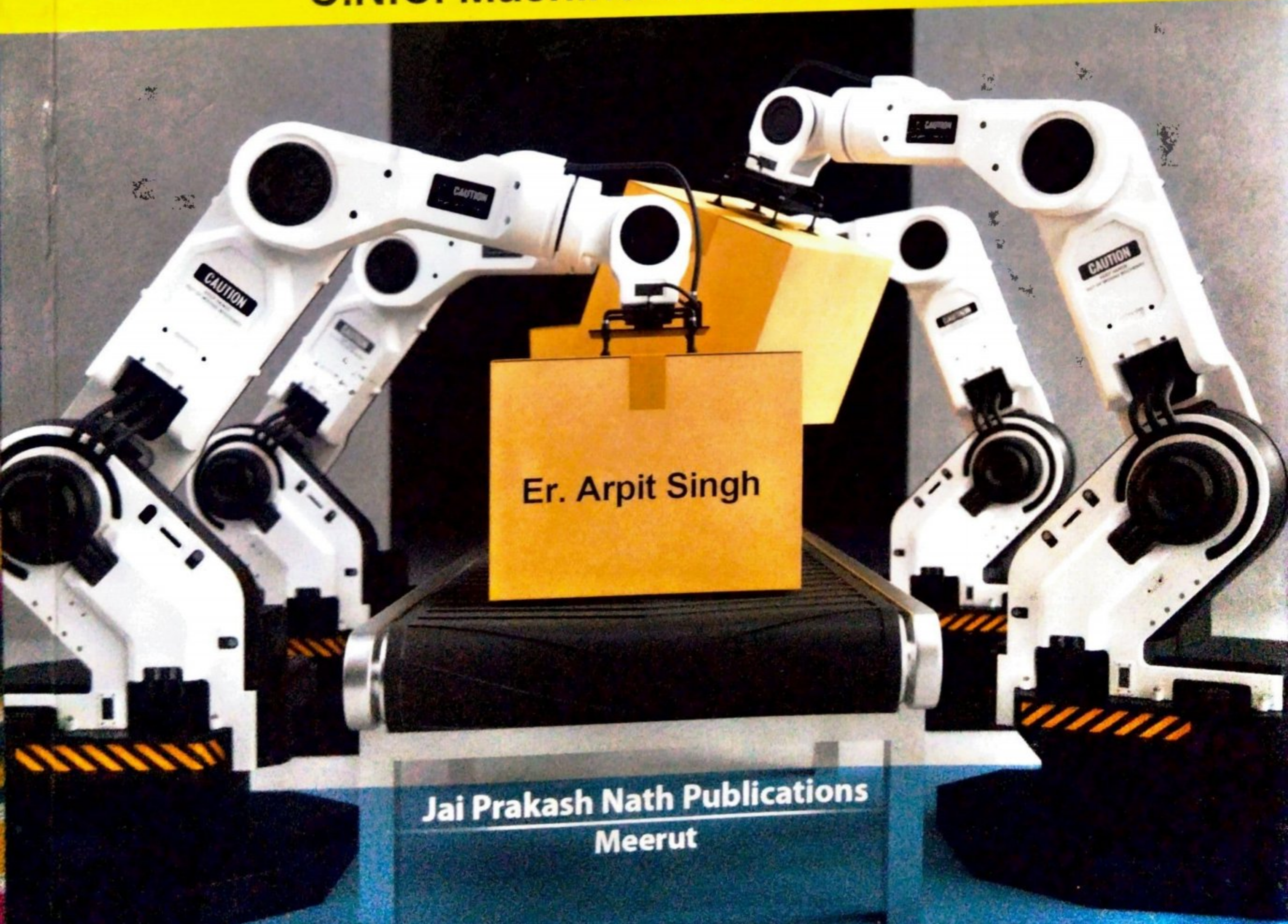
सार्थक

प्राविधिक शिक्षा परिषद् उ० प्र० द्वारा स्वीकृत
नवीनतम् "N.S.Q.F." पाठ्यक्रमानुसार

सी.एन.सी. मशीन एण्ड ऑटोमेशन

C.N.C. Machine & Automation



Er. Arpit Singh

Jai Prakash Nath Publications
Meerut

प्राविधिक शिक्षा परिषद् उत्तर प्रदेश द्वारा स्वीकृत
नवीनतम् संशोधित NSQF पाठ्यक्रमानुसार

सार्थक

सी.एन.सी. मशीन एंड ऑटोमेशन

(C.N.C. Machine and Automation)

For the Students of
Sixth Semester (Final Year)
Mechanical Engineering

लेखक :

अर्पित सिंह

निदेशक
विकास इंस्टीट्यूट ऑफ इंजीनियरिंग एण्ड टेक्नोलॉजी,
गोरखपुर

प्रकाशक :

जय प्रकाश नाथ पब्लिकेशन्स

मेरठ-250 004 (उ० प्र०)

• **प्रकाशक :**
जय प्रकाश नाथ पब्लिकेशन्स
41/5, जागृति विहार
हीरो शोरूम के पीछे,
गढ़ रोड़, मेरठ-250 004 (उ०प्र०)
Phones: (Office) 0121-4056123, 4009382, 2762403
email : jpnpmrt@hotmail.com
info@jpnpbooks.com
Web. : www.jpnpbooks.com

© **लेखक**
पुस्तक का कोई भी अंश लेखक एवं प्रकाशक की पूर्व लिखित अनुमति के बिना किसी भी रूप में उद्धृत, अनुवादित या प्रकाशित नहीं किया जा सकता।

• **चतुर्थ संस्करण : 2021-22**

• **मूल्य : ₹ 225.00**

• लेज़र टाइपसैटिंग :
विजेता कम्प्यूटर्स एण्ड प्रिंटर्स,
मेरठ।

• मुद्रक :
इण्डियन प्रेस,
मेरठ।

इस पुस्तक को खरीदने के लिए संपर्क करें

प्रस्तावना

उ० प्र० प्राविधिक शिक्षा परिषद् लखनऊ द्वारा संशोधित नवीनतम पाठ्यक्रम पर आधारित डिप्लोमा इंजीनियरिंग के यांत्रिक अभियंत्रण पाठ्यक्रम के लिए पुस्तक CNC Machine and Automation आपके सम्मुख है। ईश्वर के आशीर्वाद एवं अपने गुरुजनों से प्राप्त ज्ञान का परिणाम है यह पुस्तक।

पुस्तक की उपयोगिता एवं गुणवत्ता को बढ़ाने के प्रयास में विभिन्न पॉलिटैक्निक के विषय के उन विद्वान् शिक्षकों का भी मैं हृदय से आभार प्रकट करता हूँ जिन्होंने अपना बहुमूल्य सहयोग दिया, विशेष रूप से मैं इंजी० शशि भूषण (चेयरमैन, वी० आई० ई० टी०), मेजर पाटेश्वरी सिंह (प्रधानाचार्य, महाराणा प्रताप पॉलिटेक्निक), श्री बी० एन० वर्मा (प्रवक्ता, महाराणा प्रताप पॉलिटेक्निक), श्री अंकुर श्रीवास्तव (प्रवक्ता, लिटिल फ्लावर पॉलिटेक्निक) तथा अपने प्रिय छात्र मो० सलामत अन्सारी का विशेष सहयोग मिला, जिसके लिए मैं हृदय से धन्यवाद करता हूँ।

