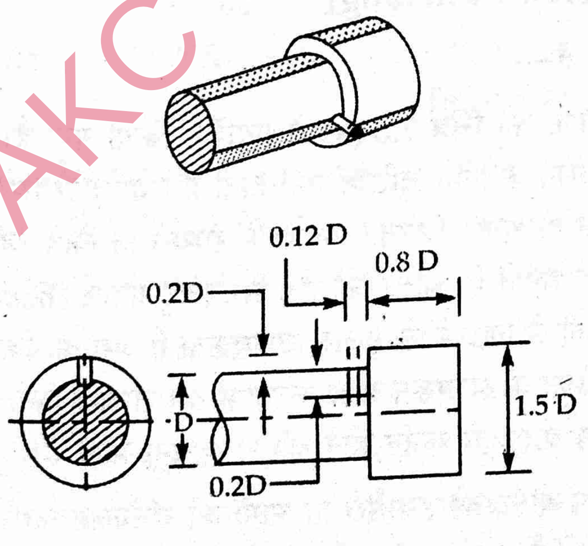
H = 0.8 D to D, L = 4 D, X = 1.25 D to 1.5 D

(i) Hexagonal headed bolt

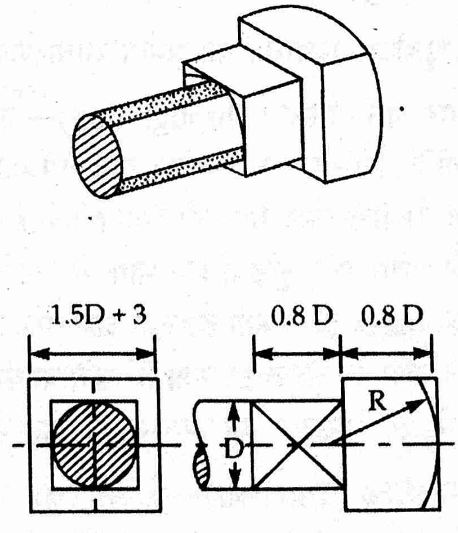


H = 0.8 D to D, L = 4 D, X = 1.25 D to 1.5 D

(ii) Square headed bolt

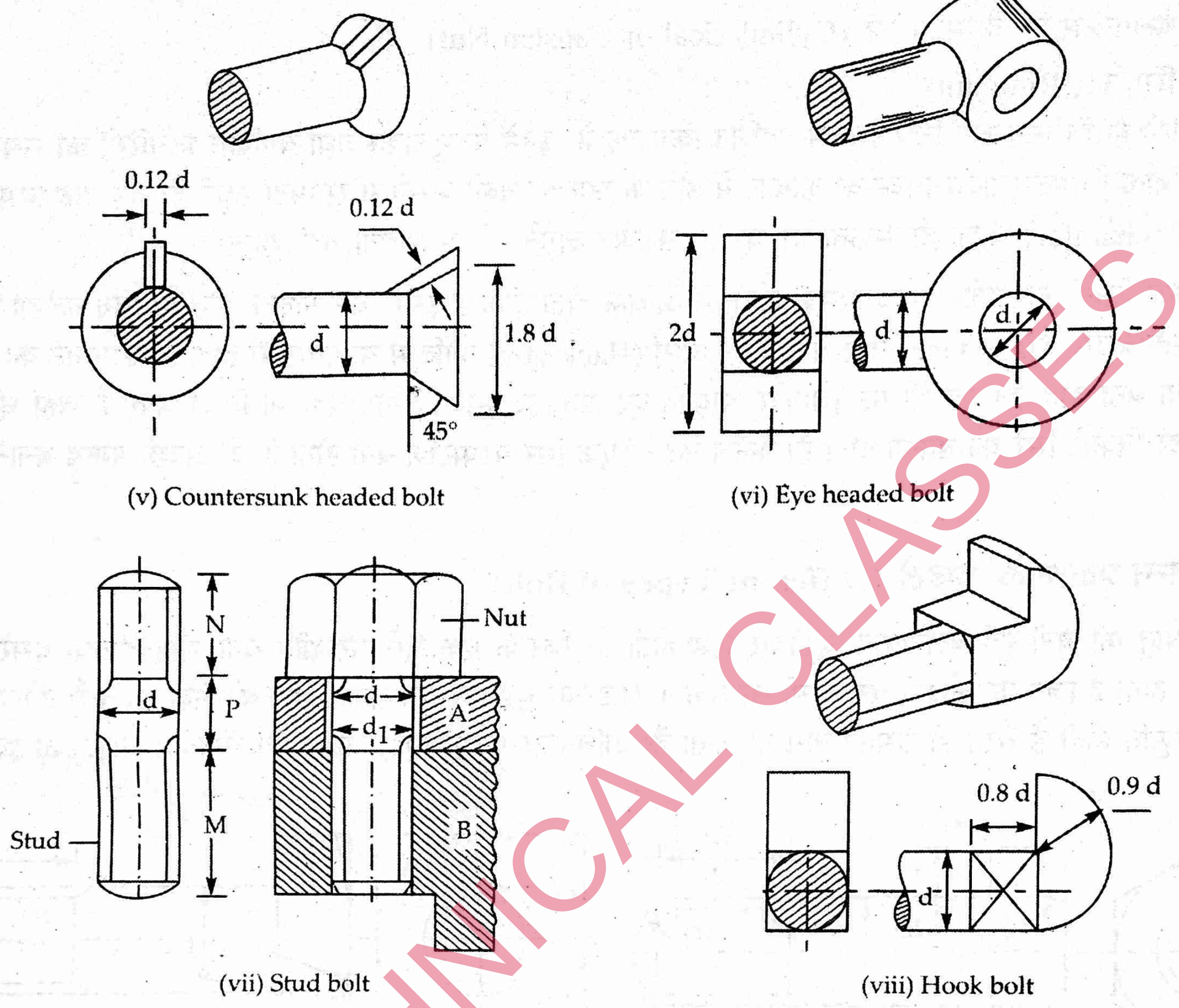


(iii) Cylindrical or cheese headed bolt



(iv) Square headed bolt (with sq. neck)

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र-7.7 विभिन्न प्रकार के काबले

क्षेत्र में अधिक प्रयोग किया जाता है। बोल्टों या काबलों के शीर्ष के नीचे प्राय: वर्गाकार गर्दन बना देने से ढिबरियाँ कसते समय काबला साथ-साथ नहीं घूमता है। चित्र 7.7 में विभिन्न प्रकार के बोल्ट दर्शाये गये हैं।

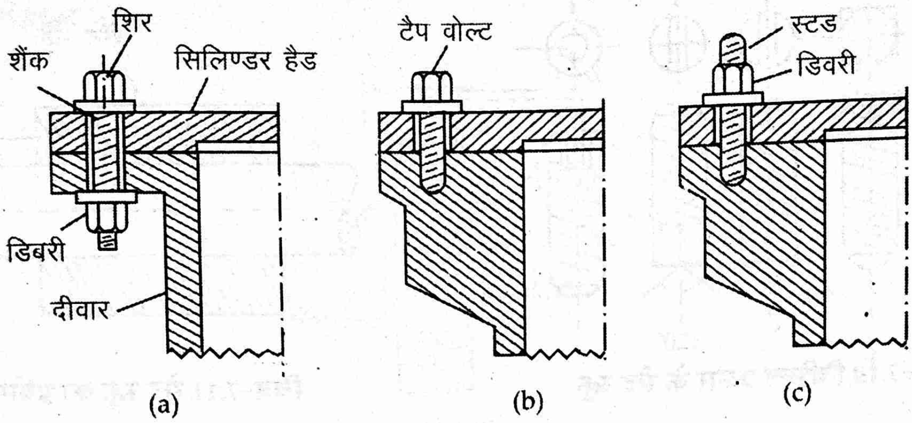
7.2.4 सामान्य चूड़ीदार स्थिरक (Common Type of Screw Fastening)

निम्न चूड़ीदार स्थिरकों का प्रयोग साधारणतया किया जाता है—

(i) आर-पार बोल्ट (Through bolt)—एक आर-पार बोल्ट को चित्र 7.8 (a) में प्रदर्शित किया गया है। यह एक गोल छड़ होती है, जिसके एक सिरे पर कुछ लम्बाई तक नट को कसने के लिये चूड़ियाँ बनी होती हैं तथा दूसरे सिरे पर सिर (Head) होता है। छड़ वाले भाग को शैंक (shank) कहते हैं। इसके दो भगों, जिनको आपस में सम्बन्धित किया जाना है, में बने छिद्र में से गुजार कर चूड़ियाँ बने भाग पर नट को कसकर जोड़ बनाते हैं। बोल्ट का हैड समषटभुजाकार (hexagonal) या वर्गाकार (square) हो सकता है। एक आर-पार बोल्ट को आसानी से छिद्र में से गुजारा जा सकता है जब कार्यकारी तनाव बल, बोल्ट की अक्ष के अनुरूप लगता है। यदि कार्यरत बल इसकी अक्ष के लम्बरूप कार्य करता है तब सम्बद्ध किये गए दोनों भाग एक-दूसरे पर फिसलने की अवस्था में होते हैं जिसके कारण बोल्ट में कर्तन होने की सम्भावना होती है।

(ii) टैप बोल्ट (Tap bolt)—देखिये चित्र 7.8 (b)। एक टैप बोल्ट को हम ऐंसे दो भागों को संयोजित करने के लिये प्रयोग करते हैं, जहाँ बोल्ट के साथ हम नट को प्रयोग नहीं करना चाहते हैं। ज़ोड़े जाने वाले दोनों भागों में से एक में बने छिद्र में बनी चूड़ियों में इसको कस दिया जाता है।

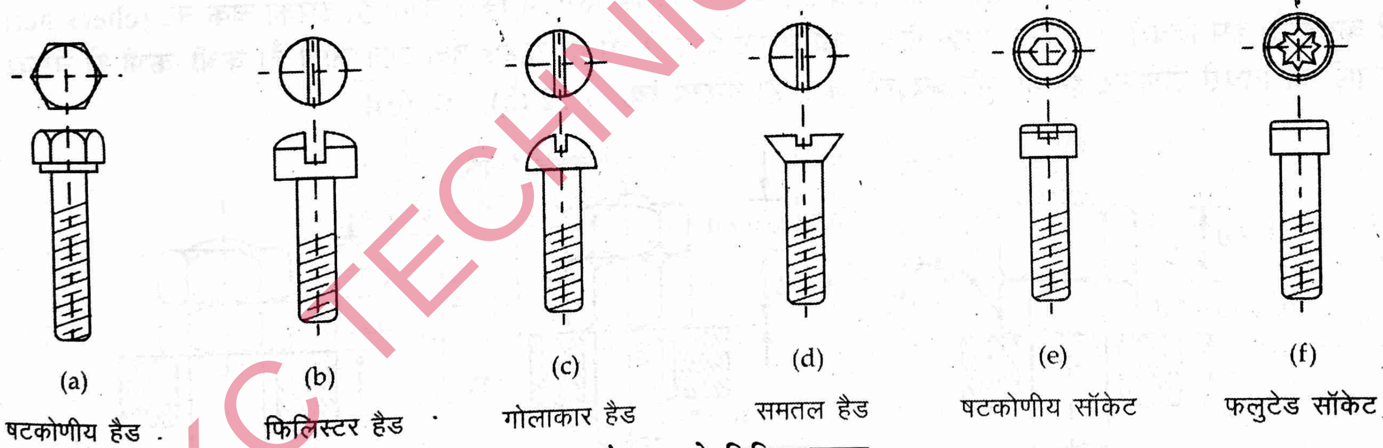
AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र-7.8 सामान्य चूड़ीदार स्थिरक

(iii) स्टड (Stud)—एक स्टड मुख्यत: एक गोल छड़ है जिसके दोनों सिरों पर चूड़ियाँ बनी होती हैं। स्टड का एक सिरा संयोजित किये जाने वाले दो भागों में से एक में बने छिद्र में बनी चूड़ियों में कस दिया जाता है तथा दूसरा सिरा, दूसरे भाग में बने छिद्र में से गुजार कर नट को कस दिया जाता है। स्टड में बोल्ट की तरह हैड नहीं होता है। दोनों भागों को अलग करने के लिये ढिबरी या नट को उल्टा घुमाकर, स्टड के छड़ वाले भाग से अलग कर दिया जाता है, जबकि स्टड का दूसरा सिरा एक भाग में कसा रहता है। इसका अधिकतर प्रयोग इन्जनों व पम्पों में उनके हैड को सिलिण्डर से जोड़ने में किया जाता है। देखिये चित्र 7.8 (c)।

(iv) कैप स्क्रू (Cap screw)—टोपी स्क्रू, टैप बोल्ट के समान परन्तु छोटे साइज के स्क्रू हैं। ये विभिन्न हैड एवं आकार में उपलब्ध होते हैं। देखिये चित्र 7.9।



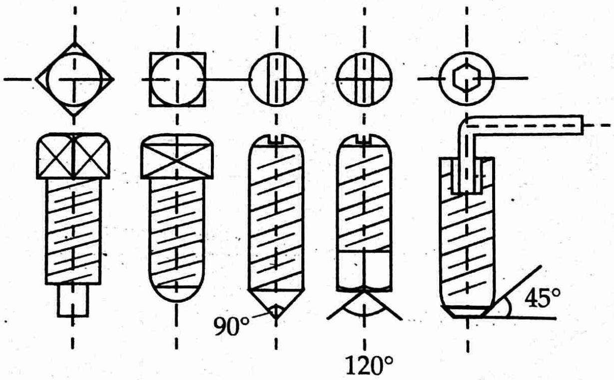
चित्र-7.9 कैप स्क्रू के विभिन्न प्रकार

(v) मशीन स्क्रू (Machine screw)—ये टोपी स्क्रू (cap screws) के समान होते हैं। अन्तर सिर्फ यह है कि इनके हैड खाँचेदार होते हैं जिससे पेचकस (screw driver) की सहायता से इनको आसानी से कसा जा सकता है। इनके साथ सामान्यतया ढिबरी का प्रयोग किया जाता है। इनका प्रयोग छोटे मशीनी अंगों को जोड़ने के लिये किया जाता है।

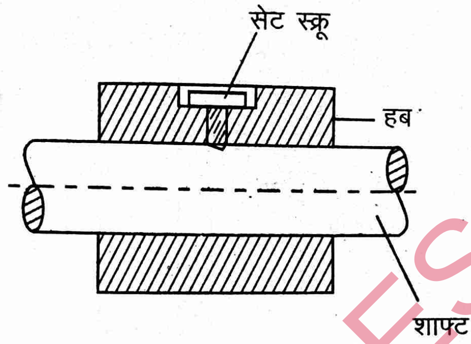
(vi) सेट स्क्रू (Set screws)—इनका प्रयोग कम शक्ति पारेशण के अन्तर्गत दो भागों के मध्य सापेक्ष गति को रोकने के लिये किया जाता है। ये या तो वर्गाकार हैड वाले या बिना हैड के बने होते हैं। देखिये चित्र 7.10।

सेट स्क्रू, एक मशीनी अवयव में बने चूड़ियों वाले छिद्र में इस प्रकार कसा हुआ होता है कि इसका बिन्दू दूसरे मशीनी अवयव को दबाये रखता है। यह दोनों मशीनी अवयवों की सापेक्ष गति को, स्क्रू के बिन्दु व एक मशीनी अवयव की सतह के मध्य घर्षण के कारण, निरुद्ध किये रहता है। इसका प्रयोग कम शक्ति पारेषित करती शाफ्ट व हब के मध्य सापेक्ष गति को रोकने के लिये भी किया जाता है। देखिये चित्र 7.11।

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र-7.10 विभिन्न प्रकार के सेट स्क्रू



चित्र-7.11 सेट स्क्रू का प्रयोग

सैट स्क्रू का व्यास $d = (0.125\,D + 8)$ mm

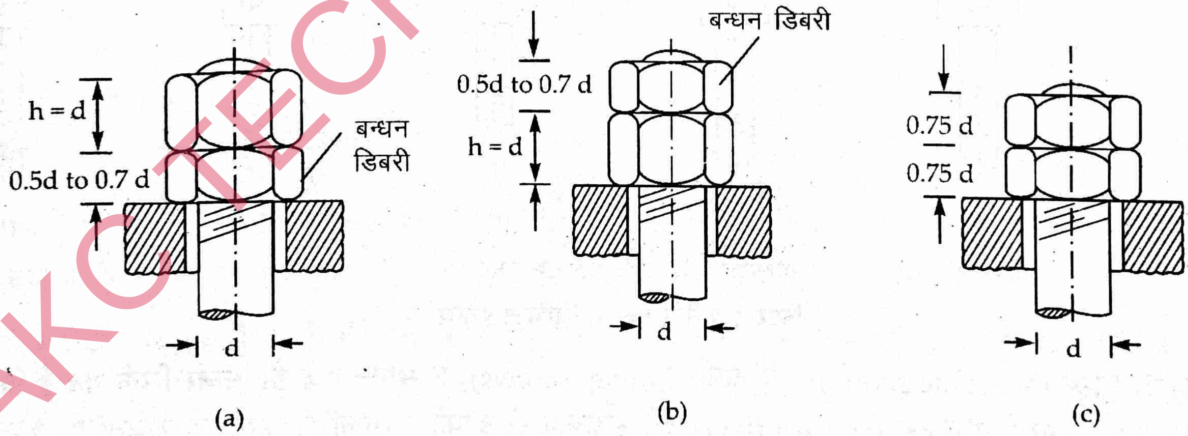
जहाँ D = उस शाफ्ट का व्यास (mm) में है, जिस पर सेट स्क्रू प्रयोग किया जाना है।

7.2.5 बन्धन युक्तियाँ (Locking Devices)

बन्धन युक्तियों का उपयोग ढिबरी को ढीली न होने देने के लिये किया जाता है। स्थैतिक बलों (static loads) के अन्तर्गत साधारणतया स्क्रू स्थिरक कसे रहते हैं किन्तु अधिक गति करने वाली मशीनी अवयवों में कम्पन के कारण स्क्रू स्थिरक या ढिबरी ढीली हो जाती है। स्क्रू स्थिरकों का ढीला होना एक खतरनाक अवस्था है, जिसको रोकना अति आवश्यक है।

अत: गति करने वाले मशीनी अवयवों में प्रयुक्त स्क्रू स्थिरकों के साथ अनेक प्रकार की बन्धन युक्तियाँ (locking devices) प्रयोग की जाती हैं। जो निम्न हैं—

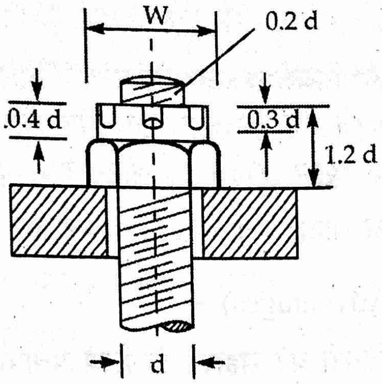
(i) बन्धन ढिबरी (Lock nut)—इसका प्रयोग सामान्य परिस्थितियों में किया जाता है। इसको चेक नट (check nut) भी कहते है। इस ढिबरी की मोटाई मुख्य ढिबरी की मोटाई के आधे से दो-तिहाई तक रखी जाती है। कभी-कभी दो बराबर ऊँचाई की ढिबरी लगाकर इसकी पूर्ति कर ली जाती है। देखिये चित्र 7.12 (a), (b), (c)।



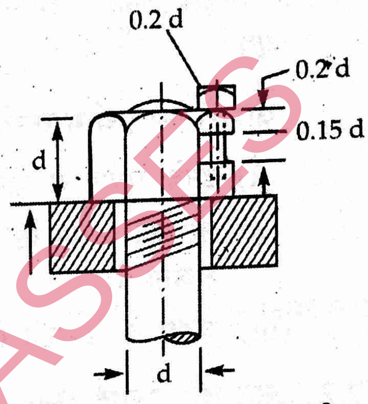
चित्र-7.12 बन्धन ढिबरी

(ii) कैसल ढिबरी (Castle nut)—इसमें एक समषटभुजाकार ढिबरी होती है जिसका ऊपरी भाग बेलनाकार होता है जिसके प्रत्येक सम्मुख पृष्ठ (face) में एक खाँचा बना होता है। ढिबरी में बने किन्हीं दो खाँचों एवं बोल्ट में बने छिद्र में से होकर एक स्पलिट पिन (split pin) लगाकर धनात्मक बन्ध (positive lock) प्राप्त किया जाता है। यह बन्धन युक्ति तब तक ढिबरी को ढ़ीली नहीं होने देती है जब तक पिन का कर्तन नहीं हो जाता है। इस बन्धन युक्ति का प्रयोग ऐसी परिस्थितियों में किया जाता है जहाँ दो जोड़े गये मशीनी अवयवों पर झटके लगते रहते हैं एवं अधिक कम्पन पैदा होते हैं। उदाहरण के रूप में आटोमोबाइल्स गाड़ियों में। देखिये चित्र 7.13।