जीवन में माता-पिता का सहयोग, दादाजी श्री हृदय नारायण सिंह, अपने बड़े भाई आनन्द प्रताप सिंह एवं बहनों के सहयोग के प्रति जीवन भर कृतज्ञ रहूँगा।

अपने स्कूल जी० एन० नेशनल पब्लिक स्कूल, गोरखपुर एवं कालेज ऑफ साइंस एण्ड इंजीनियरिंग, झाँसी के गुरुजनों का भी हृदय से धन्यवाद। आपके आशीर्वाद के बिना यह संभव नहीं था।

मैं उन सभी छात्र-छात्राओं एवं आदरणीय अध्यापकों का आभारी रहूँगा जो पुस्तक को और अधिक उपयोगी बनाने के लिए अपने अनुभव से परिपक्व बहुमूल्य सुझाव भेजने तथा पुस्तक में रह गयी त्रुटियों से अवगत कराने की कृपा करेंगे। मैं आशा करता हूँ कि यह पुस्तक विद्यार्थियों के लिए अत्यंत उपयोगी सिद्ध होगी।

पुस्तक के प्रकाशक जय प्रकाश नाथ पब्लिकेशन्स एवं उनके परिवार को हृदय से धन्यवाद। आपके सहयोग के बिना यह संस्करण संभव नहीं था। पुस्तक की रचना के लिए विजेता कम्प्यूटर्स, मेरठ को भी धन्यवाद दूँगा। जिनके सहयोग से यह संस्करण यथासंभव त्रुटिरहित रहा।

SYLLABUS

CNC Machine and Automation

Diploma holders are required to supervise and handle specialized machines and equipment like CNC machines. For this purpose, knowledge and skills about NC machines, part programming in NC machines and tooling for CNC machines are required to be imparted for enabling them to perform above functions. This subject aims at development of knowledge and skills about CNC machines, tools, equipment and use of high tech machines for increased productivity and quality.

LEARNING OUTCOMES

After undergoing this course, the students will be able to :

- explain the construction and tooling of CNC machine.
- prepare simple part programme for different operations.
- operate a CNC lathe.
- operate a CNC milling machine.
- diagnose common problems in CNC machines.
- explain the trends in the field of automation.

DETAILED CONTENTS

1. INTRODUCTION (06 Periods)

Introduction to NC, CNC & DNC, their advantages, disadvantages and applications, Machine Control Unit, input devices, serial communication and Ethernet techniques, selection of components to be machined on CNC machines, Problems with conventional NC, New developments in NC, Axis identification, PLC Control and its components.

2. CONSTRUCTIONAL DETAILS AND TOOLING (08 Periods)

Design features, specification of CNC machines, use of slideways, balls, rollers and coatings, motor and leadscrew, swarf removal, safety and guarding devices, various cutting tools for CNC machines. Overview of tool holder, different pallet systems and automatic tool changer system, management of a tool room.

3. PART PROGRAMMING (12 Periods)

Part programming and basic concepts of part programming, NC words, part programming formats, simple programming for rational components, part programming using canned cycles, subroutines and do loops, tool off sets, cutter radius compensation and wear compensation.

4. SYSTEM DEVICES (08 Priods)

Actuators, Transducers and Sensors, Tachometer, LVDT, opto-interrupters, potentiometers for linear and angular position, encoder and decoder, axis drives, open loop system, close loop system.

5. PROBLEMS IN CNC MACHINES (06 Periods)

Common problems in mechanical, electrical, pneumatic, electronic and PC components of NC machines, diagnostic study of common problems and remedies, use of on-time fault finding diagnosis tools in CNC machines.

6. AUTOMATION AND NC SYSTEM (06 Periods)

Role of computer in automation, energing trends in automation, automatic assembly, manufacture of magnetic tape, manufacture of printed circuit boards, manufacture of integrated circuits, Overview of FMS, Group technology, CAD/CAM and CIM.

7. CNC OPERATIONS INVOLVED IN TURNING AND MILLING (10 Periods)

7.1 Introduction to operations involved in turning machines- Facing OD and ID Rough cut, Finish cut, Taper turning, Drilling, Threading, Grooving and cut-off (parting).

7.2 Introduction to operations involved in Milling-contouring, pocketing, Drilling, Facing, Circular tools paths.

7.3 Different terms like clearance, Retract, Feed plane. Depth of cut, lead in, lead out, overlap.

7.4 Simple programmes in Milling and Turning involving different operations.

LIST OF PRACTICALS

1. Study the constructional details of CNC lathe.
2. Study the constructional details of CNC milling machine.
3. Study the constructional details and working of :

   Automatic tool changer and tool seller
   - Multiple pallets
   - Swarf removal
   - Safety devices
4. Develop a part programme for following lathe operations and make the job on CNC lathe and CNC turning center.
   - Plain turning and facing operations
   - Taper turning operations
   - Operation along contour using circular interpolation.
5. Develop a part programme for the following milling operations and make the job on CNC milling :
   - Plain milling
   - Slot milling
   - Contouring
   - Pocket milling
6. Preparation of work instruction for machine operator.
7. Preparation of preventive maintenance schedule for CNC machine.
8. Demonstration through industrial visit for awareness of actual working of FMS in production.
9. Use of software for turning operations on CNC turning center.
10. Use of software for milling operations on machine centres.

विषय सूची

1. परिचय
(Introduction) 1-33

2. संरचना एवं टूल
(Construction & Tooling) 34-52

3. पार्ट प्रोग्रामिंग
(Part Programming) 53-88

4. निकाय उपकरण
(System Device) 89-140

5. सी०एन०सी० मशीनों में समस्याएँ
(Problems in CNC Machines) 141-146

6. ऑटोमेशन एवं एन० सी० मशीन
(Automation and N C Machine) 147-176

7. टर्निंग एवं मिलिंग में प्रयुक्त सी० एन० सी० संक्रियाएँ
(CNC Operations Involved in Turning and Milling) 178-218

- प्रायोगिक कार्य
(Practical Work) 219-235

1 परिचय (Introduction)

1.1 संख्यात्मक नियन्त्रण : परिभाषा एवं परिचय (Numerical Control : Definition & Introduction)

संख्यात्मक नियंत्रण, योजना योग्य स्वचालन (Programmable Automation) का ही रूप है जिसमें मशीन का नियंत्रण, नम्बर या अन्य चिन्हों द्वारा किया जाता है जो टेप पर कोडित होते हैं।

इलेक्ट्रॉनिक इण्डस्ट्रीयल एसोसिएशन (Electronic Industrial Association, EIA) ने संख्यात्मक नियंत्रण को निम्न प्रकार से परिभाषित किया है—

"निकाय में सभी क्रियाविधि का क्रियान्वयन एवं उसका नियंत्रण संख्याओं को सीधे प्रयोग द्वारा करने की प्रक्रिया को संख्यात्मक नियंत्रण कहते हैं।"