AKC TECHNICAL CLASSES



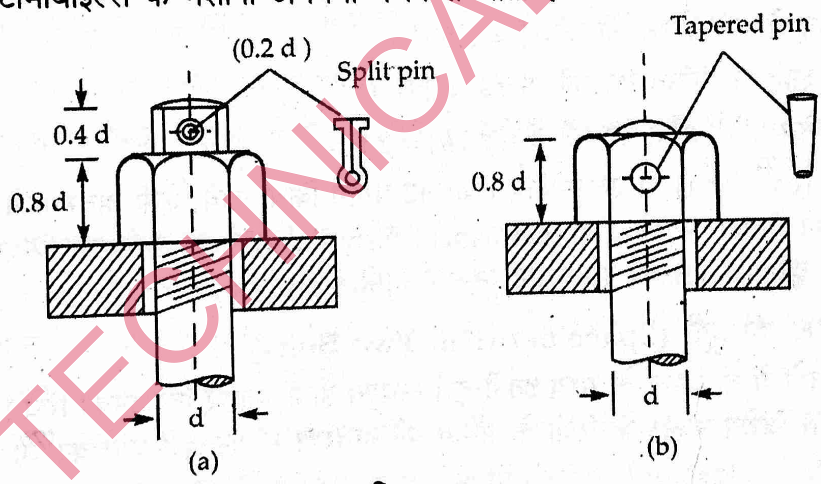
चित्र-7.13 कैसल ढिबरी



चित्र-7.14 आरी काट ढिबरी

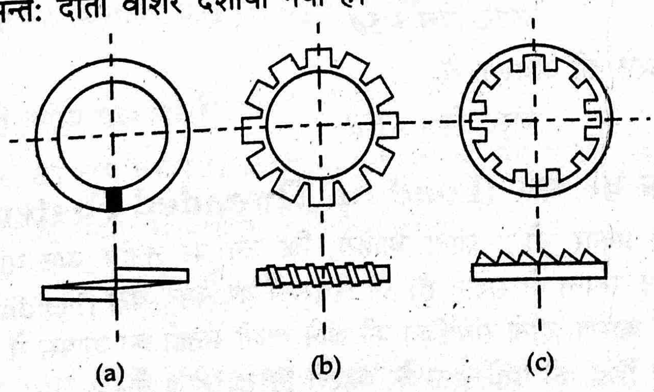
(iii) आरी काट ढिबरी (Sawn nut)—देखिये चित्र 7.14। इस ढिबरी में आधी लम्बाई में एक आरी का काट (cut) बना होता है। ढिबरी को बोल्ट पर कसने के बाद एक छोटा पेंच आरी काट वाले भाग पर चित्रानुसार कस दिया जाा है। जिसके कारण ढिबरी एवं बोल्ट में अधिक घर्षण उत्पन्न हो जाता है। जिसके कारण ढिबरी ढीली नहीं होती है।

(iv) प्रभागी पिन के द्वारा बन्धन (Locking with split pin)—चित्र 7.15 (a) व (b) का अवलोकन कीजिये। इस विधि में बोल्ट या नट व बोल्ट में चित्रानुसार छिद्र बनाकर एक प्रभागी पिन लगा दी जाती है। जिसके कारण ढिबरी ढीली नहीं होती है। इसका प्रयोग ऑटोमोबाइल्स के मशीनी अवयवों में किया जाता है।



चित्र-7.15

(v) बन्धन वाशर (Lock washer)—ढिबरी को ढीला न होने देने के लिये कभी-कभी बन्धक वाशरों का भी प्रयोग किया जाता है। देखिये चित्र 7.16 (a), (b), (c)। चित्र 7.16 (a) में कुण्डलीदार स्प्रिंग वाशर, चित्र 7.16 (b) में बाह्य दाँता वाशर तथा चित्र 7.16 (c) में अन्तः दाँता वाशर दर्शाया गया है।



चित्र-7.16

AKC TECHNICAL CLASSES

7.2.6 वाशर (Washer)

वाशर का प्रयोग बोल्ट हैड व सतह तथा ढिबरी व सतह के मध्य किया जाता है। यह एक पतली वृत्ताकार प्लेट होती है जिसके केन्द्र पर बोल्ट के व्यास से थोड़ा बड़ा एक वृत्ताकार छिद्र होता है। सामान्यतया,

वाशर का व्यास $(D) = 2 \times$ बोल्ट का व्यास

एवं वाशर की मोटाई $(t) = 0.15 \times$ बोल्ट का व्यास

वाशरों को प्रयोग करने के लाभ (Advantages)—

(i) इनके प्रयोग से बोल्ट हैड एवं ढिबरी को सहारने के लिये पर्याप्त क्षेत्रफल प्राप्त हो जाता है।

(ii) नट को कसने के कारण उत्पन्न दाब को जोड़े जाने वाली दोनों सतहों पर समान रूप से वितरित किया जा सकता है।

(iii) वाशर के उपयोग से बोल्ट हैड एवं सतह, ढिबरी तथा सतह के मध्य पकड़ मजबूत होती है।

7.2.7 नट की ऊँचाई (Height of Nut)

(i) जब नट एवं बोल्ट का पदार्थ समान है अर्थात् बोल्ट एवं नट नरम इस्पात (mild steel) के बने हैं।

नट की ऊँचाई $(h) =$ बोल्ट का व्यास (d)

(ii) जब नट का पदार्थ बोल्ट के पदार्थ से कमजोर है।

(a) तोप धातु से निर्मित नट की ऊँचाई $= 1.5\ d$

(b) ढलवाँ लोहे से निर्मित नट की ऊँचाई $= 2.0\ d$

(c) एल्यूमीनियम से निर्मित नट की ऊँचाई $(h) = 2.5\ d$

यदि ढलवाँ लोहा (cast iron) या एल्यूमीनियम का नट प्रयोग किया जाये, ऐसी अवस्था में V-चूड़ियों (V-threads) के बने बोल्ट एवं नट को केवल स्थायी जोड़ (permanent fastenings) में ही इस्तेमाल किया जायेगा क्योंकि बार-बार खोलने एवं कसने में ये चूड़ियाँ टूटने की सम्भावना अधिक होगी।

7.2.8 दो बोल्टों के बीच की दूरी (Space between Two Bolts)

साधारण परिस्थितियों में दो बोल्ट के मध्य इतनी दूरी अवश्य होनी चाहिए कि उनको रिंच (wrench) की सहायता से आसानी से कसा जा कसे। विशेष प्रकार के रिंचों के प्रयोग की अवस्था में यह दूरी कम की जा सकती है। यदि बोल्ट का सामान्य व्यास 'd' है, तो

(i) सामान्य जोड़ों के लिये,

दो बोल्ट केन्द्रों के मध्य दूरी या पिच $= 3d$ से $4d$ तक

(ii) भापरोधी जोड़ के लिये,

बोल्ट पिच $\ngtr 5d$

(iii) गैसकेट के प्रयोग करने की अवस्था में,

बोल्ट पिच $\ngtr 6d$

7.3 चूड़ीदार स्थिरक पर भार (Load on Threaded Fasteners)

चूड़ीदार स्थिरकों को इस प्रकार जोड़ा जाना चाहिये, कि उन पर तनाव बल या कर्तन बल उत्पन्न हो। विशेष परिस्थितियों में दोनो प्रकार के बल उत्पन्न हो सकते हैं। इन स्थिरकों पर नमन बल (bending load) शून्य या न्यूनतम होना चाहिये। नमन बल उत्पन्न होने का कारण, दोनों संयोजित की जाने वाली सतहों का आपस में सही प्रकार से सम्पर्क न होना है तथा बोल्ट की ऊर्ध्वाधर अक्ष का छिद्र की उत्क्रेन्द्रता के कारण तिरछा होना है—

AKC TECHNICAL CLASSES

चूड़ीदार स्थिरकों पर दो प्रकार के प्रतिबल उत्पन्न होते हैं।

(1) कसने के कारण उत्पन्न प्रारम्भिक प्रतिबल (Initial stresses due to tightening)।

(2) बाह्य बलों के कारण उत्पन्न प्रतिबल (Stresses due to external loading)।

(1) कसने के कारण उत्पन्न प्रारम्भिक प्रतिबल (Initial stresses due to tightening)—बोल्ट, स्क्रू या स्टड को कसने के कारण निम्न प्रकार के प्रतिबल उपजते हैं—

(i) बोल्ट स्क्रू या स्टड के खींचने के कारण तनाव प्रतिबल।

(ii) चूड़ी पर सम्पीडन या क्रसिंग प्रतिबल।

(iii) चूड़ी पर कर्तन प्रतिबल।

(iv) मरोड़ कर्तन प्रतिबल, चूड़ियों के मध्य घर्षण प्रतिरोध के कारण।

(v) नमन प्रतिबल (bending stress), जब संयोजित की जाने वाली दोनों सतह बोल्ट की ऊर्ध्वाधर अक्ष के लम्ब रूप न हो।

उपरोक्त किसी भी प्रतिबल का मान सही प्रकार से ज्ञात करना सम्भव नहीं है। अत: बोल्ट आदि सीधे तनाव प्रतिबल के आधार पर ही अभिकल्पित (design) किये जाते हैं। बोल्ट को इस प्रकार डिज़ाइन करने के लिये सुरक्षा गुणांक का मान अधिक लिया जाता है, जिससे उपरोक्त अज्ञात प्रतिबल भी अप्रत्यक्ष रूप में सम्मिलित हो जाते हैं।

किसी बोल्ट में आरम्भिक तनाव, प्रयोगों के आधार पर निम्न सूत्र से ज्ञात किया जाता है। यदि P_1 बोल्ट में उत्पन्न प्रारम्भिक तनाव (newton में) हों तथा d बोल्ट का सामान्य या दीर्घ व्यास मिमी में हो, तो

$$P_1 = Kd \text{ newton} \qquad \ldots(2)$$

जहाँ $K = 2840$ (तरल रोधी जोड़ के लिये), 1420 (साधारण परिस्थितियों में)

नोट—

(a) स्थिरांक 'K' का मान चूड़ी को कसने के परिमाण पर निर्भर करता है।

(b) छोटे व्यास के बोल्ट कसते समय टूट जाते हैं इसलिये M_{16} या M_{18} से कम व्यास के बोल्ट को तरल रोधी जोड़ के लिये प्रयोग नहीं करना चाहिए। M_{16} तथा M_{18} क्रमश: मीटरी रुक्ष 16 mm एवं 18 mm बोल्ट के दीर्घ व्यास (major diameter) को प्रदर्शित करता है।

(c) बोल्ट के सामान्य व्यास (nominal diameter) को, दीर्घ व्यास (major diameter) भी कहते हैं।

(2) बाह्य बलों के कारण उत्पन्न प्रतिबल (Stresses due to External forces)—चूड़ीदार स्थिरकों (threaded fastenings) पर दो प्रकार के बाह्य बल लग सकते हैं।

(a) तनाव बल (Tensile force)—यह बल इन्जन सिलिण्डर में गैसों या भाप के कारण सिलिण्डर हैड में लगे बोल्टों में उत्पन्न होते हैं। साधारण चूड़ीदार जोड़ों वाले स्थिरकों पर तनाव बल बाहर से भी लगाये जा सकते हैं। बोल्ट, स्टड एवं पेंचों की ऊर्ध्वाधर अक्ष के अनुरूप तनाव बल लगाये जाये, तो बोल्ट के पदार्थ में तनाव प्रतिबल उत्पन्न हो जाते हैं।

यदि P_2 = बाह्य तनाव बल (N में)।

d_c = बोल्ट का लघु व्यास (minor diameter) या कोर व्यास (core diameter) mm में।

σ_1 = बोल्ट के पदार्थ में उत्पन्न प्रतिबल (N/mm^2)

$$\therefore \qquad P_2 = \frac{\pi}{4} d_c^2 \times \sigma_t \qquad \ldots(2)$$

यदि बाह्य बल (P_2) को n बोल्टों द्वारा सहन किया गया है। तब

AKC TECHNICAL CLASSES

$$P_2 = \frac{\pi}{4} d_c^2 \times \sigma_t \times n \quad \text{...(3)}$$

रुक्ष चूड़ी (coarse threads) के सन्दर्भ में, लघु व्यास (minor diameter) एवं दीर्घ व्यास (major diameter) में निम्न सम्बन्ध होता है—

$$d_c = 0.84d \quad \text{...(4)}$$

फाईन चूड़ियों के लिये,

$$d_c = 0.88d \quad \text{...(5)}$$

जहाँ d = बोल्ट का दीर्घ व्यास (major diameter) है।

(b) कर्तन बल (Shear force)—कभी-कभी, बोल्टों का प्रयोग दो या अधिक मशीनी अवयवों के मध्य सापेक्ष गति को रोकने के लिये किया जाता है जैसा कि दो शॉफ्टों को फ्लैंज कपलिंग (flange coupling) के द्वारा जोड़ने में बोल्टों का प्रयोग किया जाता है। इस अवस्था में बोल्टों में कर्तन बल उत्पन्न हो जाते हैं। कर्तन प्रतिबलों को जहाँ तक सम्भव हो चूड़ीदार भाग में उत्पन्न नहीं होने देना चाहिये। इस स्थिति को प्राप्त करने के लिये फ्लैंज कपलिंग में बोल्टों को इस प्रकार लगाया जाए कि बाह्य कर्तन बल, बोल्ट की बॉडी (शैंक) पर लगे।

यदि $P_S = P_2$ = बोल्टों का लगा कुल कर्तन बल (N में)।

d = बोल्ट को दीर्घ व्यास (Major diameter) mm में।

n = बोल्टों की संख्या।

σ_s = बोल्टों के पदार्थ में अनुमेय कर्तन प्रतिबल (N/mm^2) में

$$P_2 = \frac{\pi}{4} d^2 \times \tau_S \times n \quad \text{...(6)}$$

नोट—

बोल्ट, स्टड या स्क्रू पर केवल तनाव बल या कर्तन बल कार्य करेगा। दोनों प्रकार के बल एक साथ कार्य करने वाले प्रश्न पुस्तक की सीमा से बाहर हैं।

7.3.1 बोल्ट पर परिणामी बल (Resultant Load on Bolt)

यदि बोल्ट को कसने का आरम्भिक बल (P_1) तथा बाह्य बल (P_2) दोनों एक साथ कार्य करते हों, तो बोल्ट पर परिणामी बल

$$P = P_1 + K'P_2 \quad \text{...(7)}$$

जहाँ K' = एक स्थिरांक (constant) है।

K' का मान जोड़ के प्रकार (type of joint) पर निर्भर करता है। इसका मान निम्न सारणी से लिया जा सकता है—

सारणी 7.1

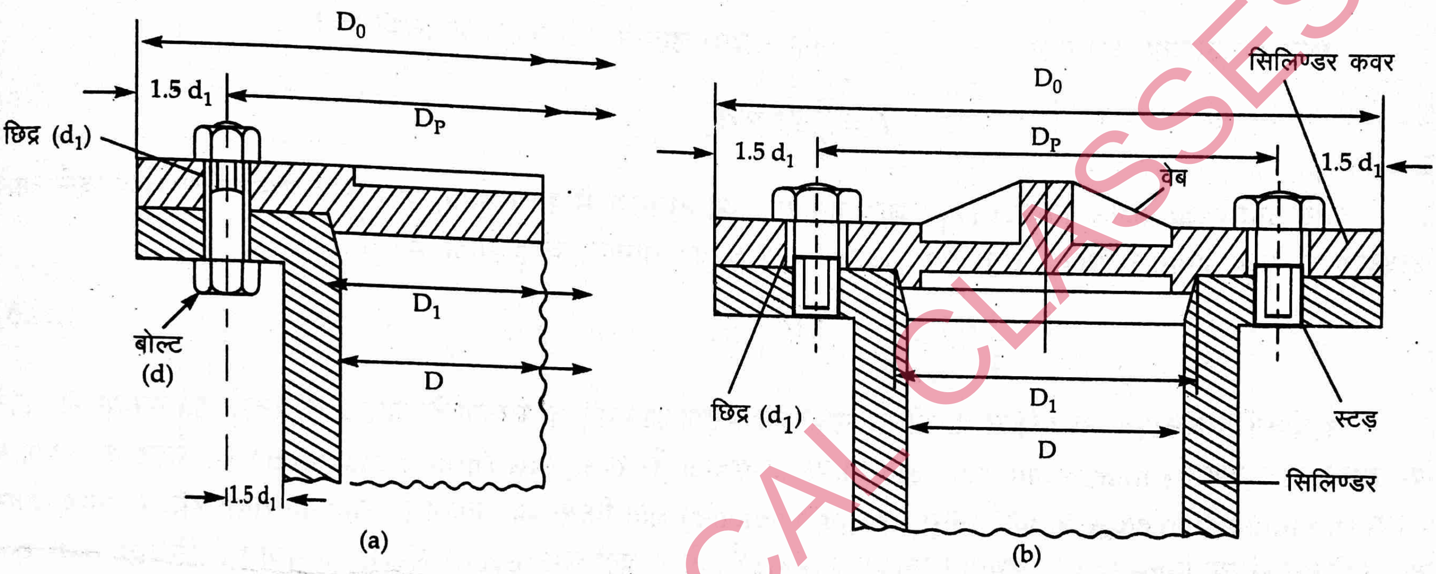
क्र०सं०	जोड़ का प्रकार	K'
1.	धातु से धातु का सम्पर्क	0.00 से 0.10 तक
2.	दोनों धातुओं के मध्य कठोर ताँबे का गैस्केट	0.25 से 0.50 तक
3.	दोनों धातुओं के मध्य मृदु ताँबे का गैस्केट	0.50 से 0.75 तक
4.	दोनों धातुओं के मध्य मृदु मोटा गैस्केट	0.75 से 1.00 तक

AKC TECHNICAL CLASSES

7.3.2 सिलिण्डर कवर के लिये बोल्ट या स्टड का अभिकल्पन

(Design of Studs or Bolts for Cylinder Cover)

इंजन के सिलिण्डर कवर को लगाने के लिये बोल्ट या स्टड का प्रयोग किया जाता है। चित्र 7.7 (a) व (b) का अवलोकन करते हैं।



चित्र-7.17

बोल्टों या स्टडों की संख्या व उनका व्यास ज्ञात करने के लिये निम्न विधि का अनुसरण करें—

यदि D = सिलिण्डर का व्यास (mm)।

D_1 = सिलिण्डर का प्रभावी व्यास (mm)।

$= (D + 5)$ mm

p = सिलिण्डर में गैसों या भाप की दाब तीव्रता (N/mm^2)

d_c = बोल्ट या स्टड का लघु व्यास (mm)।

n = बोल्ट या स्टड की संख्या।

σ_1 = बोल्ट या स्टड के पदार्थ में उत्पन्न तनाव प्रतिबल (N/mm^2)।

हम जानते हैं, कि गैसों या भाप के कारण कवर पर लगा बल

$$= \frac{\pi}{4} D_1^2 \times p \text{ newton}$$

इस बल का, n बोल्टों या स्टडों के द्वारा प्रतिरोध किया जायेगा। अतः प्रत्येक बोल्ट या स्टड पर लगा बल,

$$(P_2) = \frac{\pi}{4} D_1^2 \times \frac{p}{n} \quad ...(1)$$

AKC TECHNICAL CLASSES

यदि प्रत्येक बोल्ट या स्टड को कसने का आरम्भिक बल P_1 (newton) है, तो बोल्ट या स्टड पर परिणामी बल

$$P = P_1 + K'P_2 \quad \ldots(2)$$

एवं बोल्ट या स्टड द्वारा अधिकतम प्रतिरोधी बल

$$= \frac{\pi}{4} d_c^2 \times \sigma_t \quad \ldots(3)$$

बोल्ट पर लगाया गया बल = बोल्ट द्वारा उत्पन्न अधिकतम प्रतिरोधी बल

$$P = \frac{\pi}{4} d_c^2 \times \sigma_t \quad \ldots(4)$$

यदि आरम्भिक कसने का बल (P_1) शून्य हो। यह उस अवस्था में शून्य होगा, जब कोई गैस्केट दो जोड़े जाने वाले अवयवों के मध्य प्रयोग न किया जाये। इस अवस्था में जोड़ को सामान्य जोड़ माना जायेगा।

$$\frac{\pi}{4} D_1^2 \times \frac{P}{n} = \frac{\pi}{4} d_c^2 \times \sigma_t \quad \ldots(5)$$

उपरोक्त सम्बन्ध (4) या (5) से बोल्टों या स्टडों की संख्या ज्ञात की जा सकती है। बोल्टों या स्टडों की संख्या ज्ञात होने पर इनका लघु व्यास (minor diameter) ज्ञात किया जा सकता है। लघु व्यास (minor diameter) से बोल्ट का सामान्य व्यास (nominal diameter) या दीर्घ व्यास (major diameter) ज्ञात किया जा सकता है। यदि उपरोक्त सूत्र से प्राप्त बोल्ट या स्टडों की संख्या विषम (odd) अथवा भिन्न (fraction) है, तो अगली सम (even) संख्या का प्रयोग सिलिण्डर कवर को, सिलिण्डर से जोड़ने में किया जायेगा। सामान्यतया कवर पर बोल्टों की संख्या 2 या 3 के गुणकों में रखी जाती है।