इस निकाय में नम्बर, चिन्हों, अक्षरों को एक विशेष प्रारूप में लिखा जाता है जिसे हम प्रोग्राम कहते हैं। प्रोग्राम निर्देशों का सेट होता है जिससे निकाय का कार्य प्रारम्भ होता है। निकाय में नए उत्पाद के निर्माण के लिए केवल निर्देशों के सेटों को परिवर्तित करना होता है। यह स्वचालन बैच उत्पादन पद्धति के लिए उपयुक्त होता है।

संख्यात्मक नियंत्रण की सबसे सरल परिभाषा—

"संख्याओं द्वारा नियंत्रण संख्यात्मक नियंत्रण कहलाता है।" यह उत्पादन प्रक्रम एवं मशीन टूल को नियंत्रित करने की प्रक्रिया है जिसमें नियंत्रण टेप कमान्ड, विद्युत इम्पल्स कमान्ड या कम्प्यूटर के द्वारा दिए गए कमान्ड की सहायता से किया जाता है।

संख्यात्मक नियंत्रण मशीन

संख्यात्मक नियंत्रण मशीन को निम्न प्रकार से परिभाषित किया गया—

"वह मशीन जिसका नियंत्रण निर्देशों के सेट के द्वारा किया जाता है, संख्यात्मक नियंत्रण मशीन कहलाती है।" निर्देशों के सेट को हम प्रोग्राम कहते हैं। प्रोग्राम में मशीन पर किए जाने वाले प्रक्रम, जैसे—मशीन का प्रारम्भ होना, मशीन का बंद होना, विभिन्न-मशीनन प्रक्रम का विवरण होता है। इसके अतिरिक्त विभिन्न मशीनन विशिष्टियाँ जैसे भरण (feed), कट की गहराई (depth of cut), गति आदि सम्मिलित होते हैं। विभिन्न प्रकार के जॉब (Job) या उत्पाद के लिए विभिन्न प्रकार के प्रोग्राम तैयार किए जाते हैं।

संख्यात्मक नियंत्रण मशीन वह मशीन होती है जिसका नियंत्रण निर्देशों के सेट द्वारा किया जाता है। यह निर्देश सेट अल्फा न्यूमरिक कोड में (Alpha numaric) होते हैं।

संख्यात्मक नियंत्रण मशीन के मुख्य अवयय (Main Elements of Numerical Control Machine)

संख्यात्मक नियंत्रण मशीन के मुख्य अवयय निम्नलिखित हैं—

(a) मशीन कंट्रोल यूनिट (Machine control unit)

(b) पार्ट प्रोग्राम (Part program)

(c) मशीन टूल (Machine tool)

(a) मशीन कंट्रोल यूनिट (Machine control unit)—यह संख्यात्मक नियंत्रण का ब्रेन होता है. जिसमें सभी आवश्यक हार्डवेयर एवं साफ्टवेयर लगे होते हैं, जो प्रोग्राम का अध्ययन करते हैं तथा क्रियान्वयन के लिए निर्देशित करते हैं।

यह इलेक्ट्रानिक उपकरण होता है। यह पंच टेप पर कोडित निर्देशों को पढ़ता है तथा उन्हें मशीन टूल यांत्रिक क्रियाओं में परिवर्तित करता है।

यह प्रोग्राम एवं मशीन टूल के बीच की कड़ी होती है। मशीन टूल के मुख्य अवयय निम्नलिखित हैं—

(i) टेप रीडर

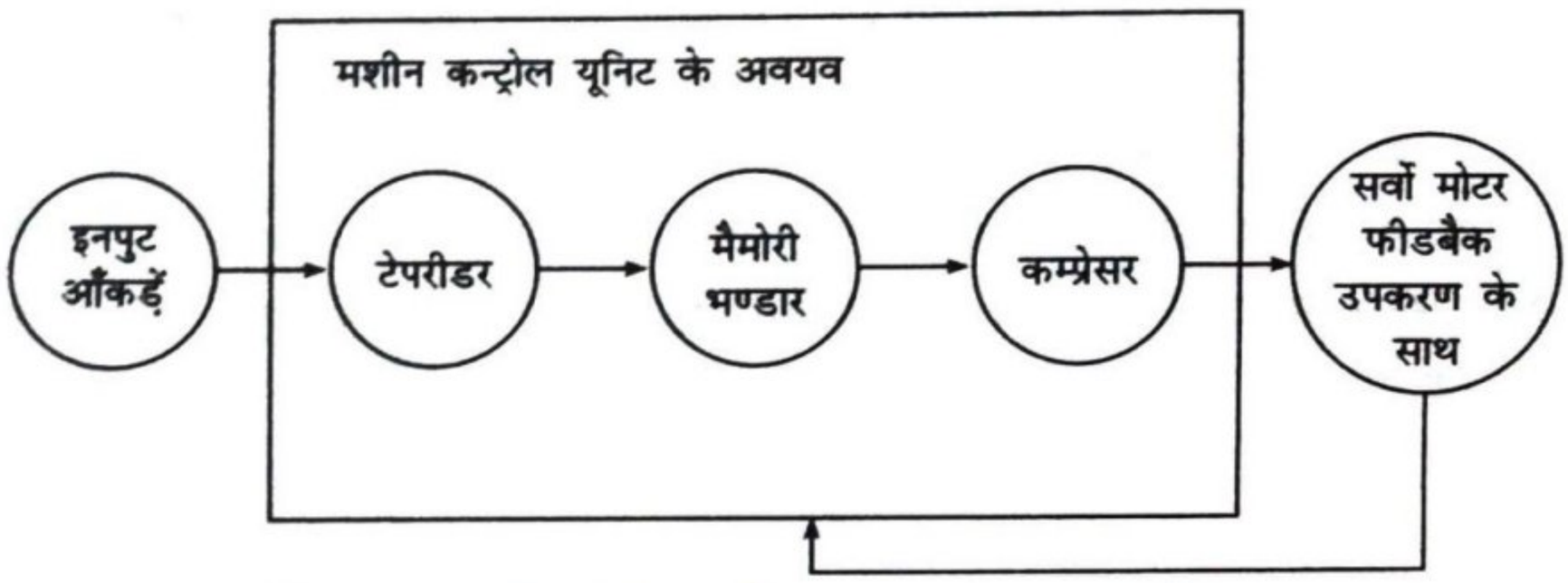
(ii) डाटा बफर

(iii) सिग्नल आउटपुट चैनल

(i) टेप रीडर : यह एक इलेक्ट्रो-मैकेनिकल उपकरण होता है जिसमें आवश्यक निर्देशों को विभिन्न सिग्नल के रूप में टेप के रूप में भण्डारित किया जाता है।

(ii) डाटा बफर : टेप में भण्डारित सिग्नल को ब्लाक के रूप में भण्डारित डाटा बफर में किया जाता है।