साधारणतया बोल्टों या स्टडों को मैटल गैसकेट या ऐस्बेस्टस पैकिंग के साथ लीक प्रूफ जोड़ बनाने के लिये कसा जाता है। कसने के कारण बोल्ट या स्टड के पदार्थ में तनाव प्रतिबल उपजते हैं जिनके कारण सिलिण्डर में उत्पन्न भाप या गैस के दबाव के लगने के पूर्व ही, सिर्फ कसने के कारण ये टूट जाते हैं। अत: 16 mm से कम व्यास का बोल्ट या स्टड तरलरोधी जोड़ बनाने के लिये प्रयोग नहीं करना चाहिये।

जोड़ को कसने का परिमाण, बोल्टों या स्टडों के परिधीय पिच पर निर्भर करता है। परिधीय पिच $20\sqrt{d_1}$ व $30\sqrt{d_1}$ के मध्य होना चाहिये। जहाँ d_1 बोल्ट या स्टड के लिये बने छिद्र का व्यास है। पिच वृत्त व्यास (D_p) तथा कवर का बाह्य व्यास (D_0) का मान ($D_1 + 3d_1$) व ($D_1 + 6d_1$) के बराबर रखा जाता है।

7.3.3 पेंच चूड़ियों को प्रदर्शित करना (Designation of Screw Threads)

पेंच चूड़ियाँ विभिन्न मानक साइजों में बनाई जाती हैं। इनको क्रमश: मीटरी रूक्ष या मीटरी फाईन चूड़ियों के रूप में सारणी 7.2 में प्रदर्शित किया गया है।

यदि किसी रूक्ष चूड़ी वाले बोल्ट या स्टड को M_{12} के रूप में प्रदर्शित किया जाता है तो इसमें M का तात्पर्य यह है कि चूड़ियाँ मीटरी हैं तथा अगली संख्या बोल्ट या स्टड के सामान्य व्यास 12 mm को प्रदर्शित करती हैं।

इसी प्रकार फाईन चूड़ी वाले बोल्ट या स्टड को $M_{12 \times 1.25}$ के रूप में प्रदर्शित किया जायेगा। यहाँ M का तात्पर्य मीटरी चूड़ियों से है। अगली संख्या बोल्ट या स्टड के सामान्य व्यास 12 mm को प्रदर्शित करती है।

सामान्यतया: बोल्ट अभिकल्पन में सर्वप्रथम बोल्ट या स्टड पर कार्यरत बल को ज्ञात किया जाता है। इसके पश्चात् बल व सूत्रों की सहायता से उसका क्षेत्रफल ज्ञात किया जाता है। क्षेत्रफल के आधार पर बोल्ट के साइज को सारणी की सहायता से ज्ञात कर लेते हैं। यदि गणना द्वारा प्राप्त क्षेत्रफल वाले बोल्ट का व्यास सारणी में उपलब्ध नहीं है, तो अगले व्यास वाले बोल्ट का चुनाव किया जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

सारणी 7.2

पेंच, चूड़ियाँ, बोल्ट एवं नट की विमायें IS : 1362-1962 के अनुसार

पद	पिच mm	नट एवं बोल्ट का दीर्घ व्यास या सामान्य व्यास $(d = D)$ mm	नट एवं बोल्ट का प्रभावी या पिच व्यास (d_p) mm	लघु या कोर व्यास (d_c) mm		चूड़ी की गहराई (बोल्ट) mm	प्रतिबल क्षेत्रफल mm^2
				बोल्ट	नट		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Course series							
M 0.4	0.1	0.400	0.335	0.277	0.292	0.061	0.074
M 0.6	0.15	0.600	0.503	0.416	0.438	0.092	0.166
M 0.8	0.2	0.800	0.670	0.555	0.584	0.123	0.295
M 1	0.25	1.000	0.838	0.693	0.729	0.153	0.460
M 1.2	0.25	1.200	1.038	0.893	0.929	0.158	0.732
M 1.4	0.3	1.400	1.205	1.032	1.075	0.184	0.983
M 1.6	0.35	1.600	1.373	1.171	1.221	0.215	1.27
M 1.8	0.35	1.800	1.573	1.371	1.421	0.215	1.70
M 2	0.4	2.000	1.740	1.509	1.567	0.245	2.07
M 2.2	0.45	2.200	1.908	1.648	1.713	0.276	2.48
M 2.5	0.45	2.500	2.208	1.948	2.103	0.276	3.39
M 3	0.5	3.000	2.675	2.387	2.459	0.307	5.03
M 3.5	0.6	3.500	3.110	2.764	2.850	0.368	6.78
M 4	0.7	4.000	3.545	3.141	3.242	0.429	8.78
M 4.5	0.75	4.500	4.013	3.580	3.688	0.460	11.3
M 5	0.8	5.000	4.480	4.019	4.134	0.491	14.2
M 6	1	6.000	5.350	4.773	4.918	0.613	20.1
M 7	1	7.000	6.350	5.773	5.918	0.613	28.9
M 8	1.25	8.000	7.188	6.466	6.647	0.767	36.6
M 10	1.5	10.000	9.026	8.160	8.876	0.920	58.3
M 12	1.75	12.000	10.863	9.858	10.106	1.074	84.0
M 14	2	14.000	12.701	11.546	11.835	1.227	115
M 16	2	16.000	14.701	13.546	13.835	1.227	157
M 18	2.5	18.000	16.376	14.933	15.294	1.534	192
M 20	2.5	20.000	18.376	16.933	17.294	1.534	245
M 22	2.5	22.000	20.376	18.933	19.294	1.534	303
M 24	3	24.000	22.051	20.320	20.752	1.840	353
M 27	3	27.000	25.051	23.320	23.752	1.840	459
M 30	3.5	30.000	27.727	25.706	26.211	2.147	561

AKC TECHNICAL CLASSES

पद	पिच mm	नट एवं बोल्ट का दीर्घ व्यास या सामान्य व्यास ($d = D$) mm	नट एवं बोल्ट का प्रभावी या पिच व्यास (d_p) mm	लघु या कोर व्यास (d_c) mm		चूड़ी की गहराई (बोल्ट) mm	प्रतिबल क्षेत्रफल mm^2
				बोल्ट	नट		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
M 33	3.5	33.000	30.727	28.706	29.211	2.147	694
M 36	4	36.000	33.402	31.093	31.670	2.454	817
M 39	4	39.000	36.402	34.093	34.670	2.454	976
M 42	4.5	2.000	39.077	36.416	37.129	2.760	1.104
M 45	4.5	45.000	42.077	39.416	40.129	2.760	1.300
M 48	5	48.000	44.752	41.795	42.587	3.067	1.465
M 52	5	52.000	48.752	45.795	46.587	3.067	1.755
M 56	5.5	56.000	52.428	49.177	50.046	3.067	2.022
M 60	5.5	60.000	56.428	53.177	54.046	3.374	2.360
Fine series							
M 8 × 1	1	8.000	7.350	6.773	6.918	0.613	39.2
M 10 × 1.25	1.25	10.000	9.188	8.466	8.647	0.767	61.6
M 12 × 1.25	1.25	12.000	11.184	10.466	10.647	0.767	92.1
M 14 × 1.5	1.5	14.000	13.026	12.160	12.376	0.920	125
M 16 × 1.5	1.5	16.000	15.026	14.160	14.376	0.920	167
M 18 × 1.5	1.5	18.000	17.026	16.160	16.376	0.920	216
M 20 × 1.5	1.5	20.000	19.026	18.160	18.376	0.920	272
M 22 × 1.5	1.5	22.000	21.026	20.160	20.376	0.920	333
M 24 × 2	2	24.000	22.701	21.546	21.835	1.227	384
M 27 × 2	2	27.000	25.701	24.546	24.835	1.227	496
M 30 × 2	2	30.000	28.701	27.546	27.835	1.227	621
M 33 × 2	2	33.000	31.701	30.546	30.835	1.227	761
M 36 × 3	3	36.000	34.051	32.319	32.752	1.840	865
M 39 × 3	3	39.000	37.051	35.319	35.752	1.840	1.028

उदाहरण 7.1—एक M 30 साइज के बोल्ट के लिये सुरक्षित तनाव ज्ञात कीजिये। बोल्ट पदार्थ का सुरक्षित अनुमेय तनाव प्रतिबल 42 N/mm² है।

हल—दिया है,

(i) बोल्ट का दीर्घ व्यास = 30 mm

(ii) सुरक्षित अनुमेय तनाव प्रतिबल $(\sigma_t) = 42 \text{ N/mm}^2$

(iii) सुरक्षित तनाव बल $(F_t) = ?$

AKC TECHNICAL CLASSES

सारणी 7.2 से,

चूड़ी के सबसे नीचे का क्षेत्रफल $= 561 \text{ mm}^2$

हम जानते हैं कि,

$$\text{सुरक्षित तनाव बल } (F_t) = \text{प्रतिबल सहन करने वाली अनुप्रस्थ काट} \times \sigma_t$$
$$= 561 \times 42$$
$$= 23562 \text{ N}$$ उत्तर

उपरोक्त प्रश्न को हल करते समय हमने यह माना है, कि बोल्ट का आरम्भिक कसने का बल शून्य है।

उदाहरण 7.2—दो मशीनी अवयवों को 20 mm के टैप बोल्ट के द्वारा जोड़ा गया है। यदि दो अवयवों को अलग करने के लिये बल को शून्य माना जाये, तो आरम्भिक कसने के कारण बोल्ट के पदार्थ में उत्पन्न प्रतिबल ज्ञात कीजिये।

हल—दिया है,

(i) टैप बोल्ट का दीर्घ व्यास (Major diameter) = 20 mm

(ii) बोल्ट के पदार्थ में उत्पन्न प्रतिबल $(\sigma_t) = ?$

बोल्ट का लघु व्यास (Minor diameter) या कोर व्यास (Core diameter)

$$d_c = 0.84 \times 20$$
$$d_c = 16.80 \text{ mm}$$

सारणी 7.2 से, कोर व्यास $(d_c) = 16.933$ mm प्राप्त होता है। अत: प्रश्न को गणना व सारणी के द्वारा प्राप्त लघु व्यास में से, अधिक परिमाण वाले लघु व्यास को लेकर हल करना अधिक सुरक्षित होगा।

$$\text{आरम्भिक कसने के कारण बल } (P_1) = 2840\,d$$
$$= 2840 \times 20$$
$$= 56800 \text{ newton}$$

प्रश्नानुसार बाह्य बल $(P_2) = 0$ है।

अत:
$$P_1 = \frac{\pi}{4} d_c^2 \times \sigma_t$$
$$56800 = \frac{\pi}{4} (16.933)^2 \times \sigma_t$$
$$\sigma_t = \frac{56800 \times 4}{3.14 \times (16.933)^2}$$
$$= \mathbf{252.35 \ N/mm^2}$$ उत्तर

उदाहरण 7.3—एक हाइड्रोलिक सिलेण्डर (hydraulic cylinder) का कवर दो बोल्टों से कसा है। सिलेण्डर का आंतरिक व्यास (internal diameter) 40 mm है। पानी का दाब 5 N/mm² है। यदि बोल्ट पदार्थ का अनुमेय सुरक्षित प्रतिबल 40 N/mm² हो, तो उनका व्यास ज्ञात कीजिये।

हल—दिया है,

(i) सिलेण्डर का आंतरिक व्यास $(D) = 40$ mm

(ii) पानी का दाब $(p) = 5 \text{ N/mm}^2$

(iii) अनुमेय सुरक्षित प्रतिबल $(\sigma_t) = 40 \text{ N/mm}^2$

AKC TECHNICAL CLASSES

(iv) बोल्ट का लघु व्यास $(d_c) = ?$

सिलेण्डर का प्रभावी व्यास $(D_1) = (D+5)$ mm $= (40+5) = 45$ mm

$$\text{बोल्टों पर कुल पानी का दाब} = p \times \frac{\pi}{4} D_1^2$$

$$= 5 \times \frac{\pi}{4}(45)^2 = 7948.125 \text{ N}$$

$$\text{एक बोल्ट द्वारा सहन किया गया बल } (p_2) = \frac{7948.125}{2} = \mathbf{3974.062 \text{ N}}$$

$$\text{बोल्ट के पदार्थ का प्रतिरोधी बल} = \frac{\pi}{4} d_c^2 \times \sigma_t$$

अत:

$$3974.062 = \frac{\pi}{4} d_c^2 \times \sigma_t$$

$$3974.062 = \frac{\pi}{4} d_c^2 \times 40$$

$$d_c = \sqrt{\frac{3974.062 \times 4}{\pi \times 40}}$$

$$= \sqrt{126.56} = 11.25 \text{ mm}$$

$$\text{बोल्ट की चूड़ी का क्षेत्रफल} = \frac{\pi}{4}(11.25)^2 = 99.351 \text{ mm}^2$$

सारणी 7.2 से बोल्ट का साइज $M_{16} \times 1.5$ है।

∴ **बोल्ट का व्यास = 16 mm** उत्तर

यहाँ इस प्रश्न में आरम्भिक बोल्टों को कसने का बल शून्य माना है क्योंकि सिलेण्डर कवर को सिलेण्डर के साथ बिना गेस्केट, सामान्य अवस्था में कसा गया है।

उदाहरण 7.4—दो शाफ्टों को जो 25000 N-mm का मरोड़ घूर्ण पारेषित कर रही है, को फ्लेंज कपलिंग के द्वारा जोड़ा गया है। फ्लेंज कपलिंग में चार बोल्ट लगे हैं जिनका पदार्थ कपलिंग के पदार्थ के समान है। बोल्टों का पिच वृत्त व्यास 60 mm है। यदि बोल्ट के पदार्थ के लिये अनुमेय कर्तन प्रतिबल 30 N/mm² हो, तो बोल्ट का प्राप्त साइज ज्ञात कीजिये।

हल—दिया है,

(i) पारेषित किया गया मरोड़ घूर्ण $(T) = 25 \times 10^3$ N-m

(ii) बोल्टों की संख्या $(n) = 4$

(iii) बोल्टों का पिच वृत्त व्यास $(D_p) = 60$ mm

(iv) अनुमेय कर्तन प्रतिबल $(\tau) = 30 \text{ N/mm}^2$

हम जानते हैं, कि

$$\text{फ्लैंज कपलिंग पर कार्यरत कर्तन बल (Shearing Force) } P_S = \frac{25000}{\frac{D_p}{2}} = \frac{25000 \times 2}{60} = 833.3 \text{ N}$$

यहाँ यह कर्तन बल, बाह्य बल के रूप में कार्य करेगा।

AKC TECHNICAL CLASSES

$$P_S = \frac{\pi}{4} d^2 \times \tau \times n$$

$$833.3 = \frac{\pi}{4} d^2 \times 30 \times 4$$

$$d^2 = \frac{833.3 \times 4}{3.14 \times 30 \times 4}$$

$$d^2 = 8.846$$

अत: $\mathbf{d = 2.974\ mm}$ **उत्तर**

सारणी 7.2 से दीर्घ व्यास 3.00 mm तथा बोल्ट का साइज M_3 प्राप्त होता है अर्थात् बोल्ट का सामान्य व्यास (nominal diameter) या दीर्घ व्यास (major diameter) 3 mm रखा जायेगा। इस प्रश्न में आरम्भिक कसने के बल (P_1) को शून्य माना गया है क्योंकि दोनों फ्लैंजों को सामान्य अवस्था में कसा गया है।

उदाहरण 7.5—एक भाप इंजन के सिलेण्डर कवर को 14 बोल्ट के द्वारा, सिलेण्डर के साथ जोड़ा गया है। सिलेण्डर का प्रभावी व्यास 350 mm तथा भाप की दबाव तीव्रता 0.85 N/mm^2 है। यह मानते हुए कि बोल्टों में कसने के कारण उत्पन्न आरम्भिक बल शून्य है। बोल्ट का साइज ज्ञात कीजिये, जबकि बोल्ट के पदार्थ में अधिकतम तनाव प्रतिबल 20 N/mm^2 हो।

हल—दिया है,

(i) सिलेण्डर का प्रभावी व्यास $(D_1) = 350$ mm

(ii) भाप की दबाव तीव्रता $(p) = 0.85$ N/mm^2

(iii) बोल्टों की संख्या = 14

(iv) कसने के कारण उत्पन्न बल $(P_1) = 0$

(v) अधिकतम तनाव प्रतिबल $(\sigma_t) = 20$ N/mm^2

भाप का कुल दाब $(P_2) = \frac{\pi}{4} D_1^2 \times p = \frac{\pi}{4} \times (350)^2 \times 0.85 = 81738.125$ N

प्रत्येक बोल्ट द्वारा सहा गया बल $(P_2) = \frac{81738.125}{14} = 5838.437$ N

हम जानते हैं, कि

$$5838.437 = \frac{\pi}{4} d_c^2 \times \sigma_t$$

जहाँ d_c = बोल्ट का लघु व्यास (Core diameter) है।

$$5838.437 = \frac{3.14}{4} \times d_c^2 \times 20$$

$$d_c^2 = \frac{5838.4375 \times 4}{3.14 \times 20}$$

$$d_c^2 = 371.8$$

$\mathbf{d_c = 19.28\ mm}$ **उत्तर**

सारणी 7.2 से मानक लघु व्यास **20.32 mm** है। इसलिये **20.32 mm** के लघु व्यास के लिये बोल्ट का साइज M_{24} है।

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 7.6—किसी इस्पात की बनी संरचना में प्रयुक्त प्रत्येक बोल्ट पर 10 kN का भार आता है। यह बोल्ट प्रारम्भ में 6 kN के आरम्भिक भार द्वारा कसे गये हैं। इस बोल्ट के व्यास की गणना कीजिये, यदि अनुमेय तनन प्रतिबल 60 MPa हो। इस बोल्ट के लिये वाशर के आकार की भी गणना कीजिये, यदि अनुमेय संदलन प्रतिबल 100 MPa हो। जोड़ का दुर्नम्यता गुणांक $K = 0.2$ मान लीजिए।

हल—दिया है,

(i) बोल्ट पर प्रारम्भिक भार $(P_1) = 6\ \text{kN}$

(ii) बोल्ट पर बाह्य भार $(P_2) = 10\ \text{kN}$

(iii) बोल्ट के पदार्थ में अनुमेय तनन-प्रतिबल $(\sigma_t) = 60\ \text{MPa} = 60\ \text{N/mm}^2$

(iv) वाशर के लिये संदलन प्रतिबल $(\sigma_c) = 10\ \text{MPa} = 10\ \text{N/mm}^2$

(v) दुर्नम्यता गुणांक $(K) = 0.2$

(vi) बोल्ट का व्यास $(d) = ?$

(vii) वाशर का आकार अर्थात् बाह्य व्यास (D), अन्तः व्यास (d) व मोटाई $(t) = ?$

$$\text{बोल्ट पर परिणामी बल } (P) = P_1 + KP_2 = 6 + 0.2 \times 10 = 8\ \text{kN}$$

अतः बोल्ट का कोर व्यास (d_c)

$$\frac{\pi}{4} d_c^2 \times \sigma_t = 8 \times 10^3$$

$$\frac{\pi}{4} d_c^2 \times 60 = 8 \times 10^3$$

$$d_c = \sqrt{\frac{8 \times 10^3 \times 4}{3.14 \times 60}}$$

$$d_c = 13.032\ \text{mm}$$

एवं $$\text{बोल्ट का दीर्घ व्यास } (d) = \frac{13.032}{0.84} = \mathbf{15.515\ mm}$$

सारणी 7.2 से, M_{16} साइज का बोल्ट प्रयोग किया जायेगा। **उत्तर**

$$\text{वाशर का बाह्य व्यास } (D) = 2d = 2 \times 16 = 32\ \text{mm}$$

$$\text{वाशर का अन्तःव्यास } (d) = 16\ \text{mm}$$

$$\text{वाशर की मोटाई } (t) = 0.15d = 0.15 \times 16 = 2.4\ \text{mm}$$

$$\text{बोल्ट पर परिणामी बल } (P) = 8\ \text{kN}$$

अतः इस वाशर को 8 kN का भार लेने में समर्थ होना चाहिये। वाशर की संपीडन बल लेने की सामर्थ्य,

$$P = \frac{\pi}{4}(32^2 - 16^2) \times 2.4 \times 10$$

$$= 0.785 \times 768 \times 2.4 \times 10 = 14469.12\ \text{N}$$

$$= \mathbf{14.469\ kN}$$ **उत्तर**

क्योंकि वाशर 14.469 kN का भार सहन कर सकता है, जबकि प्रत्येक बोल्ट पर लगा भार 8 kN है। अतः वाशर की अभिकल्पन सही है।

AKG TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 7.7—एक भाप इंजन के सिलेण्डर हैड पर 0.7 N/mm^2 का भाप दबाव लग रहा है। इसको सिलेण्डर के साथ 12 बोल्टों के द्वारा जोड़ा गया है। एक नरम ताँबे की गैस्केट (Soft Copper Gasket) का प्रयोग जोड़ को लीक-प्रूफ (leak proof) बनाने के लिये किया गया है। सिलेण्डर का प्रभावी व्यास 300 mm है। यदि बोल्ट के पदार्थ में उत्पन्न तनाव प्रतिबल 100 N/mm^2 हो, तो बोल्टों का साइज ज्ञात कीजिये।

हल—दिया है,

(i) सिलेण्डर हैड पर दाब तीव्रता $(p) = 0.7\ N/mm^2$

(ii) सिलेण्डर का प्रभावी व्यास $(D_1) = 300\ mm$

(iii) बोल्टों की संख्या $(n) = 12$

(iv) बोल्ट के पदार्थ में उत्पन्न तनाव प्रतिबल $(\sigma_t) = 100\ N/mm^2$

हम जानते हैं, कि

$$\text{भाप का कुल दबाव} = \frac{\pi}{4} D_1^2 \times p$$

$$= \frac{\pi}{4} (300)^2 \times 0.7$$

$$= 49455\ N$$

$$\text{प्रत्येक बोल्ट पर बाह्य बल } (P_2) = \frac{49455}{12}$$

$$= 4121.25\ N$$

प्रत्येक बोल्ट को आरम्भिक कसने का बल $(P_1) = 2840\, d\ N$

(यहाँ d = बोल्ट का सामान्य व्यास mm में है।)

अत: बोल्ट पर परिणामी अक्षीय बल

$$P = P_1 + K'P_2$$

$$= 2840\, d + 0.5 \times 4121.25$$

$$= (2840\, d + 2060.625)\ N$$

सारणी 7.1 से, मृदु ताँबे को गैस्केट के लिये $K' = 0.5$ प्रयोग किया जायेगा।

अब निम्न सूत्र को प्रयोग करने पर,

$$P = \frac{\pi}{4} d_c^2 \sigma_t$$

$$(2840d + 2060.625) = \frac{\pi}{4} d_c^2 \times 100$$

$$78.5 d_c^2 - 2480\, d = 2060.625$$

उपरोक्त समीकरण में $d_c = 0.84\, d$ रखने पर,

$$78.5\ (0.84\, d)^2 - 2840\, d = 2060.625$$

$$55.389\ d^2 - 2840\, d = 2060.625$$

उपरोक्त समीकरण को हल करने पर,

$$d = \frac{2840 \pm \sqrt{(-2840)^2 + 4 \times 55.389 \times 2060.625}}{2 \times 55.389}$$

$$= 2840 + \frac{\sqrt{8065600 + 456548.77}}{110.779}$$

$$= \frac{2840 + 2919.271}{110.779}$$ (धनात्मक चिह्न लेने पर)

$= 51.988$ या **52 mm** उत्तर

सारणी 7.2 से 51.988 mm से अधिक 52 mm दीर्घ व्यास को बोल्ट उपलब्ध है।

अत: हम M_{52} व्यास का बोल्ट प्रयोग करेंगे।

उदाहरण 7.8—एक भाप इंजन के सिलेण्डर का व्यास 300 mm है। इसमें 1.5 N/mm² पर भाप का दबाव लग रहा है। सिलण्डर कवर पर 8 बोल्टों, जिनका साइज M_{20} है, का प्रयोग किया गया है। जोड़ को लीक-प्रूफ (leak proof) बनाने के लिये ताँबे की नरम गैस्केट का प्रयोग किया गया है। बोल्ट के पदार्थ में उत्पन्न प्रतिबलों को ज्ञात कीजिये।

हल—दिया है,

(i) सिलेण्डर का व्यास $(D) = 300$ mm

(ii) भाप की दाब तीव्रता $(p) = 1.5 \text{ N/mm}^2$

(iii) बोल्टों की संख्या $(n) = 12$

(iv) बोल्टों का साइज $= M_{20}$

(v) बोल्ट के पदार्थ में उत्पन्न प्रतिबल $(\sigma_t) = ?$

सिलेण्डर का प्रभावी व्यास $(D_1) = (300 + 5)$ mm $= 305$ mm

भाप का कुल दाब $= \frac{\pi}{4} D_1^2 \times p$

$$= \frac{\pi}{4} \times 305^2 \times 1.5 \text{ N} = 109536.93 \text{ N}$$

प्रत्येक बोल्ट पर लगा बल $(P_2) = \frac{109536.93}{8} = 13692$ N

कसने के कारण बोल्ट पर आरम्भिक बल, $P_1 = 2840\, d$

$= 2840 \times 20$

$= 56800$ N

परिणामी बल $(P) = P_1 + K'P_2$ यहाँ $K' = 0.5$ (सारणी 7.1 से)

$= 56800 + 0.5 \times 13692$

$= 56800 + 6846$

$= 63646$ N

सारणी 7.2 से, M_{20} बोल्ट का प्रतिबल क्षेत्रफल (stress area) 245 mm² है। अत:

AKC TECHNICAL CLASSES

यदि बोल्ट के पदार्थ में उत्पन्न तनाव प्रतिबल (σ_t) है, तब

$$245 \times \sigma_t = 63646$$

$$\sigma_t = 259.78 \text{ N/mm}^2$$

उत्तर

उदाहरण 7.9—एक भाप इंजन में अधिकतम दाब 1 N/mm² परम तथा पश्च दाब 0.014 N/mm² है। सिलेण्डर का व्यास 300 mm है। पिस्टन दण्ड के लिये चूड़ींदार सिरे का व्यास ज्ञात कीजिये, जबकि तनाव में मृदु इस्पात का अनुमेय प्रतिबल 45 N/mm² है। चूड़ीदार सिरे का कोर व्यास, नामिनल व्यास का 0.84 गुणा है।

हल—

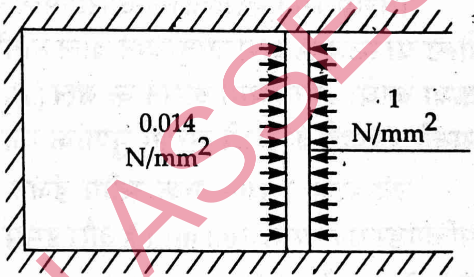
(i) सिलेण्डर में भाप दबाव तीव्रता $(p) = 1 \text{ N/mm}^2$

(ii) सिलेण्डर के पश्च दाब तीव्रता $(p_b) = 0.014 \text{ N/mm}^2$

(iii) सिलेण्डर का व्यास $(D) = 300$ mm

(iv) अनुमेय तनाव प्रतिबल $(\sigma_t) = 45 \text{ N/mm}^2$

(v) चूड़ीदार सिरे का कोर व्यास $(d_c) = 0.84 \times$ नामिनल व्यास (d)



चित्र-7.18

क्योंकि भाप इंजन द्वि-क्रिया (double acting) होते हैं। अत: पिस्टन के दोनों ओर की दबाव तीव्रता प्रश्न में दी गई है। छड़ में तनाव प्रतिबल की स्थिति तब उत्पन्न होगी जब पिस्टन सिलेण्डर के दाएँ सिरे से बाएँ सिरे की ओर गति करेगा। इस स्थिति को चित्र 7.18 में दर्शाया गया है।

$$\text{पिस्टन के दाँयी ओर का क्षेत्रफल} = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$$

$$= \frac{\pi}{4}(300^2 - d^2) \text{ mm}^2$$

$$\text{पिस्टन के बायीं ओर कार्य शुद्ध बल} = \left[\frac{\pi}{4}(300^2 - d^2) \times 1 - \frac{\pi}{4}(300)^2 \times 0.014\right] \text{N}$$

$$= (69660.9 - 0.785\, d^2) \text{ N}$$

यदि d_c = पिस्टन छड़ की चूड़ियों का लघु व्यास (minor diameter) है। तब, तनाव सहने वाला पिस्टन छड़ का क्षेत्रफल

$$= \frac{\pi}{4} d_c^2 \times \sigma_t$$

अत:

$$69660.9 - 0.785\, d^2 = \frac{\pi}{4} d_c^2 \times \sigma_t$$

$$69660.9 - 0.785\, d^2 = 0.785 \times 45 \times d_c^2$$

हम जानते हैं, कि $d_c = 0.84\, d$ है, जहाँ 'd' चूड़ियों का दीर्घ व्यास है।

$$69660.9 - 0.785\, d^2 = 0.785 \times 45 \times (0.84d)^2$$

$$69660.9 - 0.785\, d^2 = 24.92 d^2$$

$$0.785\, d^2 + 24.92\, d^2 = 69660.9$$

$$25.71\, d^2 = 69660.9$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$d^2 = 2709.45$$

$$\mathbf{d = 52\ mm}$$ उत्तर

एवं
$$d_c = 0.84 \times 52$$

$$= \mathbf{43.72\ mm}$$ उत्तर

इस प्रश्न में पिस्टन को पिस्टन छड़ के साथ सामान्य अवस्था में कसा माना गया है। अतः आरम्भिक कसने का बल (P_1) शून्य लिया गया है।

विशेष (Important)—आरम्भिक कसने के बल (P_1) को उसी अवस्था में गणना में सम्मिलित करेंगे, जबकि बोल्ट या स्टड के द्वारा जोड़े जाने वाले दोनों मशीनी अवयवों के मध्य गैस्केट का प्रयोग, तरल रोधी जोड़ बनाने के लिये किया जाये। आरम्भिक कसने के बल (P_1) को ज्ञात करने के लिये कोई मानक सूत्र हमें अभी तक ज्ञात नहीं है अतः इसकी भरपाई के लिये सुरक्षा गुणांक का मान अधिक लिया जाता है।

उदाहरण 7.10—एक स्टीम इंजन के सिलिण्डर कवर (cylinder cover) को 12 स्टडों में कसा गया है। सिलिण्डर का व्यास 300 mm है और इसमें कार्य करने वाला भाप दाब 1.1 N/ mm^2 गेज है। स्टडों के व्यास की गणना कीजिये। अनुमेय प्रतिबल का मान 228 N/ mm^2 है।

हल—दिया है,

(i) सिलेण्डर का आन्तरिक व्यास $(D) = 300$ mm

(ii) भाप का दाब $(p) = 1.1$ N/ mm^2

(iii) सिलेण्डर कवर पर स्टडों की संख्या $= 12$

(iv) अनुमेय प्रतिबल $(\sigma_t) = 228$ N/ mm^2

(v) स्टड का लघु व्यास $(d_c) = ?$

सिलेण्डर का प्रभावी व्यास $(D_1) = (D + 5)$ mm

$$= (300 + 5) = 305 \text{ mm}$$

भाप का दाब $= 1.1$ N/ mm^2

सिलेण्डर कवर पर लगने वाला कुल दाब, $P_2 = \frac{\pi}{4} D_1^2 \times p$

$$= \frac{\pi}{4}(305)^2 \times 1.1$$

$$= 80327 \text{ N}$$

यह दाब 12 स्टडों द्वारा सहन किया जायेगा। अतः एक स्टड द्वारा सहन किया गया भाप दाब

$$P_2' = \frac{80327}{12} = 6693.9 \text{ N}$$

स्टड को आरम्भिक कसने के कारण एक स्टड पर दाब

$$P_1 = 2840d$$

$$= 2840 \times \left(\frac{d_c}{0.84}\right)$$

$$= 3380.9\, d_c \text{ newton}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

सारणी 7.1 से, जोड़ को लीक प्रूफ बनाने के लिये मृदु ताँबे की गैस्केट के लिये $K' = 0.5$ लेने पर, एक बोल्ट पर परिणामी दाब

$$P = P_1 + K'P_2$$
$$= (3380.9 d_c + 0.5 \times 6693.9)\ \text{N}$$
$$= (3380.9\, d_c + 3346.95)\ \text{N}$$

अब निम्न सूत्र को प्रयोग करने पर,

$$\frac{\pi}{4} d_c^2 \times \sigma_t = 3380.9 d_c + 3346.95$$
$$0.785 \times d_c^2 \times 228 = 3380.9\, d_c + 3346.95$$
$$178.98 d_c^2 - 3380.9\, d_c - 3346.95 = 0$$
$$d_c = \frac{+3380.9 \pm \sqrt{(3380.9)^2 + 4 \times 178.98 \times 3346.95}}{2 \times 178.98}$$
$$= \frac{3380.9 \pm 3718.41}{357.96}$$
$$= \frac{7099.31}{357.96} = 19.83\ \text{mm}$$
$$\simeq \mathbf{20\ mm}$$
$$d = \frac{d_c}{0.84} = \frac{20}{0.84} = 23.8\ \text{mm}\ (\text{दीर्घ व्यास}) \quad \text{उत्तर}$$

अत: सारणी 7.2 (IS-1362-1962) के अनुसार M_{24} साइज के स्टड को प्रयोग करेंगे।

उदाहरण 7.11—एक भाप इन्जन सिलेण्डर का प्रभावी व्यास 350 mm है तथा सिलेण्डर कवर पर भाप का अधिकतम दाब 1.25 N/mm^2 है। सिलण्डर कवर को सिलेण्डर के साथ जोड़ने के लिए आवश्यक स्टड की संख्या तथा साइज ज्ञात करो जबकि स्टड में अधिकतम अनुमेय प्रतिबल 33 MPa है।

हल—दिया है,

$$D = 350\ \text{mm},\ p = 1.25\ \text{N/mm}^2,\ \sigma_t = 33\ \text{MPa} = 33\ \text{N/mm}^2$$

माना, स्टड का नामित व्यास $= d$

कोर व्यास $= d_c$, तथा

स्टड की संख्या $= n$ है।

सिलेण्डर कवर पर ऊपर को लगने वाला बल, $P = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times p$

$$= \frac{\pi}{4}(350)^2 \times (1.25) = 120265\ \text{N} \quad \ldots(\text{i})$$

AKC TECHNICAL CLASSES

माना 24 mm व्यास के स्टड का प्रयोग किया गया है। तालिका 2.2 से इस स्टड का कोर व्यास $(d_c) = 20.32$ mm प्राप्त करते हैं।

n स्टडों द्वारा सहा जाने वाला बल, $P = \frac{\pi}{4} \times (d_c)^2 \times \sigma_t \times n$

$$\therefore \quad P = \frac{\pi}{4} \times (20.32)^2 \times 33 \times n = 10{,}700n \quad \text{...(ii)}$$

समीकरण (i) व (ii) से,

$$120265 = 10700\, n$$

$$\therefore \quad n = \frac{120265}{10700} = 11.24$$ माना 12 **अत: $n = 12$** उत्तर

अब स्टड छिद्र का व्यास $(d_1) = 25$ mm मान कर स्टड का पिच वृत्त व्यास (D_p) प्राप्त करते हैं। सिलेण्डर की दीवार की मोटाई $t = 10$ mm मानकर,

स्टड का पिचवृत्त व्यास $(D_p) \doteq D + 2t + 3d_1$

$$\therefore \quad D_p = 350 + 2 \times 10 + 3 \times 25 = 445 \text{ m}$$

हम जानते हैं कि,

स्टड की परिधीय पिच $= \frac{\pi \times D_p}{n} = \frac{\pi \times 445}{12} = \mathbf{116.5\ mm}$

पुन: हम जानते हैं कि लीक-प्रूफ जोड़ बनाने के लिए परिधीय पिच का मान $20\sqrt{d_1}$ से $30\sqrt{d_1}$ के मध्य होना चाहिए। यहाँ d_1, स्टड छिद्र का व्यास है। अत: स्टड की न्यूनतम परिधीय पिच $= 20\sqrt{d_1} = 20\sqrt{25} = 100$ mm

तथा स्टड की अधिकतम परिधीय पिच $= 30\sqrt{d_1} = 30\sqrt{25} = 150$ mm

क्योंकि गणना से प्राप्त परिधीय पिच का मान (=116.5 mm) 100 mm से 150 mm के मध्य है अत: स्टड के साइज का चुनाव संतोषजनक है।

इस प्रकार, **स्टड का साइज = M 24** उत्तर

7.4 पावर स्क्रू का अभिकल्पन (Design of Power Screw)

शक्तिचालित स्क्रू या पावर स्क्रू (Power Screw) शक्तिचालित स्क्रू का प्रयोग घुमाऊँ गति को रेखीय गति में बदलने के लिए किया जाता है।

"The power screws are used to convert rotary motion into translameory motion".

ये स्क्रू तथा नट सिस्टम होते हैं तथा प्राय: शक्ति पारेषित करने के काम आते हैं।

उदाहरण के लिए—

मशीन टूल्स (machine tools) का लीड स्क्रू (lead screw), स्क्रू जैक का स्क्रू, मशीन-वाइस (Machine-vice) का स्पिंडल, पॉवरप्रैस (Power Press), C-क्लैम्प आदि। ये स्क्रू मशीन चालित अथवा मानव चालित हो सकते हैं।

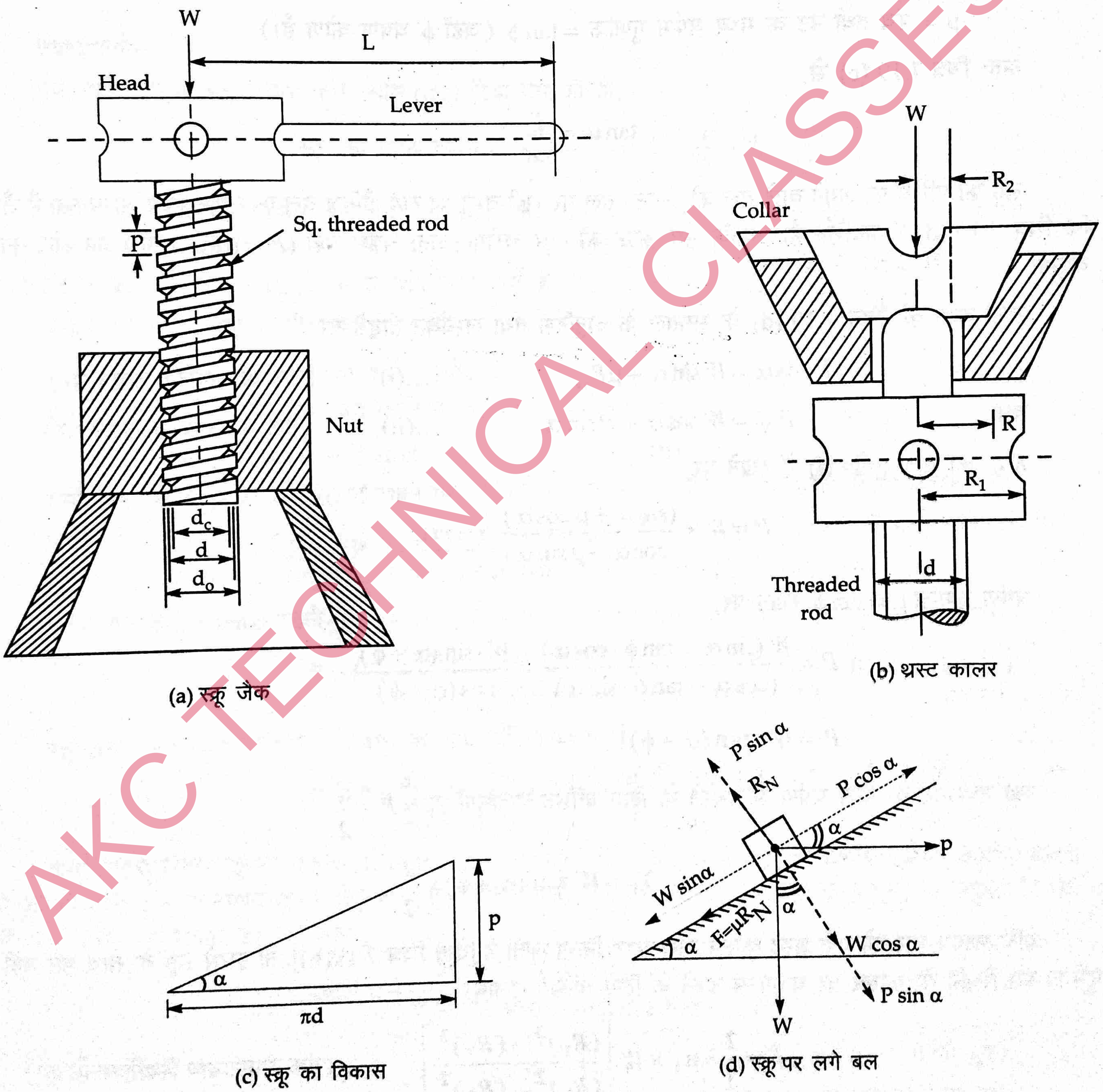
अधिकतम पावर स्क्रू में स्क्रू बियरिंगों में घूमते है तथा नट, अक्षीय बलों के विरुद्ध अक्षीय गति करते हैं। कुछ परिस्थितियों में नट स्थिर रहते हैं तथा स्क्रू, अक्षीय बलों के गति करते हैं। नट तथा स्क्रू में से किसी एक अवयव पर बलाघूर्ण (Torque) कार्य करता है और इसे घुमाता है जबकि दूसरा अवयव रेखीय गति करता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