(iii) सिग्नल आउटपुट चैनल : यह डाटा बफर में भण्डारित सिग्नल को सर्वो मोटर से जोड़ता है। व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 1.1 : मशीन कंट्रोल यूनिट इनपुट एवं आउटपुट के साथ

मशीन कंट्रोल यूनिट के प्रकार

यह तीन प्रकार के होते हैं—

(i) व्यवस्थापक कंट्रोल (Housed machine control)—यह मशीन टूल पर व्यवस्थित होता है या मशीन केसिंग में बना होता है।

(ii) घुमाऊ मशीन कंट्रोल यूनिट (Swing around MCU)—यह मशीन टूल पर सीधे व्यवस्थित होते हैं तथा मशीन टूल के चारों ओर ऑपरेटर की आवश्यकतानुसार घूम सकता है।

(iii) अकेला स्टैन्ड मशीन कंट्रोल यूनिट (Stand alone MCU)—यह मशीन टूल से अलग दूर केबिन में व्यवस्थित होता है।

(b) पार्ट प्रोग्राम (Part program)—यह निर्देशों का सेट होता जो विभिन्न प्रचालक आंकड़ों को क्रमबद्ध व्यवस्थित करता है। विभिन्न प्रचालक आंकड़े निम्नलिखित हैं—

(i) कटाई टूल पथ (Cutting tool path)

(ii) स्पिन्डल स्पीड (Spindle speed)

(iii) भरण दर (Feed rate)

(iv) टूल बदलाव (Changing in tool)

(v) कूलेन्ट ऑन/ऑफ (Coolant on/off)

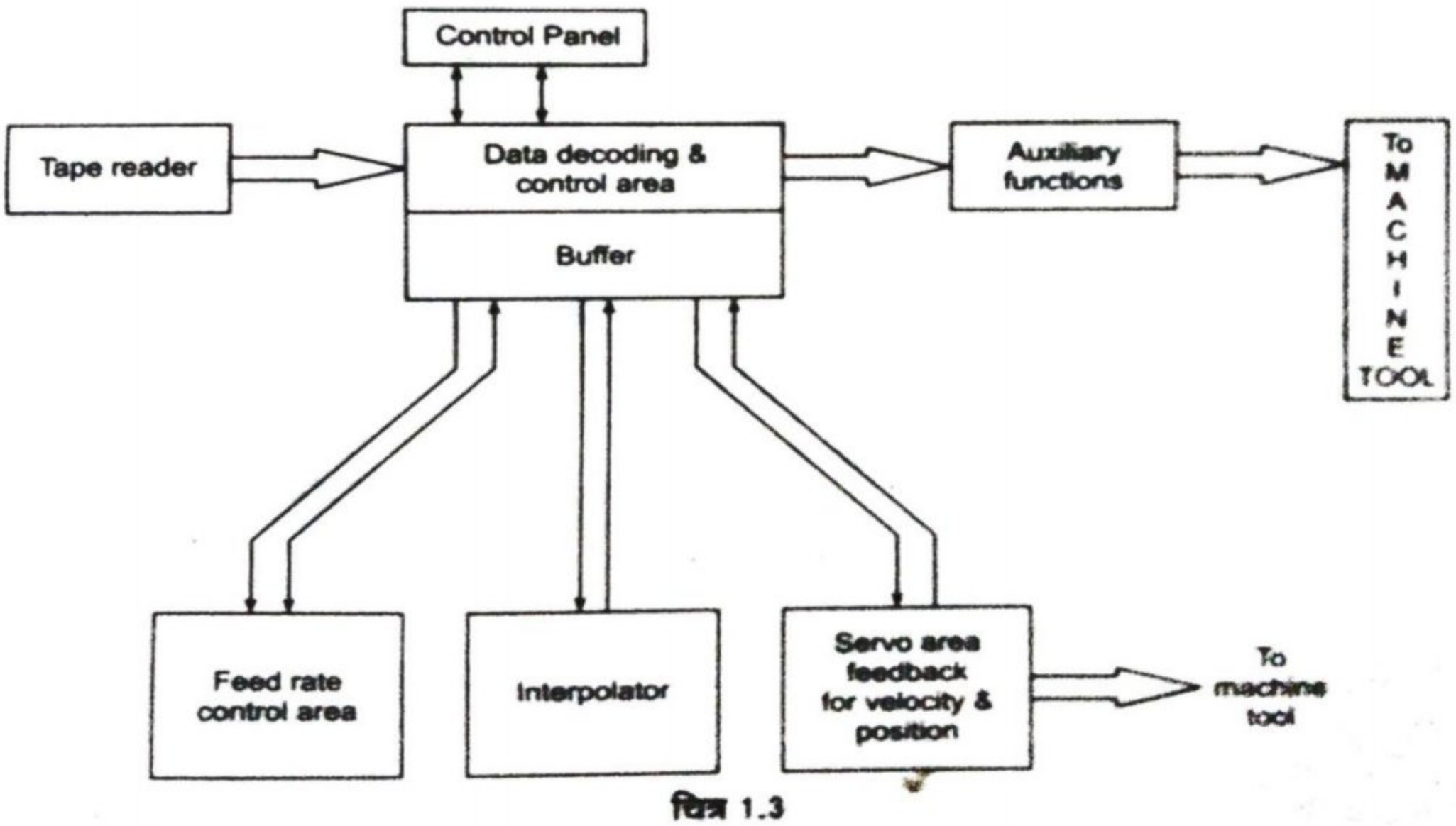
(vi) अन्य (Others)

यह निर्देश सेट नम्बर, चिन्ह के रूप में पंच टेप पर व्यवस्थित होते हैं। यह निर्देश सेट मशीन को यह निर्देशित करता है कि चरणबद्ध क्रियाओं का क्रियान्वयन किस प्रकार करें।

(c) मशीन टूल—यह उत्पाद का मुख्य अंग होता है। यह वास्तविक मशीन क्रिया करता है। मशीन टूल के रूप में लेथ मशीन, ड्रील मशीन या मिलिंग मशीन का प्रयोग किया जाता है।

चित्र 1.2

मशीन के सभी अवयवों का असेम्बली आरेख निम्न है—



चित्र 1.3

संख्यात्मक नियंत्रण लाभ एवं सीमाएँ (Merits & Limitations of NC System)

लाभ (Merits)

(i) कटाई टूल पर नियंत्रण संभव होता है।

(ii) उत्पादन लीड समय कम होता है।

(iii) मानवीय त्रुटियों में कमी आती है।

(iv) अधिकतम यथार्थता एवं उत्पादन नम्यता प्राप्त होती है।

(v) स्क्रैप मे कमी आती है।

(vi) उत्पादकता में बढ़ोत्तरी होती है।
(vii) निम्न टूल लागत कम होती है।
(viii) निरीक्षण समय में कमी आती है।
(ix) इनवेन्ट्री में कमी आती है।
(x) उच्च ऑपरेटर दक्षता प्राप्त होती है।
(xi) मशीन टूल एंव ऑपरेटर सुरक्षा में वृद्धि होती है।
(xii) उच्च मशीनन उपयोगिता।

सीमाएँ (Limitations)