7.4.1 वर्गाकार चूड़ीदार पेचों द्वारा भार उठाने में वाँछित बलाघूर्ण

(Torque Required to Raise Load by Square Threaded Screws)

माना चित्र 7.19 (a) में प्रदर्शित एक स्क्रू जैक के वर्गाकार चूड़ीदार स्क्रू द्वारा भार उठाने के लिए वाँछित बलाघूर्ण ज्ञात करना है। भार उठाने के लिए उसे चूड़ियों के ऊपर बने शीर्ष (Head) पर रखते हैं तथा लीवर की मदद से शीर्ष (Head) को घुमाते हैं।



(a) स्क्रू जैक

(b) थ्रस्ट कालर

(c) स्क्रू का विकास

(d) स्क्रू पर लगे बल

चित्र-7.19

AKC TECHNICAL CLASSES

चित्र 7.19 (c) से स्पष्ट है कि चूड़ी को एक पूरा चक्र घूमाने पर, चूड़ी का तल, एक आनत तल की तरह कार्य करेगा तथा भार, पिच 'p' के बराबर ऊपर उठेगा।

अब माना,

p = स्क्रू की पिच,

α = हेलिक्स कोण,

d = स्क्रू का माध्य व्यास,

W = उठाया गया भार,

P = पेंच की परिधि पर लगाया गया प्रयास, तथा

μ = पेंच तथा नट के मध्य घर्षण गुणांक $= \tan\phi$ (जहाँ ϕ घर्षण कोण है।)

अत: चित्र 7.19 (c) से,

$$\tan\alpha = \frac{p}{\pi d}$$

स्क्रू की परिधि पर लगने वाले बल को, आनत तल पर रखी वस्तु पर लगे क्षैतिज बल के समान माना जा सकता है जैसे कि चित्र 7.19 (d) में प्रदर्शित है। क्योंकि भार ऊपर की ओर चलेगा, अत: घर्षण बल ($F = \mu R_N$) नीचे की ओर कार्य करेगा।

सभी बलों को चित्र 7.19 (d) के समतल के अनुदिश तथा लम्बवत् तोड़ने पर,

$$P\cos\alpha = W\sin\alpha + \mu R_N \quad \text{...(i)} \quad \text{(तल के अनुदिश तोड़ने पर)}$$

तथा

$$R_N = W\cos\alpha + P\sin\alpha \quad \text{...(ii)} \quad \text{(तल के लम्बवत् तोड़ने पर)}$$

R_N का मान समी० (i) में रखने पर,

$$P = W \times \frac{(\sin\alpha + \mu\cos\alpha)}{(\cos\alpha - \mu\sin\alpha)}$$

घर्षण गुणांक $\mu = \tan\phi$ रखने पर,

$$P = \frac{W(\sin\alpha + \tan\phi \cdot \cos\alpha)}{(\cos\alpha - \tan\phi \cdot \sin\alpha)} = \frac{W \cdot \sin(\alpha + \phi)}{\cos(\alpha + \phi)}$$

$$\therefore \quad \mathbf{P = W \cdot \tan(\alpha + \phi)}$$

स्क्रू तथा नट के मध्य घर्षण से उबरने के लिए वाँछित बलाघूर्ण $T_1 = P \times \frac{d}{2}$

$$\therefore \quad \mathbf{T_1 = W \tan(\alpha + \phi) \times \frac{d}{2}}$$

यदि अक्षीय भार को एक थ्रस्ट कॉलर द्वारा वहन किया जाता है [देखे चित्र 7.19(b)], तो इससे स्क्रू के साथ भार नहीं घूमेगा। इस स्थिति में, कॉलर पर घर्षण से उबने के लिए वांछित बलाघूर्ण

$$T = \frac{2}{3} \times \mu_1 \times W \left[\frac{(R_1)^3 - (R_2)^3}{(R_1)^2 - (R_2)^2}\right] \quad \text{...(एक समान दाब स्थिति मानते हुए)}$$

$$= \mu_1 \times W \left[\frac{R_1 + R_2}{2}\right] = \mu_1 W R \quad \text{...(एक समान घिसाई मानते हुए)}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

जहाँ R_1 तथा R_2 = कॉलर की बाह्य तथा अन्त: त्रिज्या,

R = कॉलर की माध्य त्रिज्या $= \dfrac{R_1 + R_2}{2}$, तथा

μ_1 = कॉलर का घर्षण गुणांक

∴ स्क्रू को घुमाने हेतु अर्थात् घर्षण से उबरने के लिए वाँछित कुल बलाघूर्ण $T = T_1 + T_2$

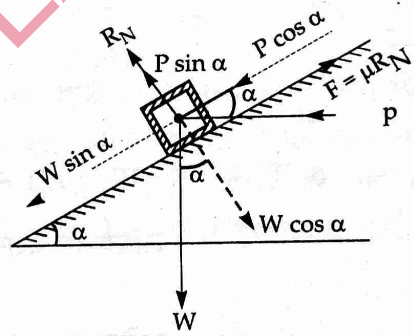
यदि प्रयास P_1 को l लम्बाई के लीवर के सिरे पर लगाया जाये तो बलाघूर्ण $\boldsymbol{T = P \times \dfrac{d}{2} = P_1 \times l}$

महत्वपूर्ण—

यदि नामित व्यास (d_0) तथा कोर व्यास (d_c) दिया गया हो तो,

$$\text{स्क्रू का माध्य व्यास } d = \frac{d_1 + d_c}{2} = d_0 - \frac{p}{2} = d_c + \frac{p}{2}$$

भार नीचे लाने में वाँछित बलाघूर्ण (Torque Required to lower load)—जब भार नीचे को लाया जाता है तो घर्षण बल ऊपर की ओर कार्य करेगा। इस स्थिति में बलों को चित्र 7.19 (e) में प्रदर्शित किया गया है।



चित्र-7.19 (e)

बलों को तल के अनुदिश वियोजित करने पर,

$$P\cos\alpha + W\sin\alpha = F = \mu R_N \qquad ...(i)$$

बलों को तल के लम्बवत् वियोजित करने पर,

$$R_n = W\cos\alpha - P\sin\alpha \qquad ...(ii)$$

समी० (ii) से R_N का मान (i) में रखने पर,

$$P = W \times \frac{(\mu\cos\alpha - \sin\alpha)}{(\cos\alpha + \mu\cdot\sin\alpha)}$$

घर्षण गुणाँक $\mu = \tan\phi$ रखने पर,

$$P = W \times \frac{(\tan\phi\cdot\cos\alpha - \sin\alpha)}{(\cos\alpha + \tan\phi\cdot\sin\alpha)} = W \times \frac{\sin(\phi - \alpha)}{\cos(\phi - \alpha)} = \boldsymbol{W\cdot\tan(\phi - \alpha)}$$

स्क्रू तथा नट के मध्य घर्षण से उबरने के लिए वाँछित बलाघूर्ण

$$\boldsymbol{T = P \times \frac{d}{2} = W\cdot\tan(\phi - \alpha)\cdot\frac{d}{2}} \qquad (\text{यदि } \alpha > \phi, \text{ तब } P = W\tan(\alpha - \phi))]$$

वर्गाकार चूड़ीदार स्क्रू की दक्षता (Efficiency of Square Threaded Screws)—वर्गाकार चूड़ीदार स्क्रू की दक्षता को आदर्श प्रयास (घर्षण नगण्य मानते हुए) तथा वास्तविक प्रयास (घर्षण को गणना में शामिल करते हुए) के अनुपात के रूप परिभाषित किया जा सकता है। इस प्रकार,

$$\text{दक्षता } \eta = \frac{\text{आदर्श प्रयास (Ideal effort)}}{\text{वास्तविक प्रयास (Actual effort)}} = \frac{P_0}{P}$$

यहाँ $P_0 = W\cdot\tan\alpha$ $(\mu = \tan\phi = 0$ मानते हुए)

तथा $P = W\cdot\tan(\alpha + \phi)$ $(M = \tan\phi$ को गणना में शामिल करते हुए)

$$\textbf{दक्षता } \eta = \frac{\boldsymbol{W\tan\alpha}}{\boldsymbol{W\tan(\alpha + \phi)}} = \frac{\boldsymbol{\tan\alpha}}{\boldsymbol{\tan(\alpha + \phi)}}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

अधिकतम दक्षता (Maximum efficiency)—हम जानते हैं कि,

$$\eta = \frac{\tan\alpha}{\tan(\alpha+\phi)}$$

$$\therefore \qquad \eta = \frac{\sin\alpha/\cos\alpha}{\sin(\alpha+\phi)/\cos(\alpha+\phi)} = \frac{\sin\alpha\cdot\cos(\alpha+\phi)}{\cos\alpha\cdot\sin(\alpha+\phi)} \qquad \ldots(1)$$

अंश (numerator) तथा हर (denominator) को 2 से गुणा करने पर,

$$\therefore \qquad \eta = \frac{2\sin\alpha\cdot\cos(\alpha+\phi)}{2\cos\alpha\cdot\sin(\alpha+\phi)} = \frac{\sin(2\alpha+\phi)-\sin\phi}{\sin(2\alpha+\phi)+\sin\phi} \qquad \ldots(2)$$

η दक्षता का मान अधिकतम होगा यदि $\sin(2\alpha+\phi)$ का मान अधिकतम होगा।

अर्थात् $$\sin(2\alpha+\phi) = 1 = \sin 90°$$

$$\therefore \qquad 2\alpha+\phi = 90°$$

$$\therefore \qquad 2\alpha = 90-\phi$$

या $$\alpha = 45° - \phi/2$$

α का यह मान समी० (2) में रखने पर,

$$\text{अधिकतम दक्षता, } \eta_{max} = \frac{\sin[90°-\phi+\phi]-\sin\phi}{\sin[90-\phi+\phi]+\sin\phi} = \frac{\sin 90°-\sin\phi}{\sin 90°+\sin\phi}$$

$$\therefore \qquad \textbf{अधिकतम दक्षता, } \eta_{max} = \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$$

उदाहरण 7.12 —एक विद्युत मोटर चालित पॉवर स्क्रू एक नट को क्षैतिज समतल में 75 kN के बल के विरुद्ध 300 mm/min की गति से चलाया जा रहा है। स्क्रू पर एकल वर्गाकार चूड़ी, जिसकी पिच 6 mm है, का बाह्य व्यास 40 mm है। स्क्रू का घर्षण गुणांक 0.1 है। मोटर की शक्ति ज्ञात कीजिए।

हल—दिया है,

$$W = 75 \text{ kN} = 75\times 10^3 \text{ N}, v = 300 \text{ mm/min},$$

$$p = 6 \text{ mm}, d_0 = 40 \text{ mm}, \mu = \tan\phi = 0.1,$$

अब स्क्रू का माध्य व्यास $d = d_0 - \frac{p}{2} = 40 - \frac{6}{2} = 37$ min

तथा $$\tan\alpha = \frac{p}{\pi d} = \frac{6}{\pi\times 37} = 0.0516$$

स्क्रू की परिधि पर वाँछित स्पर्शीय बल (tangential force)

$$P = W\cdot\tan(\alpha+\phi) = W\cdot\left[\frac{\tan\alpha+\tan\phi}{1-\tan\alpha\cdot\tan\phi}\right]$$

$$= 75\times 10^3\left[\frac{0.0516+0.1}{1-0.0516\times 0.1}\right]$$

$$= 11.43\times 10^3 \text{ N}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

स्क्रू को चलाने के लिए वाँछित बलाघूर्ण $T = P \times \frac{d}{2}$

$$\therefore \quad T = 11.43 \times 10^3 \times \frac{37}{2}$$

$$= 211.45 \times 10^3 \text{ Nmm} = 211.45 \text{ Nm}$$

क्योंकि स्क्रू की गति 300 mm/min तथा पिच 6 mm है। अत: स्क्रू की गति r.p.m. में

$$N = \frac{\text{गति (mm/min में)}}{\text{पिच (mm में)}} = \frac{300}{6} = 50 \text{ r.p.m.}$$

तथा स्क्रू की कोणीय गति $\omega = \frac{2\pi N}{60} = \frac{2 \times \pi \times 50}{60} = 5.24$ rad./sec.

$\therefore$ मोटर की शक्ति $= T \cdot \omega = 211.45 \times 5.24$

$= 1108 \text{ W} = \mathbf{1.108 \text{ kW}}$ उत्तर

उदाहरण 7.13—एक ऊर्ध्वाधर, डबल स्टार्ट, वर्गाकार चूड़ीदार पेंच का माध्य व्यास 100 mm तथा पिच 20 mm है, एक ऊर्ध्वाधर भार 18 kN को सहारता है। अक्षीय थ्रस्ट (axial thrust) को 250 mm बाह्य व्यास तथा 100 mm अन्त:व्यास के कॉलर बियरिंग द्वारा वहन किया जाता है। 400 mm लम्बे लीवर के सिरे पर लगने वाले बल को ज्ञात कीजिए। स्क्रू तथा नट के मध्य घर्षण गुणाँक 0.15 तथा कॉलर बियरिंग के साथ घर्षण गुणाँक 0.20 है।

हल—दिया है,

माध्य व्यास $d = 100$ mm, पिच $p = 20$ mm, भार $W = 18 \text{ kN} = 18 \times 10^3$ N,

$D_1 = 250$ mm तथा $R_1 = 125$ mm, $D_2 = 100$ mm तथा $R_2 = 50$ mm,

लीवर की लम्बाई $l = 400$ mm, $\mu_1 = \tan\phi = 0.15$, $\mu_1 = 0.20$

लीवर के सिरे पर वाँछित बल—

माना P = लीवर के सिरे पर लगाया गया बल

क्योंकि स्क्रू डबल स्टार्ट है इसीलिए स्क्रू की अग्रता (lead) $= 2 \times p = 2 \times 20 = 40$ mm

हम जानते हैं कि,

$$\tan\alpha = \frac{\text{अग्रता (lead)}}{\pi d} = \frac{40}{\pi \times 100} = 0.127$$

(i) **भार को उठाने में—**स्क्रम की परिधि पर वाँछित स्पर्शीय बल $P = W \cdot \tan(\alpha + \phi)$

$$= W \cdot \left[\frac{\tan\alpha + \tan\phi}{1 - \tan\alpha \cdot \tan\phi}\right]$$

$$\therefore \quad \text{स्पर्शीय बल, } P = 18 \times 10^3 \left[\frac{0.127 + 0.15}{1 - 0.127 \times 0.15}\right] = 5083 \text{ N}$$

$$\text{कॉलर की मध्य त्रिज्या, } R = \frac{R_1 + R_2}{2} = \frac{125 + 50}{2} = 87.5 \text{ mm}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

लीवर के सिरे पर वाँछित कुल बलाघूर्ण, $T = P \times \frac{d}{2} + \mu_1 WR$

$$\therefore \quad T = 5083 \times \frac{100}{2} + 0.2 \times 18 \times 10^3 \times 87.5$$

$$= 569150 \text{ Nmm} = \mathbf{569.15\ Nm}$$

परन्तु लीवर के सिरे पर वाँछित बलाघूर्ण, $T = P_1 \times l$

$$\therefore \quad 569150 = P_1 \times 400$$

$$\therefore \quad P_1 = \frac{569150}{400} = \mathbf{1423\ N}$$ **उत्तर**

(ii) भार को उतारने में—स्क्रू की परिधि पर वाँछित स्पर्शीय बल, $P = W.\tan(\phi - \alpha)$

$$\therefore \quad P = W\left[\frac{\tan\phi - \tan\alpha}{1 + \tan\phi.\tan\alpha}\right] = 18 \times 10^3 \left[\frac{0.15 - 0.127}{1 + 0.15 \times 0.127}\right] = 406.3 \text{ N}$$

$\therefore$ लीवर के सिरे पर वाँछित कुल बलाघूर्ण, $T = P \times \frac{d}{2} + \mu_1 WR$

$$\therefore \quad T = 406.3 \times \frac{100}{2} + 0.2 \times 18 \times 10^3 \times 87.5$$

$$= 335315 \text{ Nmm}$$

परन्तु लीवर के सिरे पर वाँछित बलाघूर्ण (T),

$$335315 = P_1 \times l = P_1 \times 400$$

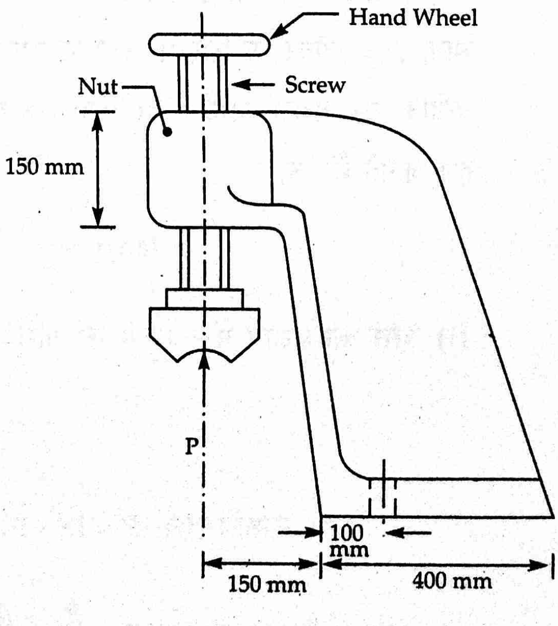
$$\therefore \quad P_1 = \frac{335315}{400} = \mathbf{838.5\ N}$$ **उत्तर**

उदाहरण 7.14—शाफ्ट सीधी करने वाली एक युक्ति का स्क्रू 30 kN का बलाघूर्ण लगाता है। स्क्रू पर बाह्य व्यास 75 mm तथा 6 mm पिच की वर्गाकार चूड़ी बनी है। देखे चित्र 7.20। ज्ञात कीजिए—

(i) 300 mm व्यास के हस्त पहिये (Hand wheel) के रिम (rim) पर वाँछित बल जबकि चूड़ियों के लिए घर्षण गुणांक 0.12 है।

(ii) स्क्रू में उत्पन्न अधिकतम संपीडन प्रतिबल, चूड़ियों पर बियरिंग दाब तथा चूड़ियों में अधिकतम कर्तन प्रतिबल, तथा

(iii) युक्ति की दक्षता।



चित्र-7.20

हल—दिया है, $W = 30 \text{ kN} = 30 \times 10^3 \text{ N}, d_0 = 75 \text{ mm}$,

$$p = 6 \text{ mm}, D = 300 \text{ mm}, \mu = \tan\phi = 0.12$$

(i) हस्त पहिये के रिम पर वाँछित बल—

माना P_1 = हस्त पहिये के रिम पर वाँछित बल,

AKC TECHNICAL CLASSES

स्क्रू का अन्त: व्यास या कोर व्यास $(d_c) = d_0 - p = 75 - 6 = 69$ mm

स्क्रू का माध्य व्यास, $d = \frac{d_0 + d_c}{2} = \frac{75+69}{2} = 72$ mm.

तथा
$$\tan\alpha = \frac{p}{\pi d} = \frac{6}{\pi \times 72} = 0.0265$$

चूड़ियों पर घर्षण से उबरने हेतु वाँछित बलाघूर्ण (Torque)

$$T = P \times \frac{d}{2} = W \tan(\alpha + \phi) \cdot \frac{d}{2}$$

$$= W\left[\frac{\tan\alpha + \tan\phi}{1 - \tan\alpha \, . \tan\phi}\right] \times \frac{d}{2}$$

$$= 30 \times 10^3 \left[\frac{0.0265 + 0.12}{1 - 0.0265 \times 0.12}\right]\left(\frac{72}{2}\right) = 158728 \text{ Nmm}$$

हस्त पहिये के रिम पर वाँछित बलाघूर्ण $(T) = P_1 \times \frac{D}{2}$

$$\therefore \quad 158728 = P_1 \times \frac{300}{2} = 150 P_1$$

$$\therefore \quad P_1 = \mathbf{1058\ N}$$ उत्तर

(ii) स्क्रू में अधिकतम संपीडन प्रतिबल—हम जानते हैं कि, स्क्रू में अधिकतम संपीडन प्रतिबल

$$\sigma_c = \frac{W}{A_c} = \frac{W}{\frac{\pi}{4}(d_c)^2} = \frac{30 \times 10^3}{\frac{\pi}{4}(69)^2} = \mathbf{8.02\ N/mm^2}$$ उत्तर

चूड़ियों पर बियरिंग दाब—नट के सम्पर्क में चूड़ियों की संख्या,

$$n = \frac{\text{नट की ऊँचाई}}{\text{चूड़ियों की पिच}}$$

$$\therefore \quad n = \frac{150}{6} = 25 \text{ चूड़ियाँ, तथा}$$

चूड़ियों की मोटाई $t = \frac{p}{2} = \frac{6}{2} = 3$ mm

अत: चूड़ियों पर बियरिंग दाब $P_b = \frac{W}{\pi d \cdot t \cdot n}$

$$= \frac{30 \times 10^3}{\pi \times 72 \times 3 \times 25} = \mathbf{1.77\ N/mm^2}$$ उत्तर

चूड़ियों में अधिकतम कर्तन प्रतिबल—हम जानते हैं कि, चूड़ियों में कर्तन प्रतिबल,

$$\tau = \frac{16T}{\pi (d_c)^3}$$

$$= \frac{16 \times 158728}{\pi (69)^3} = \mathbf{2.46\ N/mm^2}$$ उत्तर

AKC TECHNICAL CLASSES

अत: चूड़ियों में अधिकतम कर्तन प्रतिबल, $\tau_{max} = \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_c)^2 + 4\tau^2}$

$$\therefore \quad \tau_{max} = \frac{1}{2}\sqrt{(8.02)^2 + 4(2.46)^2}$$

$$= 4.7 \text{ N/mm}^2 = \mathbf{4.7 \ MPa}$$ **उत्तर**

(iii) युक्ति की दक्षता (Efficiency)—

घर्षण के बिना वाँछित बलाघूर्ण, $T_0 = W \tan\alpha \times \frac{d}{2}$

$$T_0 = 30 \times 10^3 \times 0.0265 \times \frac{72}{2} = 28620 \text{ N-mm.}$$

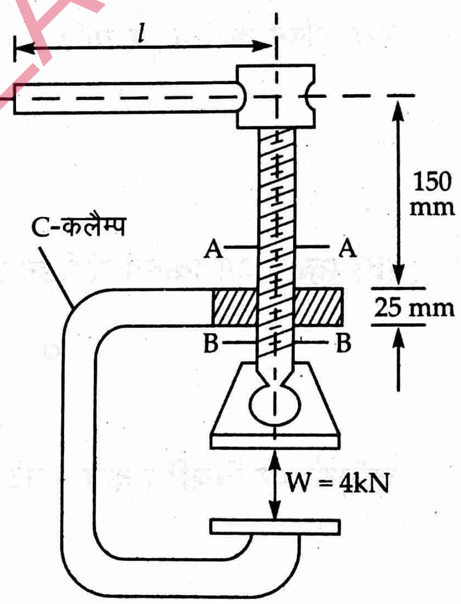
अत: युक्ति की दक्षता, $\eta = \frac{T_0}{T} = \frac{28620}{158728} = \mathbf{0.18}$ **या 18%** **उत्तर**

उदाहरण 7.15—चित्र 7.21 में प्रदर्शित C-क्लैम्प में स्क्रू पर बनी समलम्बाकार चूड़ी का बाह्य व्यास 12 mm तथा पिच 2 mm है। चूड़ियों के लिए घर्षण गुणाँक 0.12 तथा कॉलर के लिए 0.25 है। कॉलर की माध्य त्रिज्या 6 mm है। यदि प्रचालक (operator) द्वारा हत्थे के सिरे पर लगाया गया बल 80 N हो तो ज्ञात कीजिये—

(i) हत्थे की लम्बाई

(ii) स्क्रू में अधिकतम कर्तन प्रतिबलों का मान तथा उनकी स्थिति

(iii) चूड़ियों पर बियरिंग दाब।



चित्र-7.21

हल—दिया है,

$d_0 = 12$ mm, $p = 2$ mm, $\mu = \tan\phi = 0.12$

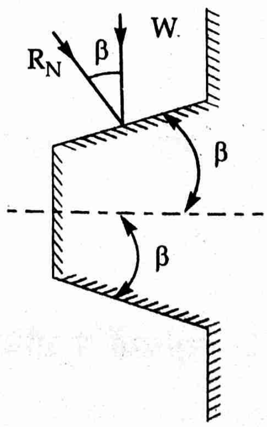
$\mu_2 = 0.25$, $R = 6$ mm, $P_1 = 80$ N, $W = 4$ kN $= 4000$ N

(i) हत्थे की लम्बाई—

माना l = हत्थे की लम्बाई,

स्क्रू का माध्य व्यास, $d = d_0 - \frac{p}{2} = 12 - \frac{2}{2} = 12 - 1 = 11$ mm

$$\therefore \quad \tan\alpha = \frac{p}{\pi d} = \frac{2}{\pi \times 11} = 0.058$$



चित्र-7.22

क्योंकि समलम्बाकार चूड़ियों का कोण $2\beta = 30°$ अर्थात् $\beta = 15°$ है।

अत: आभासी (virtual) घर्षण गुणाँक $\mu_1 = \tan\phi = \frac{\mu}{\cos\beta}$

$$\therefore \quad \mu_1 = \frac{0.12}{\cos 15°} = \frac{0.12}{0.9659} = 0.124$$

स्क्रू पर घर्षण से उबरने के लिए वाँछित बलाघूर्ण, $T_1 = P \times \frac{d}{2} = W \cdot \tan(\alpha + \phi_1)\frac{d}{2}$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$\therefore \qquad T_1 = W\left[\frac{\tan\alpha + \tan\phi_1}{1 - \tan\alpha \cdot \tan\phi_1}\right] \times \frac{d}{2}$$

$$= 4000\left[\frac{0.058 + 0.124}{1 - 0.058 \times 0.124}\right] \times \frac{11}{2} = \mathbf{4033\ N\text{-}mm}$$

एक समान घिसाई (uniform wear) मानते हुए, घर्षण से उबरने के लिए वाँछित बलाघूर्ण

$$T_2 = \mu_2 WR = 0.25 \times 4000 \times 6 = \mathbf{6000\ Nmm}$$

हत्थे के सिरे पर कुल बलाघूर्ण,

$$T = T_1 + T_2 = 4033 + 6000 = \mathbf{10033\ Nmm}$$

परन्तु हत्थे के सिरे पर आवश्यक बलाघूर्ण $(T) = P_1 \times l$

$$\therefore \qquad 10033 = 80l$$

या $\qquad l = 10033/80 = \mathbf{125.4\ mm}$ **उत्तर**

(ii) स्क्रू में अधिकतम कर्तन प्रतिबल—चित्र 7.21 के अनुसार स्क्रू पर दो काट A–A तथा B–B मानते है। नट के ठीक ऊपर काट A–A पर नमन तथा मरोड़ दोनों प्रभाव कार्यरत होंगे। नट के ठीक नीचे, काट B–B पर कॉलर घर्षण बलाघूर्ण तथा सीधे संपीडन बल कार्यरत होंगे। इस प्रकार दोनों काटों की अधिकतम कर्तन प्रतिबलों के लिए जाँच करते हैं।

काट A–A पर विपचार करने पर—स्क्रू पर कोर व्यास $d_c = d_0 - p = 12 - 2 = 10$ mm

काट A–A पर पारेषित बलाघूर्ण, $T = \frac{\pi}{16} \times \tau \times (d_c)^3$

$$\therefore \qquad \text{कर्तन प्रतिबल, } \tau = \frac{16T}{\pi d_c^3} = \frac{16 \times 10033}{\pi \times (10)^3} = 51.1\ \text{N/mm}^2$$

A–A पर नमन घूर्ण, $\qquad M = P_1 \times 150 = 80 \times 150 = 12000 \text{ N-mm} = \frac{\pi}{32} \times \sigma_b (d_c)^3$

$$\therefore \qquad \text{बंकल प्रतिबल (Bending stresses), } \sigma_b = \frac{32\,M}{\pi (d_c)^3} = \frac{32 \times 12000}{\pi (10)^3} = 122.2\ \text{N/mm}^2$$

$$\therefore \qquad \text{अधिकतम कर्तन प्रतिबल, } \tau_{max} = \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_b)^2 + 4\tau^2} = \frac{1}{2}\sqrt{(122.2)^2 + 4(51.1)^2} = \mathbf{79.65\ N/mm^2}$$

काट B–B पर विचार करने पर—क्योंकि काट B–B पर कॉलर घर्षण बलाघूर्ण (T_2) कार्यरत है

अतः $\qquad$ कर्तन प्रतिबल, $\tau = \frac{16T_2}{\pi (d_c)^3} = \frac{16 \times 6000}{\pi \times (10)^3} = 30.6\ \text{N/mm}^2$

तथा $\qquad$ सीधे सम्पीडन प्रतिबल, $\sigma_c = \frac{W}{A_c} = \frac{4W}{\pi (d_c)^2} = \frac{4 \times 4000}{\pi \times (10)^2} = 51\ \text{N/mm}^2$

$$\therefore \qquad \text{अधिकतम कर्तन प्रतिबल, } \tau_{max} = \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_c)^2 + 4\tau^2}$$

$$= \frac{1}{2}\sqrt{(51)^2 + 4(30.6)^2} = \mathbf{39.83\ N/mm^2}$$

उपरोक्त दोनों मानों से स्पष्ट है कि **अधिकतम कर्तन प्रतिबलों का मान 79.65 N/mm² है तथा वह काट A–A पर कार्यरत है।** **उत्तर**

AKC TECHNICAL CLASSES

(iii) चूड़ियों पर बियरिंग दाब—

हम जानते हैं कि,

नट की ऊँचाई, $h = n \times p = 25$ mm (दिया है) (देखें चित्र)

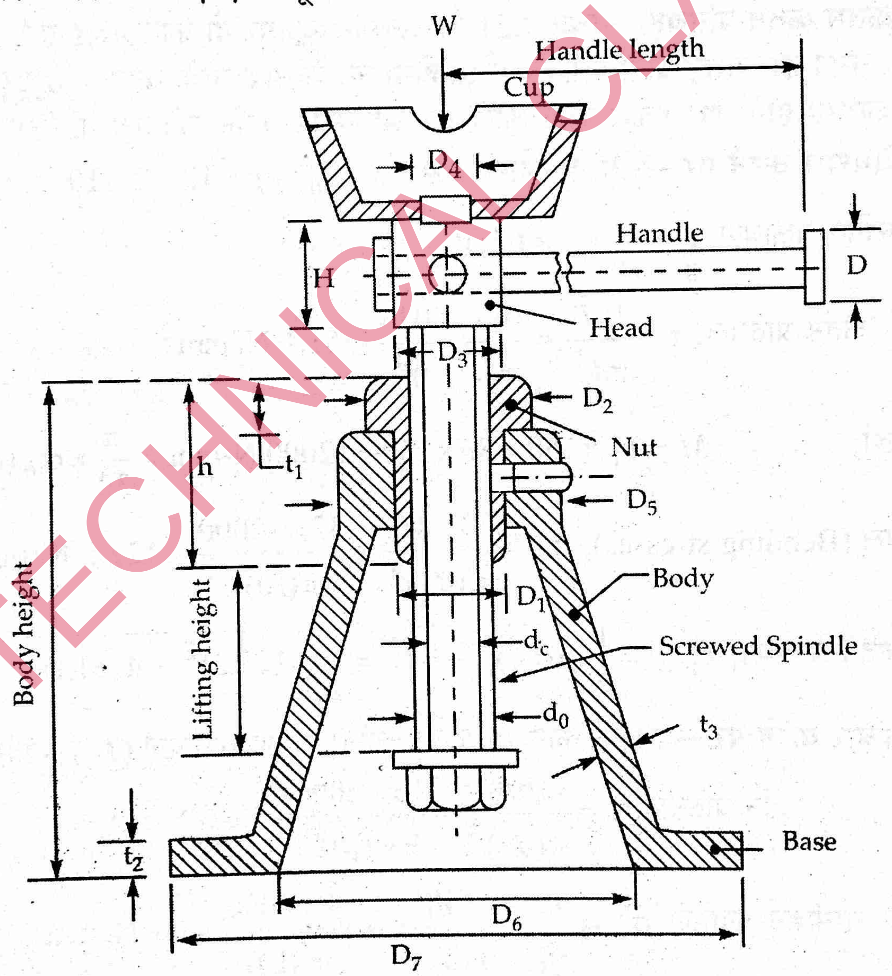
सम्पर्क में चूड़ियों की संख्या, $n = \frac{h}{p} = \frac{25}{2} = 12.5$

तथा चूड़ियों की मोटाई, $t = \frac{p}{2} = \frac{2}{2} = \mathbf{1\ mm}$

चूड़ियों पर बियरिंग दाब, $p_b = \frac{W}{\pi d t h} = \frac{4000}{\pi \times 11 \times 1 \times 12.5} = \mathbf{9.26\ N/mm^2}$ उत्तर

7.4.2 स्क्रू जैक का अभिकल्पन (Design of Screw Jack)

चित्र 7.23 में भार उठाने के लिए एक स्क्रू जैक को प्रदर्शित किया गया है। इसके मुख्य अंग निम्न प्रकार हैं—



चित्र-7.23

1. स्पिंडल, जिस पर वर्गाकार चूड़ीदार स्क्रू बना है।
2. नट तथा उसके लिए कॉलर।
3. चूड़ीदार स्क्रू के ऊपर बना शीर्ष (Head)।
4. भार के लिए शीर्ष पर रखा कप।
5. स्क्रू जैक की बॉडी।

AKC TECHNICAL CLASSES

W भार उठाने के लिए, स्क्रू जैक के अभिकल्पन में निम्न पद अपनाये जाते हैं—

(1) स्क्रू का कोर व्यास—स्क्रू को शुद्ध सम्पीडन में मानते हुए स्क्रू का कोर व्यास ज्ञात किया जाता है।

अर्थात्
$$W = \sigma_c \times A_c = \sigma_c \times \frac{\pi}{4}(d_c)^2$$

वर्गाकार चूड़ीदार स्क्रू के मानक अनुपात सारणी (Table) द्वारा ज्ञात किया जा सकता है।

(2) स्क्रू को घुमाने हेतु बलाघूर्ण (T_1) तथा इसके कारण उत्पन्न कर्तन प्रतिबल (τ) ज्ञात करते हैं। हम जानते हैं कि,

भार उठाने हेतु वाँछित बलाघूर्ण, $T = P \times \frac{d}{2} = W \tan(\alpha + \phi) \cdot \frac{d}{2}$

जहाँ P = स्क्रू की परिधि पर वांछित प्रयास तथा d = स्क्रू का माध्य व्यास

बलाघूर्ण (T_1) के कारण कर्तन प्रतिबल $t = \dfrac{16T_1}{\pi(d_c)^3}$

इसके साथ ही अक्षीय भार 'W' के कारण सीधे सम्पीडन प्रतिबल (σ_c), $\sigma_c = \dfrac{W}{\frac{\pi}{4}(d_c)^2}$

(3) मुख्य प्रतिबल—अधिकतम मुख्य प्रतिबल (तनाव अथवा संपीडन)

$$\therefore \quad (\sigma_c)_{max} = \frac{1}{2}[\sigma_c + \sqrt{(\sigma_c)^2 + 4\tau^2}]$$

तथा अधिकतम कर्तन प्रतिबल, $\tau_{max} = \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_c)^2 + 4\tau^2}$

इन प्रतिबलों का मान, अनुमेय प्रतिबलों के मान से कम रहना चाहिए।

(4) नट की ऊँचाई— नट पर बियरिंग दाब का विचार करते हुए नट की ऊँचाई ज्ञात करते हैं। हम जानते हैं कि नट पर बियरिंग दाब

$$p_b = \frac{W}{\frac{\pi}{4}[(d_o)^2 - (d_c)^2]n}$$

जहाँ n = स्क्रू स्पिंडल के साथ सम्पर्क में चूड़ियों की संख्या

$\therefore$ नट की ऊचाँई $h = n \times p$, जहाँ p = चूड़ियों की पिच

(5) स्क्रू तथा नट में प्रतिबलों की जाँच निम्न प्रकार की जाती है—

$$\tau_{(\text{स्क्रू})} = \frac{W}{\pi . n . d_c . t}, \quad \tau_{(\text{नट})} = \frac{W}{\pi . n . d_0 . t}$$

जहाँ t = स्क्रू की मोटाई $= \frac{p}{2}$

(6) नट कालर के लिए अन्त: व्यास (D_1), बाह्य व्यास (D_2) तथा मोटाई (t_1) ज्ञात करते है। अन्त: व्यास (D_1) के लिए नट की फटन सामर्थ्य (Tearing strength) पर विचार करते है।

हम जानते है कि—

$$W = \frac{\pi}{4}[(D_1)^2 - (d_o)^2]\sigma_t$$

AKC TECHNICAL CLASSES

बाह्य व्यास (D_2) को नट कॉलर की क्रसिंग सामर्थ्य पर विचार करते हुए ज्ञात किया जा सकता है।

हम जानते है कि—

$$W = \frac{\pi}{4}[(D_2)^2 - (D_1)^2]\sigma_c$$

नट कॉलर की मोटाई (t_1) को नट कॉलर की कर्तन सामर्थ्य पर विचार करते हुए ज्ञात किया जा सकता है।

हम जानते है—

$$W = \pi D_1 . t_1 \tau$$

(7) स्क्रू के शीर्ष पर व्यास (D_3) तथा कप की विमाएँ ज्ञात करते हैं। माना $D_3 = 1.75 d_0$

कप की सीट को शीर्ष के व्यास (D_3) के समान माना जाता है तथा यह ऊपर से चैम्फरित (Chamfered) होता है। कप एक पिन में लगा होता है जिसका व्यास लगभग $\left[D_4 = \frac{D_3}{4}\right]$ होता है। यह पिन तथा कप की अवकाश फिट (clearance fit) होती है।

(8) स्क्रू के शीर्ष पर घर्षण से उबरने के लिए वाँछित बलाघूर्ता (T_2) ज्ञात करते है।

$$T_2 = \frac{2}{3}\mu_1 W\left[\frac{(R_3)^3 - (R_4)^3}{(R_3)^2 - (R_4)^4}\right] \quad \text{(एक समान दाब की स्थितियाँ मानते हुए)}$$

$$= \mu_1 . W\left[\frac{R_3 + R_4}{2}\right] = \mu_1 WR \quad \text{(एक समान घिसाई की स्थिति मानते हुए)}$$

जहाँ R_3 = शीर्ष की त्रिज्या , तथा R_4 = पिन की त्रिज्या।

(9) अब हैण्डिल पर लगने वाला कुल बलाघूर्ण $T = T_1 + T_2$

यह मानते हुए की एक व्यक्ति 300N से 400N का बल रूक रूक कर (intermittently) लगा सकता है, हत्थे की वाँछित लम्बाई $= \frac{T}{300}$

हत्थे की लम्बाई को पकड़ (Gripping) आदि के लिए छूट रखते हुए तय किया जा सकता है।

(10) हैण्डिल का व्यास 'D', बँकन प्रभाव को विचार करते हुए ज्ञात करते हैं।

हम जानते है कि—

$$M = \frac{\pi}{32} \times \sigma_b \times D^3 \quad \ldots(\because \sigma_b = \sigma_t \text{ या } \sigma_c)$$

(11) शीर्ष (Head) की ऊचाँई (H) प्राय: हैण्डिल के व्यास (D) से दुगुनी रखी जाती है अर्थात् $H = 2D$

(12) अब स्क्रू की जाँच बँकन भार (buckling load) के लिए करते हैं।

स्क्रू की प्रभावी लम्बाई L = स्क्रू की लिफ्ट + $\frac{1}{2}$ × नट की ऊँचाई

हम जानते हैं कि, बहकाव या क्रान्तिक भार

$$W_{cr} = A_c . \sigma_y \left[1 - \frac{\sigma_y}{4C\pi^2 E}\left(\frac{L}{K}\right)^2\right]$$

जहाँ σ_y = पराभव प्रतिबल

AKC TECHNICAL CLASSES

C = सिरा बद्धता-गुणाँक का एक बद्ध तथा एक स्वतन्त्र सिरा वाले स्क्रू के लिए $C = 0.25$

K = परिभ्रमण त्रिज्या $= 0.25\, d_c$

इस व्यँजक द्वारा प्राप्त बहकाव भार, उस भार से अधिक होना चाहिए जिसके लिए स्क्रू अभिकल्पित किया गया है।

(13) स्क्रू जैक की बॉडी के लिए विमाएँ तय करते हैं।

(14) स्क्रू जैक की दक्षता (efficiency) ज्ञात करते हैं।

उदाहरण 7.16—एक स्क्रू जैक 80 kN भार, 400 mm ऊँचाई तक उठा सकता है। तनाव तथा सम्पीड़न में स्क्रू पदार्थ के लिए प्रत्यास्था सामर्थ्य 200 MPa तथा कर्तन में 120 MPa है। नट का पदार्थ फास्फर ब्रौंज है जिसके लिए प्रत्यास्था सीमा, तनाव में 100 MPa, सम्पीड़न में 90 MPa तथा कर्तन में 80 MPa है। स्क्रू तथा नट के मध्य बियरिंग दाब 18 N/mm² से अधिक नहीं है। स्क्रू जैक का अभिकल्पन कीजिए जिसमें ① स्क्रू, ② नट, ③ हैण्डिल तथा कप, और ④ बॉड़ी संनिहित है।