(i) उच्च प्रारम्भिक लागत।
(ii) कुशल कारीगरों पर उच्च लागत।
(iii) विशेष ट्रेनिंग पर उच्च लागत।
(iv) अनुरक्षण पर उच्च लागत।
(v) उच्च प्रचालन लागत।

संख्यात्मक नियंत्रण का वर्गीकरण (Classification of Numerical Control System)

संख्यात्मक नियंत्रण निकाय का वर्गीकरण निम्न आधार पर किया गया है—

1. नियंत्रण लूप के आधार पर
(a) खुला लूप संख्यात्मक नियंत्रण निकाय
(b) बंद लूप संख्यात्मक नियंत्रण निकाय

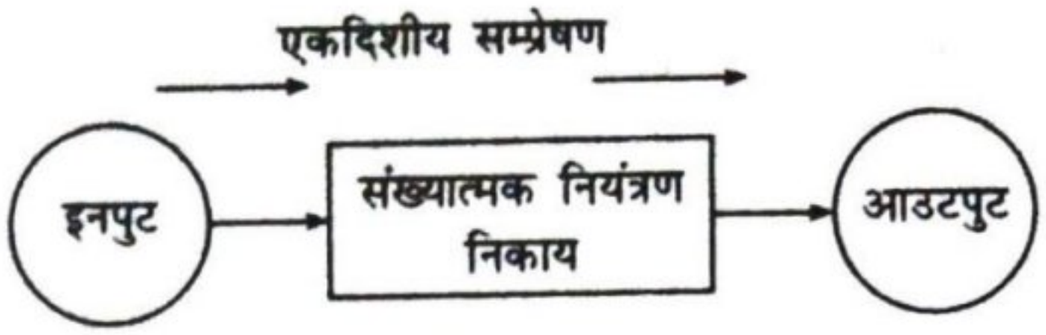
2. गति नियंत्रण के आधार पर
(a) बिन्दु से बिन्दु गति नियंत्रण संख्यात्मक नियंत्रण निकाय
(b) कान्टूर गति नियंत्रण संख्यात्मक नियंत्रण निकाय

3. निर्देशांक पद्धति के आधार पर
(a) बढ़ते संख्यात्मक नियंत्रण पद्धति
(b) अपरिवर्तनशील संख्यात्मक नियंत्रण पद्धति

4. शक्ति स्त्रोत के आधार
(a) विद्युत संचालित संख्यात्मक नियंत्रण निकाय
(b) द्रवीय संचालित संख्यात्मक नियंत्रण निकाय
(c) वायुवीय संचालित संख्यात्मक नियंत्रण निकाय

1. नियंत्रण लूप के आधार पर

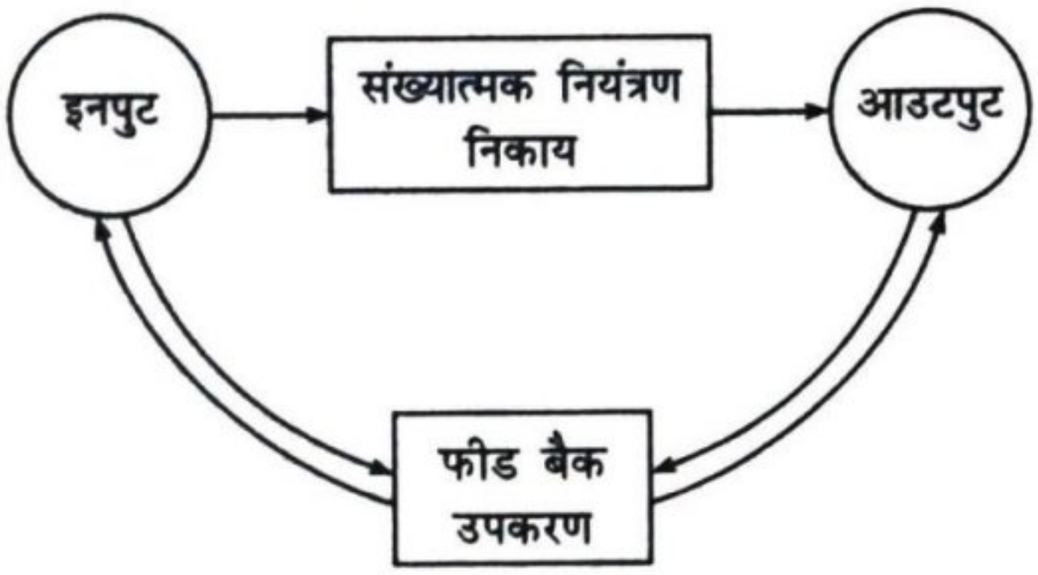
(a) खुला लूप संख्यात्मक नियंत्रण निकाय (Open Loop Numerical Control System)—इस नियंत्रण निकाय में इनपुट एवं आउटपुट एक-दूसरे से जुड़े नहीं होते हैं तथा साथ ही कोई फीड बैक उपकरण नहीं लगे होते हैं। इसमें एक दिशा में सम्प्रेषण होता है।



चित्र 1.4

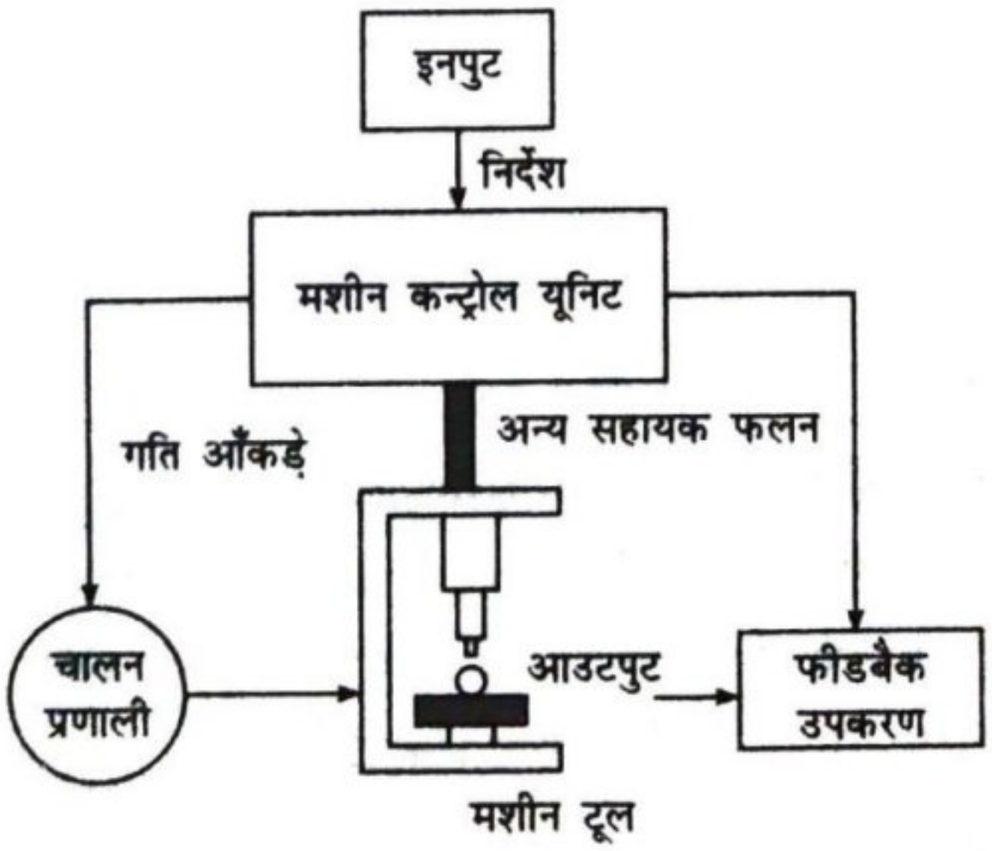
इस निकाय में कन्ट्रोलर के इनपुट से निर्देशों का सेट निकाय में आता है तथा वास्तविक डाटा (Realtime data) से बिना मिलान किये आउटपुट में परिवर्तित कर देता है। फीडबैक उपकरण की अनुपस्थिति में यह त्रुटियों में त्वरित परिवर्तन नहीं कर पाता है। इसका मुख्य दुष्परिणाम यह कि आउटपुट निष्पादन पर इनपुट का कोई नियंत्रण नहीं होता है। यह बिन्दु से बिन्दु निकाय के लिए उपयुक्त होता है।