हल—दिया है,

$$W = 80\,\text{kN} = 80 \times 10^3\,\text{N},\ H_1 = 400\,\text{mm} = 0.4\,\text{m},\ \sigma_{et} = \sigma_{ec} = 200\,\text{MPa} = 200\,\text{N/mm}^2$$

$$\tau_e = 120\,\text{MPa} = 120\,\text{N/mm}^2,\ \sigma_{\text{el(nut)}} = 100\,MPa = 100\,\text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{ec(nut)}} = 90\,\text{MPa} = 90\,\text{N/mm}^2,\ \tau_{\text{e(nut)}} = 80\,\text{MPa} = 80\,\text{N/mm}^2,\ p_b = 18\,\text{N/mm}^2$$

स्क्रू जैक के विभिन्न भागों का अभिकल्पन निम्न प्रकार है—(देखें चित्र 7.23)

1. स्क्रू का अभिकल्पन—

माना, स्क्रू का कोर व्यास $= d_c$

क्योंकि स्क्रू, संपीडन में है, अत: भार (W) $= \frac{\pi}{4}(d_1)^2 \times \frac{\sigma_{ec}}{\text{FOS}}$

$$\therefore \quad 80 \times 10^3 = \frac{\pi}{4}(d_c)^2 \times \frac{200}{2} = 78.55\,(d_c)^2 \qquad \text{[सुरक्षा गुणाँक (F.O.S) = 2]}$$

हल करने पर,

$$d_c = 32\,\text{mm}.$$

वर्गाकार चूड़ी की समान्य श्रेणी के लिए, स्क्रू की विमाएँ तालिका 7.4 से चयन करते हैं—

कोर व्यास, $\boldsymbol{d_c = 38}$ **mm** — उत्तर

स्पिंड़ल का नामित या बाह्य व्यास, $\boldsymbol{d_0 = 46}$ **mm** — उत्तर

चूड़ियों का पिच, $\boldsymbol{p = 8}$ **mm** — उत्तर

> ***महत्त्वपूर्ण—**
>
> 32 mm से बड़ा मान $d_c = 33$ mm है। लेकिन $d_c = 33$ mm पर मुख्य प्रतिबलों का मान, अनुमेय मान से **अधिक हो** जाता है। अत: कोर व्यास 38 mm लिया गया है। अत: कोर व्यास 38 mm लिया गया है।

अब मुख्य प्रतिबलो के लिए जाँच करते है—

$$\text{स्क्रू का माध्य व्यास, } d = \frac{d_0 + d_c}{2} = \frac{46 + 38}{2} = 42\,\text{mm}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

तथा $$\tan\alpha = \frac{p}{\pi d} = \frac{8}{\pi\times 42} = 0.0606$$

माना, नट तथा स्क्रू के मध्य घर्षण गुणाँक, $\mu = \tan\phi = 0.14$

नट स्क्रू को घुमाने हेतु वाँछित बलाघूर्ण, $T_1 = P\times\frac{d}{2} = W.\tan(\alpha+\phi).\frac{d}{2}$

$$\therefore \quad T_1 = W\left[\frac{\tan\alpha+\tan\phi}{1-\tan\alpha.\tan\phi}\right]\times\frac{d}{2}$$

$$= 80\times10^3\left[\frac{0.0606+0.14}{1-0.0606\times0.14}\right]\frac{42}{2}$$

$$= 340\times10^3 \text{ N–mm}$$

अक्षीय भार के कारण संपीडन प्रतिबल, $\sigma_c = \frac{W}{A_c} = \frac{W}{\frac{\pi}{4}(d_c)^2}$

$$\therefore \quad \sigma_c = \frac{80\times10^3}{\frac{\pi}{4}(38)^2} = 70.53 \text{ N/mm}^2$$

बलाघूर्ण के कारण कर्तन प्रतिबल, $\tau = \frac{16T_1}{\pi(d_c)^3} = \frac{16\times340\times10^3}{\pi(38)^3} = 31.55 \text{ N/mm}^2$

अधिकतम मुख्य प्रतिबल (तनाव या संपीड़न), σ_c (अधिकतम) $= \frac{1}{2}\left[\sigma_c + \sqrt{(\sigma_c)^2+4\tau^2}\right]$

$$= \frac{1}{2}\left[70.53+\sqrt{(70.53)^2+4(31.55)^2}\right]$$

$$= \frac{1}{2}[7053+94.63] = 82.58 \text{ N/mm}^2$$

σ_c का दिया गया मान $= \frac{\sigma_{ec}}{\text{F.O.S.}} = \frac{200}{2} = 100 \text{ N/mm}^2$

अधिकतम कर्तन प्रतिबल, $\tau_{max} = \frac{1}{2}\left[\sqrt{(\sigma_c)^2+4\tau^2}\right] = \frac{1}{2}\left[\sqrt{(70.53)^2+4(31.55)^2}\right]$

$$= \frac{1}{2}\times94.63 = 47.315 \text{ N/mm}^2$$

τ का दिया गया मान $= \frac{\tau_c}{\text{F.O.S.}} = \frac{120}{2} = 60 \text{ N/mm}^2$

$\because$ अधिकतम प्रतिबलो का मान सीमाओ के अन्दर है अतः **स्क्रू का अभिकल्पन सुरक्षित है।**

2. नट का अभिकल्पन—

माना, $n =$ स्पिँडल स्क्रू के सम्पर्क में चूडियों की संख्या

$h =$ नट की ऊँचाई $= n\times p$,

AKC TECHNICAL CLASSES

तथा $t =$ स्क्रू की मोटाई $= \frac{p}{2} = \frac{8}{2} = 4$ mm

माना, नट की अनुप्रस्थ काट पर भार, एक समान रूप से वितरित है—

अब बियरिंग दाब $(p_b) = \dfrac{W}{\frac{\pi}{4}[(d_o)^2 - (d_c)^2]n}$

$$\therefore \quad 18 = \frac{80 \times 10^3}{\frac{\pi}{4}[(46)^2 - (38)^2]n} = \frac{151.6}{n}$$

$$\therefore \quad n = \frac{151.6}{18} = 8.4$$ माना **10 चूड़ियाँ** उत्तर

$\therefore$ नट की ऊँचाई $h = np = 10 \times 8 = \mathbf{80\ mm}$ उत्तर

अब, स्क्रू तथा नट में उत्पन्न प्रतिबलों की जाँच करते हैं।

$$\text{स्क्रू में कर्तन प्रतिबलए } \tau_{(\text{स्क्रु})} = \frac{W}{\pi . n . d_c . t} = \frac{80 \times 10^3}{\pi \times 10 \times 38 \times 4} = 16.15 \text{ N/mm}^2$$

[यहाँ $t = \frac{P}{2} = 4$ mm]

$$\text{तथा} \quad \text{नट में कर्तन प्रतिबल } \tau_{(\text{नट})} = \frac{W}{\pi . n . d_0 . t} = \frac{80 \times 10^3}{\pi \times 10 \times 46 \times 4} = 13.84 \text{ N/mm}^2$$

इन प्रतिबलों का मान, अनुमेय मानों के भीतर है अत: नट के अभिकल्पन सुरक्षित है।

माना, D_1 = नट का बाह्य व्यास,

D_2 = नट कॉलर का बाह्य व्यास,

तथा t_1 = नट कॉलर की मोटाई

अब, नट की फटन सामर्थ्य पर विचार करते हैं,

$$W = \frac{\pi}{4}[(D_1)^2 - (d_0)^2]\sigma_t$$

$$\therefore \quad 80 \times 10^3 = \frac{\pi}{4}[(D_1)^2 - (46)^2] \times \frac{100}{2} \qquad \left[\sigma_t = \frac{\sigma_{et(\text{नट})}}{\text{F.O.S}}\right]$$

$$= 39.3[(D_1)^2 - 2116]$$

हल करने पर,

$$D_1 = 65 \text{ mm}$$ उत्तर

नट के कॉलर की क्रसिंग (crushing) पर विचार करने पर,

$$W = \frac{\pi}{4}[(D_2)^2 - (D_1)^2].\sigma_c$$

$$\therefore \quad 80 \times 10^3 = \frac{\pi}{4}[(D_2{}^2) - (65)^2] \times \frac{90}{2} \qquad \left[\sigma_c = \frac{\sigma_{ec(\text{नट})}}{\text{F.O.S}}\right]$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$=35.3[(D_2)^2 - 4225]$$

हल करने पर,

$$\mathbf{D_2 = 80.6 \simeq 82\ mm\ (\text{माना})}$$ **उत्तर**

नट के कॉलर के कर्तन पर विचार करने पर,

$$W = \pi D_1 \times t_1 \times \tau$$

$$80 \times 10^3 = \pi \times 65 \times t_1 \times \frac{80}{2}, \qquad \left[\tau = \frac{t_{e(uV)}}{F.O.S.}\right]$$

हल करने पर,

$$\mathbf{t_1 = 10\ mm}$$ **उत्तर**

3. कप तथा हैण्डिल का अभिकल्पन—स्क्रू के ऊपर शीर्ष (Head) का व्यास (D_3) से प्राय: स्क्रू के बाह्य व्यास (d_o) का 1.75 गुना माना जाता है।

$$\therefore \quad D_3 = 1.75 \times d_o = 1.75 \times 46 = \mathbf{80.5 \simeq 82\ mm}\ (\text{माना})$$ **उत्तर**

शीर्ष में दो छिद्र एक दूसरे से समकोण पर बने होते हैं जिसमें हैण्डिल डालकर शीर्ष को घुमाया जाता है। कप की सीट का व्यास, शीर्ष के व्यास अर्थात् 82 mm के बराबर होगी। कप को शीर्ष पर बने एक पिन पर फिट किया जाता है जिसका व्यास $D_4 = 20$ mm होगा। कप की अन्य विमाएँ निम्न प्रकार होंगी—

$$\left.\begin{array}{l} \text{कप की ऊँचाई} = 50\ \text{mm} \\ \text{कप की मोटाई} = 10\ \text{mm} \\ \text{कप शीर्ष का व्यास} = 160\ \text{mm} \end{array}\right\} \textbf{उत्तर}$$

अब, स्क्रू के शीर्ष पर घर्षण से उबरने के लिए वाँछित बलआघूर्ण (T_2) ज्ञात करते हैं।

एक समान दाब परिस्थितिया मानते हुए,

$$T_2 = \frac{2}{3} \times \mu_1 W \left[\frac{(R_3)^3 - (R_4)^3}{(R_3)^2 - (R_4)^2}\right]$$

$$\therefore \quad T_2 = \frac{2}{3} \times 0.14 \times 80 \times 10^3 \left[\frac{\left(\frac{82}{2}\right)^3 - \left(\frac{20}{2}\right)^3}{\left(\frac{82}{2}\right)^2 - \left(\frac{20}{2}\right)^2}\right] \qquad (\text{यहाँ } \mu_1 = \mu = 0.14 \text{ मानने पर})$$

$$= 7.47 \times 10^3 \left[\frac{(41)^3 - (10)^3}{(41)^2 - (10)^2}\right] = 321 \times 10^3 \text{ N-mm}$$

$\therefore$ हैण्डिल पर लगा कुल बलाघूर्ण $T = T_1 + T_2 = 340 \times 10^3 + 321 \times 10^3 = 661 \times 10^3$ Nmm

यह मानते हुए कि एक व्यक्ति 300 N का बल रुक रुक कर (intermittently) लगाता है, हैण्डिल की वाँछित लम्बाई

$$= \frac{661 \times 10^3}{300} = 2203 \text{ mm}$$

कुछ लम्बाई पकड़ (grip) के लिए मानते हुए, हैण्डिल की वाँछित लम्बाई $\mathbf{L = 2250\ mm}$ **उत्तर**

AKC TECHNICAL CLASSES

हम जानते हैं कि लीवर के सिरे पर अतिरिक्त बल लगाने से बंकन प्रभाव (Bending effect) उत्पन्न होगा। बंकन प्रभाव पर विचार करते हुए, हैण्डिल पर अधिकतम बंकन घूर्ण (Maximum Bending Moment)

$$M = \text{आवश्यक बल} \times \text{लीवर की लम्बाई}$$

$$= 300 \times 2250 = 675 \times 10^3 \text{ Nmm}$$

माना D = हैण्डिल का व्यास

स्क्रू तथा हैण्डिल का पदार्थ समान मानते हुए, बंकन प्रतिबल $\sigma_b = \sigma_t = \frac{\sigma_{et}}{2} = 100 \text{ N/mm}^2$

$$\text{बकँन आघूर्ण } M = \frac{\pi}{32} \times \sigma_b \times D^3$$

हल करने पर,

$$\therefore \quad D = 40.96 \simeq \mathbf{42\ mm}$$ उत्तर

शीर्ष की ऊँचाई (H) को $2D$ मानने पर,

$$H = 2D = 2 \times 42 = \mathbf{84\ mm}$$ उत्तर

अब स्क्रू पर बहकाव भार (Buckling load) की जाँच करते हैं—

स्क्रू के बकलिंग के लिए प्रभावी लम्बाई

$$L = \left[\text{स्क्रु की उठान} + \frac{1}{2} \times \text{नट की ऊँचाई}\right]$$

$$= H_1 + \frac{h}{2} = 400 + \frac{80}{2} = \mathbf{440\ mm}$$ उत्तर

स्क्रू के अधिकतम उठान पर, इसे एक स्ट्रट की भाँति, जिसका एक सिरा बद्ध तथा दूसरा स्वतन्त्र है, माना जा सकता है।

हम जानते हैं कि

$$\text{क्रान्तिक भार, } W_{cr} = A_c \times \sigma_y \left[1 - \frac{\sigma_y}{4C\pi^2 E}\left(\frac{L}{K}\right)^2\right]$$

एक सिरा बद्ध तथा दूसरा स्वतन्त्र हो तो C = सिरा बद्धता गुणाँक $= 0.25$

तथा $\quad K = 0.25\, d_c = 0.25 \times 38 = 9.5 \text{ mm}$

$$\therefore \quad W_{cr} = \frac{\pi}{4}(38)^2 \times 200\left[1 - \frac{200}{4 \times 0.25 \times \pi^2 \times 210 \times 10^3}\left(\frac{440}{9.5}\right)^2\right] \quad (\sigma_y = \sigma_{et} \text{ मानने पर})$$

$$= \mathbf{179894\ N.}$$

क्योंकि क्रान्तिक भार का मान, अभिकल्पित भार (अर्थात् 80×10^3 N) से अधिक है अत: स्क्रू के बहकाव (buckling) की सम्भावना नहीं है।

4. बॉड़ी का अभिकल्पन—

बॉडी की विभिन्न विमाएँ निम्न प्रकार हैं—

शीर्ष पर बॉड़ी का व्यास, $D_5 = 1.5\, D_2 = 1.5 \times 82 = 123$ mm उत्तर

बॉड़ी की मोटाई, $t_3 = 0.25 \times d_0 = 0.25 \times 46 = 11.5 \simeq \mathbf{12\ mm}$ (माना) उत्तर

AKC TECHNICAL CLASSES

तली (bottom) पर अन्त: व्यास, $D_6 = 2.25\, D_2 = 2.25 \times 82 = \mathbf{185\ mm}$ **उत्तर**

तली पर बाह्य: व्यास, $D_7 = 1.75\, D_6 = 1.75 \times 185 = \mathbf{320\ mm}$ **उत्तर**

आधार की मोटाई, $t_2 = 2t_1 = 2 \times 10 = \mathbf{20\ mm}$ **उत्तर**

बाड़ी की ऊँचाई = अधिकतम उठान + नट की ऊँचाई + 100 mm अतिरिक्त

$$= 400 + 80 + 100 = \mathbf{580\ mm}$$ **उत्तर**

स्क्रू जैक के स्थायीत्व को प्राप्त करने के लिए बॉड़ी को टेपरित बनाया जाता है—

अब स्क्रू जैक की दक्षता ज्ञात करते हैं। हम जानते हैं कि बिना घर्षण, स्क्रू को घुमाने हेतु वाँछित बलाघूर्ण (Torque)

$$T_0 = W \tan\alpha \times \frac{d}{2}$$

$$\therefore \quad T_0 = 80 \times 10^3 \times 0.0606 \times \frac{42}{2} = 101808 \text{ Nmm}$$

$$\therefore \quad \text{स्क्रू जैक की दक्षता, } \eta = \frac{T_0}{T} = \frac{101808}{661 \times 1000} = \mathbf{0.154}$$

$$\therefore \quad \eta = \mathbf{15.4\%}$$ **उत्तर**

विभिन्न प्रकार की चुडियों की मूल विमाओं को निम्न तालिकाओं में प्रदर्शित किया गया है।

Table 7.3.-IS : 4694-1968 के अनुसार वर्गाकार चुडियों की मूल विमाएँ (महीन श्रेणी) (पुन: पुष्टि 1996) [Basic dimensions for square threads in mm (Fine series) according to IS : 4694-1968 (Reaffirmed 1996)]

Nominal diameter (d_1)	Major diameter		Minor diameter (d_c)	Pitch (p)	Depth of thread		Area of core (A_c) mm^2
	Bolt (d)	Nut (D)			Bolt (h)	Nut (H)	
10	10	10.5	8	2	1	1.25	50.3
12	12	12.5	10				78.5
14	14	14.5	12				113
16	16	16.5	14	2	1	1.25	154
18	18	18.5	16				201
20	20	20.5	18				254
22	22	22.5	19				284
24	24	24.5	21				346
26	26	26.5	23				415
28	28	28.5	25				491
30	30	30.5	27				573
32	32	32.5	29				661
(34)	34	34.5	31				755
36	36	36.5	33	3	1.5	1.75	855

AKC TECHNICAL CLASSES

d_1	(d)	D	(d_c)	p	h	H	A_c
(38)	38	38.5	35				962
40	40	40.5	37				1075
42	42	42.5	39				1195
44	44	44.5	41				1320
(46)	46	46.5	43				1452
48	48	48.5	45				1590
50	50	50.5	47				1735
52	52	52.5	49				1886
55	55	55.5	52				2124
(58)	58	58.5	55				2376
60	60	60.5	57				2552
(62)	62	62.5	59				2734
65	65	65.5	61				2922
(68)	68	68.5	64				3217
70	70	70.5	66				3421
(72)	72	72.5	68				3632
75	75	75.5	71				3959
(78)	78	78.5	74				4301
80	80	80.5	76				4536
(82)	82	82.5	78				4778
(85)	85	85.5	81	4	2	2.25	5153
(88)	88	88.5	84				5542
90	90	90.5	86				5809
(92)	92	92.5	88				6082
95	95	95.5	91				6504
(98)	98	98.5	94				6960
100	100	100.5	96				7238
(105)	105	105.5	101	4	2	2.25	8012
110	110	110.5	106				8825
(115)	115	115.5	109				9331
120	120	120.5	114				10207
(125)	125	125.5	119				11122
130	130	130.5	124				12076
(135)	135	135.5	129				13070

AKC TECHNICAL CLASSES

d_1	(d)	D	(d_c)	p	h	H	A_c
140	140	140.5	134	6	3	3.25	14103
(145)	145	145.5	139				15175
150	150	150.5	144				16286
(155)	155	155.5	149				17437
160	160	160.5	154				18627
(165)	165	165.5	159				19856
170	170	170.5	164				21124
(175)	175	175.5	169				22432

नोट—ब्रैकेट में दिये गये व्यास दूसरी वरीयता है।

Table 7.4 IS: 4694-1968 के अनुसार वर्गाकार चूडियों की मूल विमाएँ (सामान्य श्रेणी) (पुनः पुष्टि 1996)) [Basic dimensions for square threads in mm (Normal series) according to IS : 4694-1968 (Reaffirmed 1996)]

Nominal diameter (d_1)	Major diameter		Minor diameter (d_c)	Pitch (p)	Depth of thread		Area of core (A_c) mm^2
	Bolt (d)	Nut (D)			Bolt (h)	Nut (H)	
22	22	22.5	17	5	2.5	2.75	227
24	24	24.5	19				284
26	26	26.5	21				346
28	28	28.5	23				415
30	30	30.5	24	6	3	3.25	452
32	32	32.5	26				531
(34)	34	34.5	28				616
36	36	36.5	30				707
(38)	38	38.5	31	7	3.5	3.75	755
40	40	40.5	33				855
(42)	42	42.5	35				962
44	44	44.5	37				1075
(46)	46	46.5	38	8	4	4.25	1134
48	48	48.5	40				1257
50	50	50.5	42				1385
52	52	52.5	44				1521
55	55	55.5	46	9	4.5	5.25	1662
(58)	58	58.5	49				1886