(b) बंद लूप संख्यात्मक नियंत्रण निकाय (Closed Loop Numerical Control System)—इसे फीडबैक नियंत्रण निकाय भी कहते हैं। इसमें इनपुट के प्रचालक आँकड़ों को फीडबैक उपकरण की सहायता से संदर्भ मान से तुलना कर आउटपुट में परिवर्तित करते हैं (Reference value)। इस निकाय में त्रुटियाँ भी कम होती हैं तथा निष्पादन उच्च होता है। इसमें दो दिशा में सम्प्रेषण होता है।



चित्र 1.5

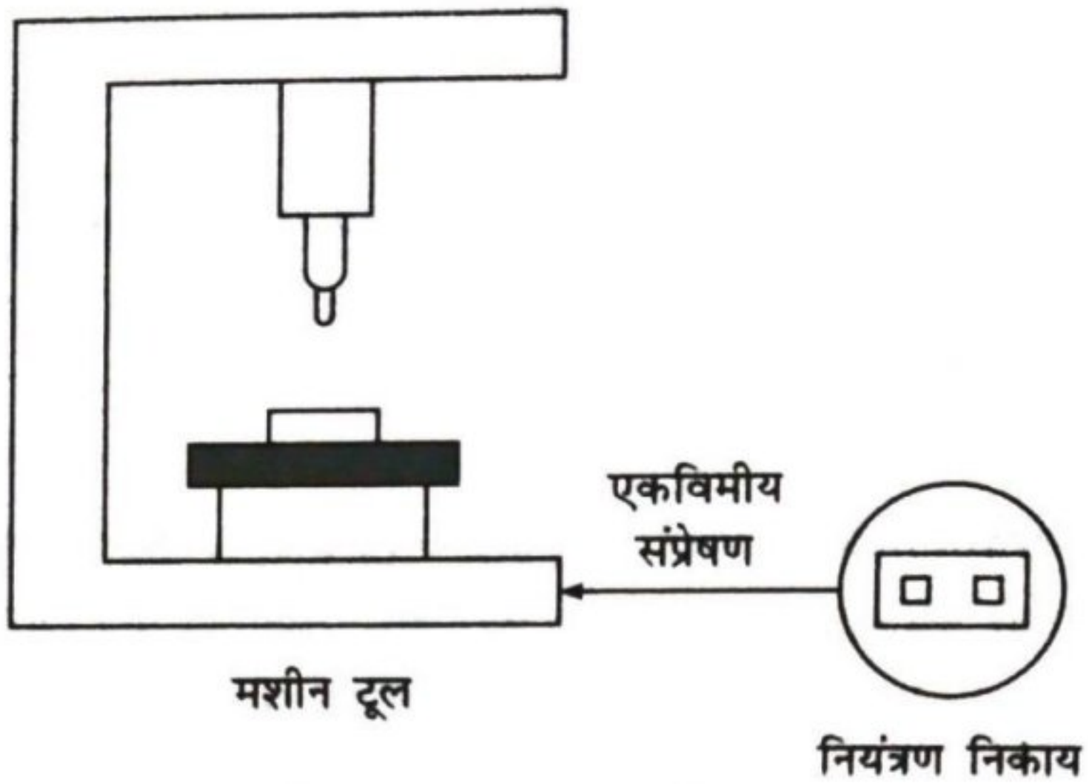
फीडबैक उपकरण मशीन टूल के साथ का व्यवस्थित आरेख निम्न है—



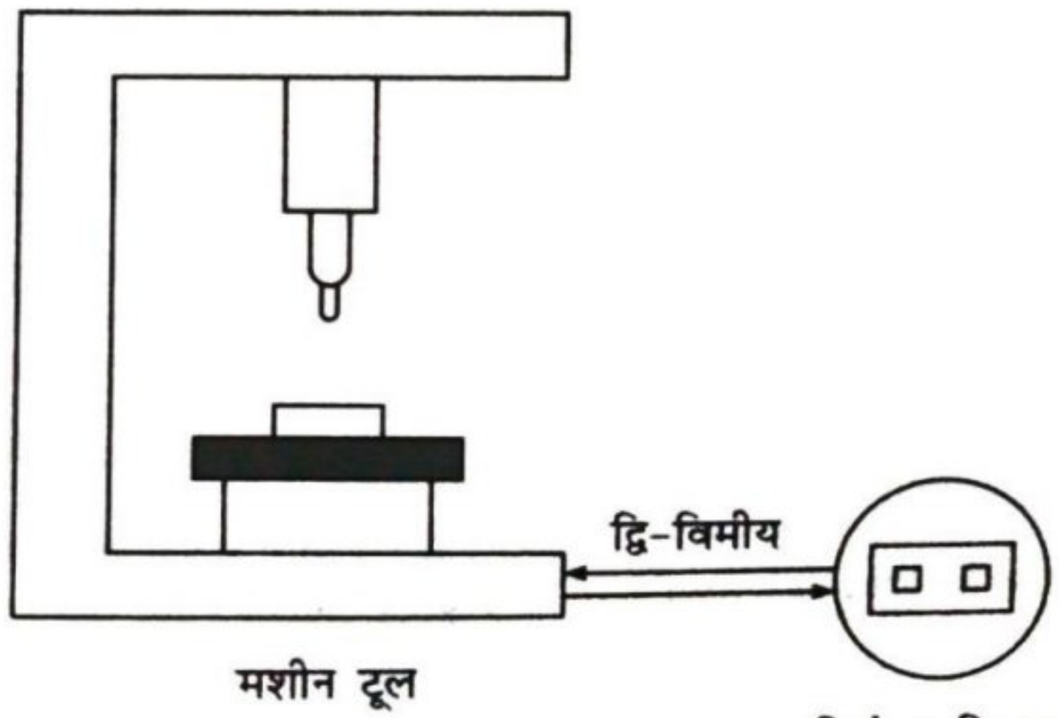
चित्र 1.6

एकविमीय एवं द्वि-विमीय संप्रेषण (One-way & Two-way Communication)

उपरोक्त का अध्ययन आरेख की सहायता से सरलता से किया जा सकता है।



चित्र 1.7 खुला लूप निकाय



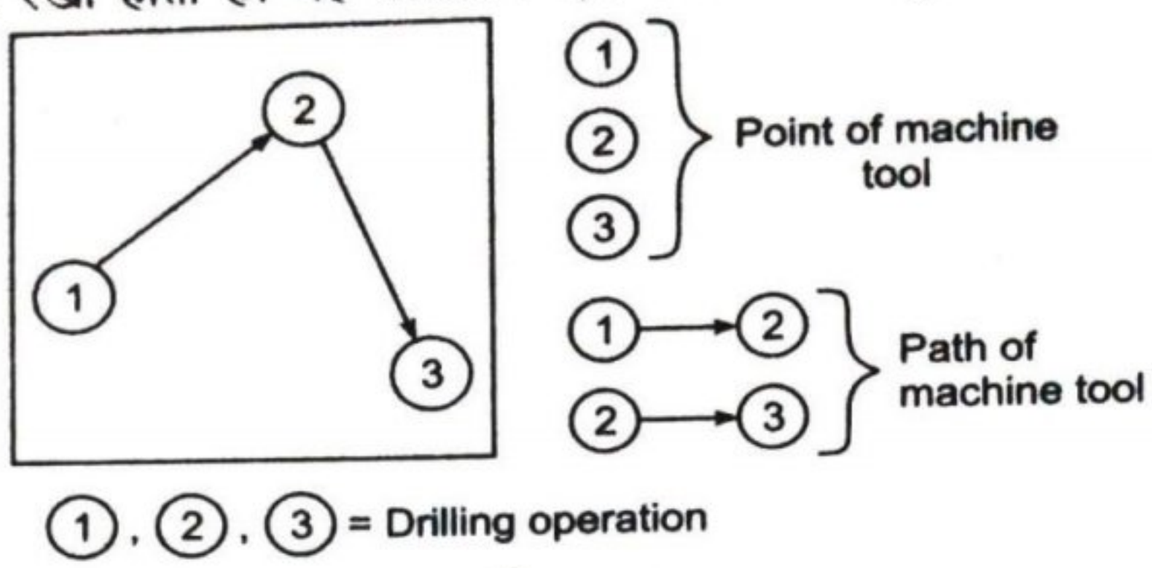
चित्र 1.8 बंद लूप निकाय

2. गति नियंत्रण के आधार पर

(a) बिन्दु-से-बिन्दु गति नियंत्रण संख्यात्मक नियंत्रण निकाय (Point-to-point Motion Control Numerical Control System (PTP))—इसे स्थिति निकाय (Positioning system) भी कहते हैं। इसमें मशीन टूल पूर्वनिर्धारित बिन्दुओं पर ही गति करता है। यह सामान्यत: छिद्र संक्रियाओं के लिए उपयुक्त होता है।

उदाहरण के लिए-ड्रिलिंग, बोरिंग, रीमिंग, टेपिंग, पन्चिंग आदि।

टूल का पथ सदैव सरल रेखा होता है। यह सरलतम एवं सस्ता मशीन टूल होता है।

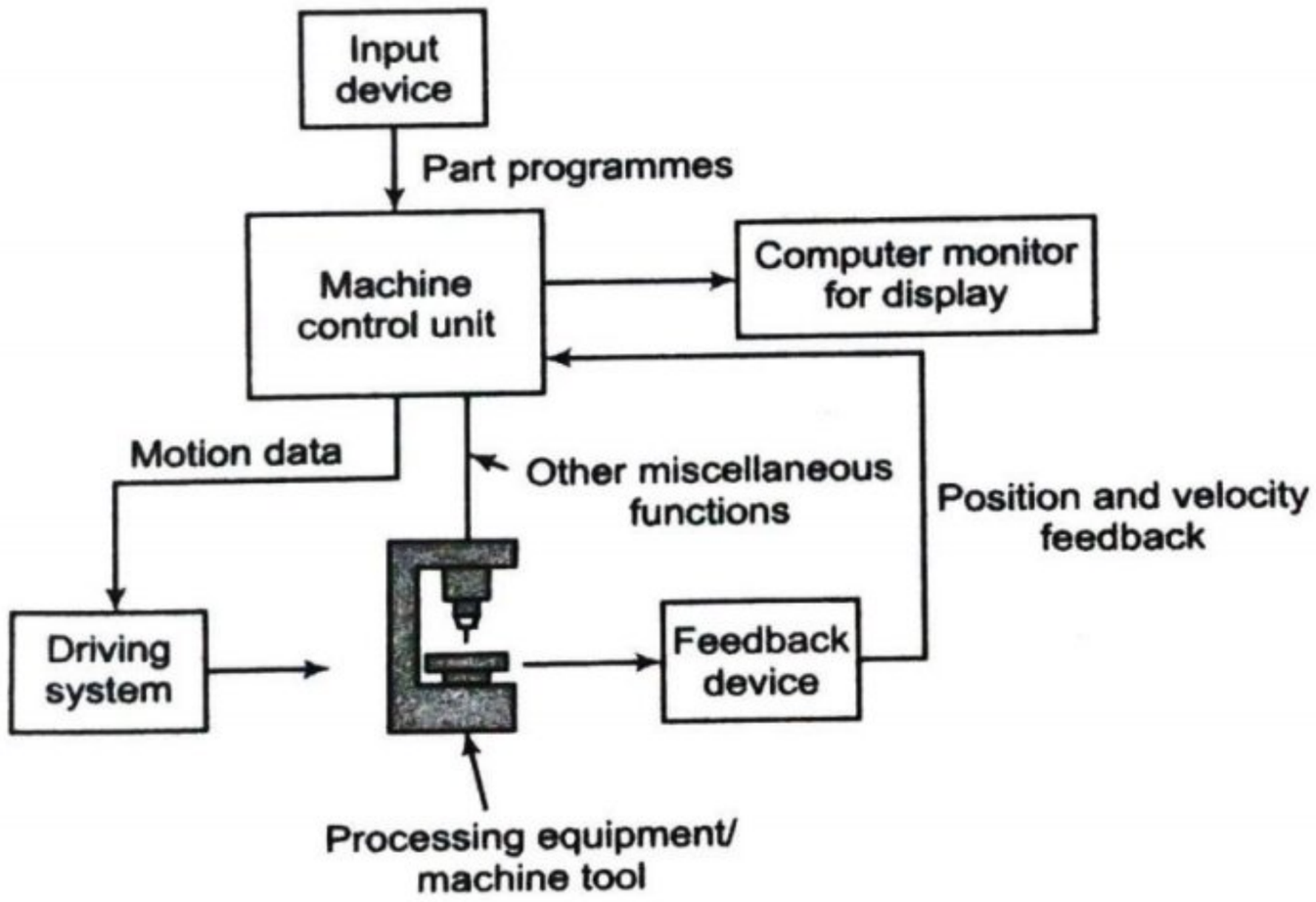


चित्र 1.9

1.2 कम्प्यूटर संख्यात्मक नियंत्रण मशीन (Computer Numerical Control Machine, CNC)