AKC TECHNICAL CLASSES

d_1	(d)	D	(d_c)	p	h	H	A_c
(60)	60	60.5	51				2043
(62)	62	62.5	53				2206
65	65	65.5	55				2376
(68)	68	68.5	58				2642
70	70	70.5	60	10	5	5.25	2827
(72)	72	72.5	62				3019
75	75	75.5	65				3318
(78)	78	78.5	68				3632
80	80	80.5	70				3848
(82)	82	82.5	72				4072
85	85	85.5	73				4185
(88)	88	88.5	76				4536
90	90	90.5	78	12	6	6.25	4778
(92)	92	92.5	80				5027
95	95	95.5	83				5411
(98)	98	98.5	86				5809
100	100	100.5	88				6082
(105)	105	105.5	93				6793
110	110	110.5	98				7543
(115)	115	116	101				8012
120	120	121	106				882
(125)	125	126	111	14	7	7.5	9677
130	130	131	116				10568
(135)	135	136	121				11499
140	140	141	126				12469
(145)	145	146	131				13478
150	150	151	134				14103
(155)	155	156	139	16	8	8.5	15175
160	160	161	144				16286
165	165	166	149				17437
170	170	171	154	16	8	8.5	18627
(175)	175	176	159				19856

* **नोट**—ब्रैकिट में दिये गये व्यास दसरी वरीयता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

Table 7.5—IS : 4694-1968 के अनुसार वर्गाकार चूड़ियों की मूल विमाएँ (रुक्ष श्रेणी (पुनः पुष्टि 1996))
[Basic dimensions for square threads in mm (Coarse series) according to IS : 4694-1968 (Reaffirmed 1996)]

Nominal diameter (d_1)	Major diameter		Minor diameter (d_c)	Pitch (p)	Depth of thread		Area of core (A_c) mm^2
	Bolt (d)	Nut (D)			Bolt (h)	Nut (H)	
22	22	22.5	14	8	4	4.25	164
24	24	24.5	16				204
26	26	26.5	18				254
28	28	28.5	20				314
30	30	30.5	20	10	5	5.25	314
32	32	32.5	22				380
(34)	34	34.5	24				452
36	36	36.5	26				531
(38)	38	38.5	28				616
40	40	40.5	28	12	6	6.25	616
(42)	42	42.5	30				707
44	44	44.5	32				804
(46)	46	46.5	34				908
48	48	48.5	36				1018
50	50	50.5	38				1134
52	52	52.5	40				1257
55	55	56	41	14	7	7.25	1320
(58)	58	59	44				1521
60	60	61	46				1662
(62)	62	63	48				1810
65	65	66	49	16	8	8.5	1886
(68)	68	69	52				2124
70	70	71	54				2290
(72)	72	73	56				2463
75	75	76	59				2734
(78)	78	79	52				3019
80	80	81	54				3217
(82)	82	83	66				3421
85	85	86	67				3526
(88)	88	89	70				3848

AKC TECHNICAL CLASSES

d_1	(d)	D	(d_c)	p	h	H	A_c
90	90	91	72	18	9	9.5	4072
(92)	92	93	74				4301
95	95	96	77				4657
(96)	96	97	80				5027
100	100	101	80	20	10	10.5	5027
(105)	105	106	85				5675
110	110	111	90				6362
115	115	116	93	22	11	11.5	6793
120	120	121	98				7543
(125)	125	126	103				8332
130	130	131	108				9161
135	135	136	111	24	12	12.5	9667
140	140	141	116				10568
(145)	145	146	121				11499
150	150	151	126				12469
(155)	155	156	131				13478
160	160	161	132	28	14	14.5	13635
(165)	165	166	137				14741
170	170	171	142				15837
(175)	175	176	147				16972

नोट—ब्रैकेट में दिये गये व्यास दूसरी वरीयता है।

Table 7.6 : समलम्बाकार/एक्मे चूडियों की मूल विमाएँ (Basic dimensions for trapezoidal Acme threads.)

Nominal or major diameter (d) mm.	Minor or core diameter (d_c) mm	Pitch (p) mm	Area of core (A_c) mm^2
10	6.5	3	33
12	8.5		57
14	9.5	4	71
16	11.5		105
18	13.5		143
20	15.5		189
22	16.5		214

AKC TECHNICAL CLASSES

d	d_c	p	A_c
24	18.5	5	269
26	20.5		330
28	22.5		389
30	23.5		434
32	25.5	6	511
34	27.5		594
36	29.5		683
38	30.5		731
40	32.5	7	830
42	34.5		935
44	36.5		1046
46	37.5		1104
48	39.5	8	1225
50	41.5		1353
52	43.5		1486
55	45.5		1626
58	48.5	9	1847
60	50.5		2003
62	52.5		2165
65	54.5		2333
68	57.5		2597
70	59.5	10	2781
72	61.5		2971
75	64.5		3267
78	67.5		3578
30	69.5		3794
82	71.5		4015
85	72.5		4128
88	75.5		4477
90	77.5		4717
92	79.5		4964
95	82.5	12	5346
98	85.5		5741
100	87.5		6013

AKC TECHNICAL CLASSES

d	d_c	p	A_c
105	92.5		6720
110	97.5		7466
115	100		7854
120	105	14	8659
125	110	14	9503
130	115	14	10387
135	120	14	11310
140	125	14	12272
145	130	14	13273
150	133	14	13893
155	138	16	14957
160	143	16	16061
165	148	16	17203
170	153	16	18385
175	158	16	19607

प्रश्नावली (Exercise)

1. चूड़ीदार जोड़ को परिभाषित कीजिये।
2. चूड़ीदार जोड़ के लाभ एवं हानियाँ लिखिये।
3. चूड़ीदार जोड़ पर लगने वाले विभिन्न बलों को लिखिये।
4. चूड़ी की पिच व अग्रता (lead) में क्या अन्तर है?
5. एक चूड़ी की पिच क्या होती है? **(UP 1998)**
6. यदि बोल्ट का उपयोग किसी एसैम्बली में होता है, तो वे किस प्रकार के भार को वहन करते हैं और कैसे विफल होते हैं? **(UP 2003)**
7. एकल एवं बहु चूड़ी में अन्तर स्पष्ट कीजिये। बहु चूड़ी को अभियान्त्रिकी कार्यों में क्यों प्रयोग नहीं करते हैं?
8. चूड़ीदार जोड़ के लाभ बताइये। चूड़ीदार जोड़ों का उपयोग करना किन परिस्थितियों में अलाभकारी होता है? विवेचना कीजिये।
9. स्टड एवं बोल्ट में अन्तर स्पष्ट कीजिये।
10. स्टडों को बोल्ट पर कब वरीयता दी जाती है? **(UP 1990)**
11. ढिबरी की विभिन्न बन्धन युक्तियों के नाम लिखिये।
12. किन्ही तीन प्रकार की चूड़ी आकृतियाँ बनाइये।

AKC TECHNICAL CLASSES

13. बोल्ट की चूडियों के लिए निम्न पदो को समझाये—
   (i) बोल्ट शैंक
   (ii) पिच व्यास, निम्न व्यास एवँ मुख्य व्यास (Pitch dia, Minor-dia, Major-dia)
   (iii) चूड़ीकोण (Thread angle)
   (iv) चूड़ी पिच (Thread pitch)
   (v) चूड़ियों के प्रकार (Types of thread)
14. बोल्ट पर प्रारम्भिक कसने वाले भार तथा बाह्य लगने वाले भार के महत्व की व्याख्या कीजिये।
15. सिलिण्डर कवर के लिए बोल्ट या स्टड़ का अभिकल्पन (design) किस प्रकार किया जाता है?
16. पेंच चूड़ियों को किस प्रकार प्रदर्शित किया जाता है, समझाये।
17. एक पावर स्क्रू का अभिकल्पन किस प्रकार किया जाता है? संक्षेप में समझाइये।
18. वर्गाकार चूड़ीदार स्क्रू की दक्षता तथा अधिकतम दक्षता क्या है? समझाइये।
19. एक स्क्रूजैक के अभिकल्पन के प्रमुख पदो को समझाइये।
20. यदि अनुमेय तनाव प्रतिबल का मान 50 N/mm^2 है, तो रुक्ष चूड़ी वाला M_{30} बोल्ट कितना सुरक्षित द्रव्यमान सहन कर सकता है?
   [उत्तर—28050 N]
21. 80×10^3 N का स्थिर द्रव्यमान एक आई-बोल्ट द्वारा उठाया जाना है। बोल्ट के पदार्थ का अन्तिम तनाव प्रतिबल 400 N/mm^2 है। यदि इस अन्तिम प्रतिबल पर सुरक्षा गुणांक 4 हो, तो बोल्ट का अंकलित व्यास (nominal diameter) ज्ञात कीजिये। बोल्ट का कोर व्यास (core diameter) अंकलित व्यास (nominal diameter) का 0.8 गुणा है।
   [उत्तर—39.9 mm]
22. एक द्रवीय सिलिण्डर का ढक्कन दो बोल्टों की सहायता से कसा गया है। सिलिण्डर का आन्तरिक व्यास 50 mm है और सिलिण्डर में पानी का दाब 4 N/mm^2 है। यदि बोल्टों के पदार्थ में अनुमेय प्रतिबल 50 N/mm^2 हो तो, बोल्टों का व्यास ज्ञात कीजिये।
   [उत्तर—13.09 mm, M_{14} साइज का बोल्ट]
23. एक इन्जन के सिलिण्डर का व्यास 200 mm है तथा 16 mm के पाँच षटभुजाकार शीर्ष के बोल्ट द्वारा कवर को स्थिति में रखा गया है। आन्तरिक गैस का दाब 1.1 N/mm^2 परम है। प्रत्येक बोल्ट में उत्पन्न प्रतिबल की गणना कीजिये। अनुपातिक विमायें दर्शाते हुए वोल्ट का मुक्त हस्त-चित्र खींचिये।
   [उत्तर—51.18 N/mm^2]
24. सिलिण्डर का प्रभावी व्यास 400 mm है। सिलिण्डर हैड पर क्रियाशील अधिकतम भाप दबाव 1.1 N/mm^2 है। बोल्ट पदार्थ में तनन के दौरान अनुमेय प्रतिबल 32 N / mm^2 है। आवश्यक बोल्टों की संख्या तथा नाप ज्ञात कीजिए।
   [उत्तर—24 mm, 14]
25. एक भाप इंजन के सिलिण्डर में उसके शीर्ष को 12 बोल्टो द्वारा कसा गया है। जोड़ को ताँबे की गैसकेट प्रयोग करके भापरोधी बनाया गया है। इस स्थिति में $K = 0.25$ है। यदि सिलिण्डर में भाप का दाब 1.1 MPa हो और सिलिण्डर का व्यास 40 cm हो तो $M36$ साइज के रुक्ष चूड़ी वाले वोल्ट में कितना प्रतिबल उत्पन्न होगा?
   [उत्तर—129 N / mm^2]

AKC TECHNICAL CLASSES

26. एक भाप इन्जन के सिलिण्डर शीर्ष पर 0.7 N/mm^2 का भाप दाब लगा है। इसे 12 बोल्टो द्वारा इस स्थिति में बनाये रखा गया है। एक मृदु ताँबे की गास्केट, जोड़ को लीकपूफ़्र बनाता है। सिलिण्डर का प्रभावी व्यास 300 mm है। यदि बोल्टो में प्रतिबल 100 MPa से अधिक न हो तो बोल्टो का साइज ज्ञात कीजिए।

[उत्तर—M-52]

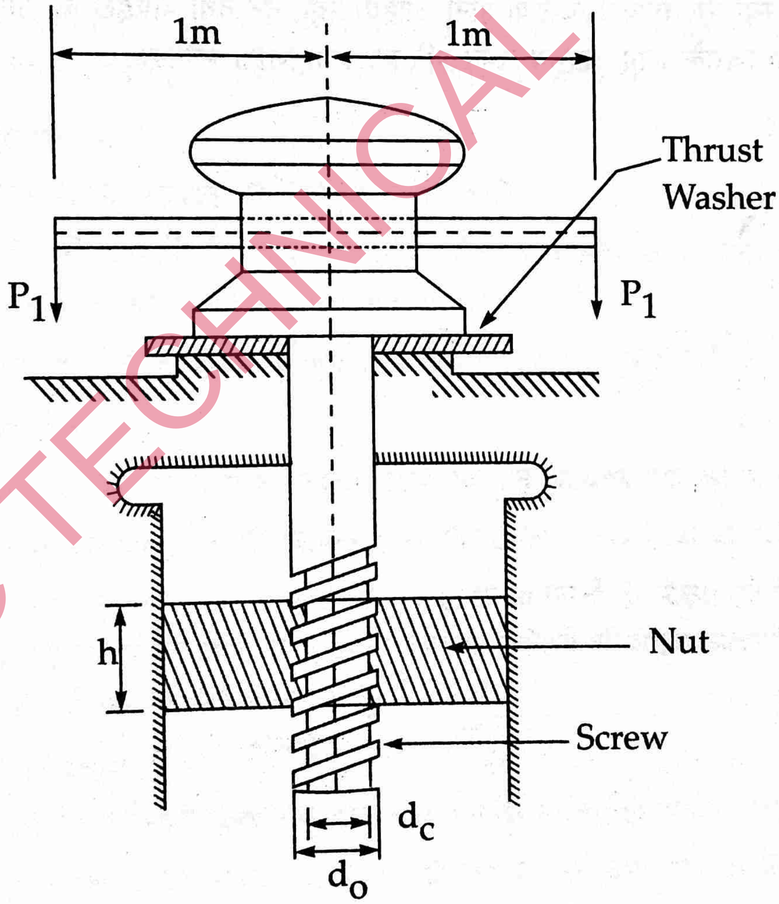
27. एक खराद के लीड-स्क्रू पर 50 mm बाह्य व्यास तथा 8 mm पिच की एक्मे (Acme) चूडियाँ बनी है। टूल कैरेज को चलाने हेतु स्क्रू पर 2500 N बल की आवश्यकता होती है। लीड़ स्क्रू 30 rpm पर घूमती है तथा थ्रस्ट (Thrust) एक कॉलर पर लगा है जिसका बाह्य व्यास 110 mm तथा अन्त: व्यास 55 mm है। स्क्रू तथा कॉलर पर घर्षण गुणांक क्रमश 0.15 तथा 0.12 मानते हुए ज्ञात कीजिए।

(i) स्क्रू को चलाने हेतू वॉछित शक्ति, तथा

(ii) लीड़ स्क्रू की दक्षता।

[उत्तर—(i) 0.077 kW (ii) 13%]

28. चित्र 7.24 में प्रदर्शित एक स्लुइस गेट (sluice gate) 18 kN भार का है और वर्गाकार चूड़ीदार स्क्रू द्वारा ऊपर नीचे चलाया जा रहा है। गेट की निम्नतम स्थिति में जल दाब के कारण उत्पन्न घर्षण प्रतिरोध 4000 N है।



चित्र-7.24

स्क्रू का बाह्य व्यास 60 mm तथा पिच 10 mm है। वाशर का बाह्य तथा अन्त: व्यास क्रमश: 150 mm तथा 50 mm है। नट तथा स्क्रू का घर्षण गुणँक 0.1 तथा वाशर एवं सीट के मध्य 0.12 है। ज्ञात कीजिए—

(i) गेट को ऊपर नीचे करने हेतु लीवर के सिरे पर लगाया गया अधिकतम बल

AKC TECHNICAL CLASSES

(ii) व्यवस्था की दक्षता तथा

(iii) $7\,N/mm^2$ के अनुमेय बियरिंग दाब हेतु नट की ऊँचाई तथा सम्पर्क में चूड़ियों की संख्या।

[उत्तर—(i) गेट उठाने के लिए अधिकतम बल $P_1 = 114.1$ N, गेट नीचे करने के लिए अधिकतम बल $P_2 = 50.04$ N (ii) व्यवस्था की दक्षता $\eta = 15.4\%$ (iii) नट की ऊँचाई $h = 40$ mm तथा चूडियों की संख्या $n = 4$]

29. एक हस्त वाइस (hand vice) में 24 mm, बाह्य व्यास की डबल स्टार्ट वर्गाकार चूड़िया वाला स्क्रू लगा है। यदि लीवर 200 mm लम्बा है तथा लीवर के सिरे पर 250 N का अधिकतम बल लगाया जा सकता है तो वाइस के जबड़ों में लगे जॉब (job) पर कितना बल लगाया जा सकता है। घर्षण गुणाँक, 0.12 मानिए।

[उत्तर—17420 N]

30. एक 50 kN भार को 0.4 m ऊँचाई तक उठाने के लिए एक स्क्रू जैक का अभिकल्पन कीजिए। स्क्रू स्टील का तथा नट ब्रोंज का बना होगा जिनके लिए अनुमेय प्रतिबल निम्न प्रकार है—

स्टील के लिए—संपीडन प्रतिबल = 80MPa, कर्तन प्रतिबल = 45 MPa

ब्रोंज के लिए—तनाव प्रतिबल = 40 MPa, बियरिंग प्रतिबल = 15 MPa, तथा कर्तन प्रतिबल = 25 MPa

स्टील तथा ब्रोंज युग्म के मध्य घर्षण गुणँक 0.12 है। घुमने वाले आधार (swivel base) की विमाएँ समानुपातिक मानी जा सकती है। स्क्रू पर वर्गाकार चूड़ियाँ होनी चाहिए। स्क्रू, नट तथा हैण्डिल का अभिकल्पन कीजिए। हैण्डिल इस्पात का बना होगा जिसके लिए अनुमेय नमन प्रतिबल 150 MPa मानिए।

■

AKC TECHNICAL CLASSES

MODEL PAPER

समय–2.30 घण्टे **अधिकतम अंक–50**

नोट–सभी प्रश्न करने है।

1. कोई दो भाग कीजिए– **(5 × 2)**

(a) मशीन अंगों के डिज़ाइन में सामान्य ध्यान देने योग्य बातों का विवेचना कीजिए।

(b) एक मशीन अव्यय की डिज़ाइन के लिए सुरक्षा गुणाँक के चुनाव के लिए ध्यान रखने योग्य बातें को समझाइए।

(c) मशीन अव्यय के डिज़ाइन में सौन्दर्य बोध (Aesthetic Consideration) पर टिप्पणी कीजिए।

2. कोई दो भाग कीजिए– **(5 × 2)**

(a) असफलता के अधिकतम मुख्य प्रतिबल सिद्धान्त तथा अधिकतम कर्तन प्रतिबल सिद्धान्त को समझाइये।

(b) ऐठन में एक खोखले शाफ्ट के ठोस शाफ्ट पर लाभो/अलाभो को समझाइये।

(c) एक ठोस शाफ्ट पर 3460 N-m का नमन आधूर्ण तथा 11500 N-m का बल आधूर्ण लगाया गया है। शाफ्ट इस्पात, जिसका अन्तिम तनाव प्रतिबल 690 MPa तथा अन्तिम कर्तन प्रतिबल 517.5 MPa है, की बनी है। सुरक्षा-गुणाँक 6 मानते हुए शाफ्ट का सुरक्षित व्यास ज्ञात कीजिए।

3. कोई दो भाग कीजिए– **(5 × 2)**

(a) कुजियों (Keys) के डिज़ाइन की विधि का वर्णन कीजिए।

(b) 60mm व्यास की शाफ्ट के लिए एक आयताकार कुँजी का अभिकल्पन कीजिए। कुँजी के पदार्थ अनुमेय कर्तन एवं क्रसिंग प्रतिबल क्रमश: 42 N/mm^2 एवं 70 N/mm^2 है।

(c) वेल्डन जोड़ों के रिवेटित जोड़ों पर क्या लाभ तथा हानियाँ है? स्पष्ट कीजिए।

4. कोई दो भाग कीजिए– **(5 × 2)**

(a) एक नकल जोड़ का स्वच्छ चित्र बनाकर उसके विभिन्न डिज़ाइन पदों को समझाइये।

(b) रिवेट ज़ोड़ के असफल होने की विभिन्न सम्भावनाओं का स्वच्छ चित्रों की सहायता से वर्णन कीजिए।

(c) एक फ्लेंज कपलिंग 140 rpm पर 25 kW शक्ति पारेषित करती है। बोल्टों का पिच वृत्ता व्यास 130 mm है। यदि M14 साइज के बोल्ट प्रयोग करने है। तो आवश्यक बोल्टों की सँख्या ज्ञात कीजिए। बोल्ट में कर्तन प्रतिबल 65MPa से अधिक नहीं होने देना है।

5. कोई दो भाग कीजिए– **(5 × 2)**

(a) बोल्ट पर प्रारम्भिक कसने वाले भार तथा बाह्य भार के महत्व की व्याख्या कीजिए।

(b) एक द्रवीय सिलिण्डर का ढक्कर दो बोल्टों की सहायता से कसा गया है। सिलिण्डर का आन्तरिक व्यास 50 mm है तथा सिलिण्डर में पानी का दाब 4 N/mm^2 है। यदि बोल्टों के पदार्थ में अनुमेय प्रतिबल 50 N/mm^2 हो तो, बोल्टों का व्यास ज्ञात कीजिए।

(c) स्क्रू जैक (Screw jack) के अभिकल्पन के विभिन्नताओं का संक्षिप्त वर्णन कीजिए।

AKC TECHNICAL CLASSES