NC मशीन में नए उत्पाद के निर्माण के लिए हमें टेप रीडर में बार-बार नए प्रोग्राम फीड करने पड़ते हैं जिसमें समय की हानि होती है तथा त्रुटियाँ भी संभव होती हैं। प्रोग्राम में बार-बार बदलाव कठिन होता है। इस कठिनाई को दूर करने के लिए CNC मशीन का प्रयोग किया जाता है।

CNC मशीन सामान्यत: एक NC मशीन ही होती है जिसमें मशीन कन्ट्रोल यूनिट के रूप में एक Dedicated Computer लगा होता है तथा टेप रीडर के स्थान पर सॉफ्टवेयर का इस्तेमाल किया जाता है।



चित्र 1.10

CNC निकाय के अवयय (Elements of CNC System)

(i) प्रदत्त उपकरण (Input devices)

(ii) डिस्पले यूनिट (Display unit)

(iii) मशीन टूल (Machine tool)

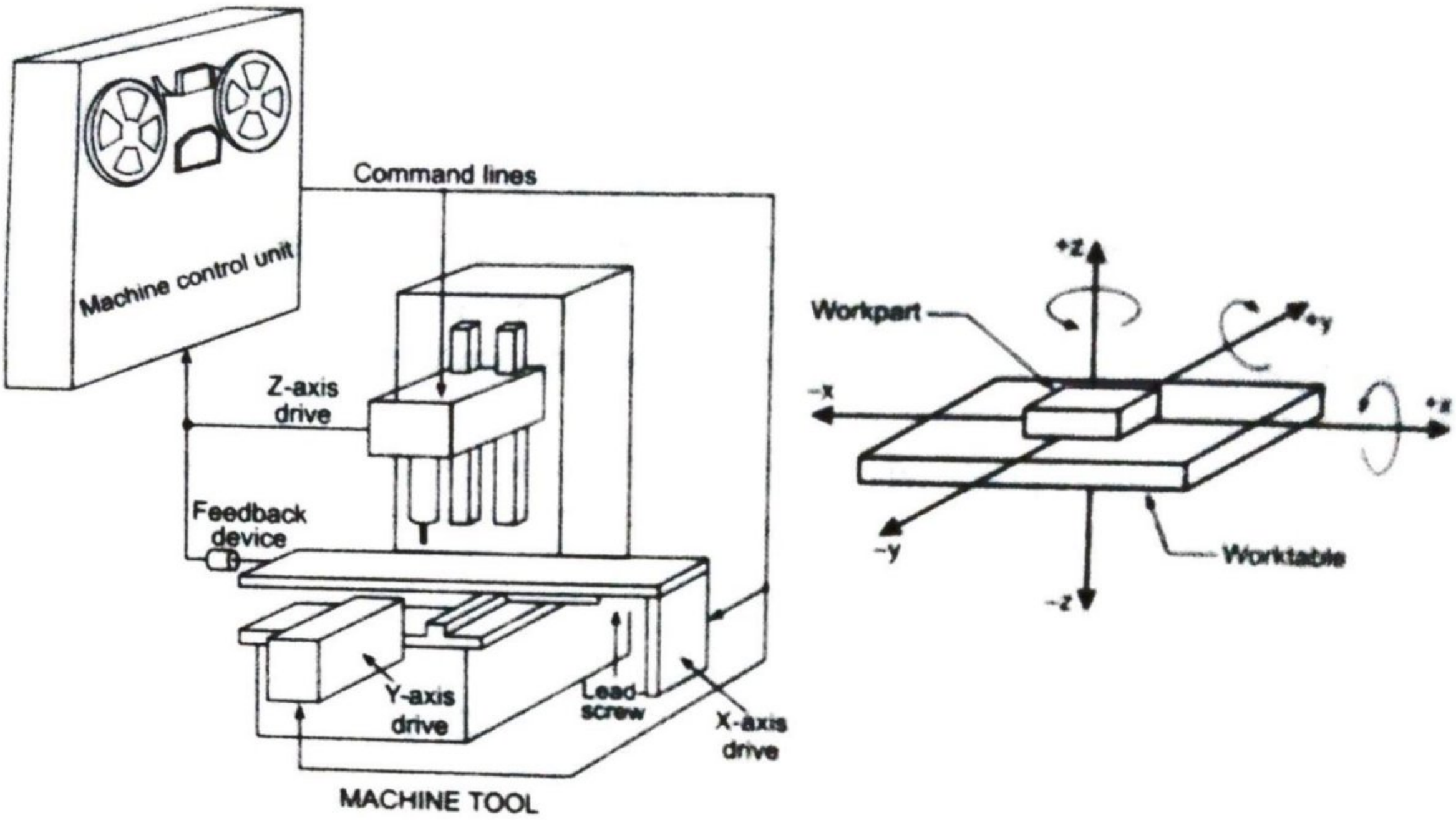
(iv) चालन प्रणाली (Driving system)

(v) मशीन कन्ट्रोल यूनिट (Machine control unit, MCU)

(vi) फीडबैक उपकरण (Feedback device)

पार्ट प्रोग्राम (Part Program)

पार्ट प्रोग्राम संकेतों एवं आदेशों का विस्तृत सेट होता है जिससे मशीन टूल क्रियान्वित होती है। सभी निर्देशों को एक निश्चित क्रम में व्यवस्थित करके निर्देशांक पद्धति (Co-ordinate system) में गति एवं भरण के अनुसार व्यवस्थित किया जाता है। पार्ट प्रोग्रामर मशीन टूल के सभी अवयवों जैसे मशीनन प्रक्रम, प्रक्रम चर राशि आदि का विश्लेषण करता है। पार्ट प्रोग्राम को कम्प्यूटर की भाषा में लिखते हैं। Computer में APT भाषा (Automated Programming Tool) में लिखा जाता है।



चित्र 1.11

मशीन कंट्रोल यूनिट (Machine Control Unit, MCU)

मशीन कन्ट्रोल यूनिट एक माइक्रोकम्प्यूटर होता है जिसमें सभी प्रोग्राम फीड किए जाते है। यह प्रोग्राम निर्देशों के रूप में कम्प्यूटर की भाषा में फीड किए जाते है जो मशीन टूल को क्रियान्वित करता है।

मशीन कन्ट्रोल यूनिट में मुख्यत: दो यूनिट होती है—

(i) डाटा प्रोसेसिंग यूनिट (Data Processing Unit, DPU)

(ii) कन्ट्रोल लूप यूनिट (Control Loop Unit, CLU)

(i) **डाटा प्रोसेसिंग यूनिट** (Data Processing Unit)

यह सॉफ्टवेयर का समूह होता है जिसमें निम्न अवयव सम्मिलित होते है—

(a) कन्ट्रोल सिस्टम सॉफ्टवेयर (Control System Software)

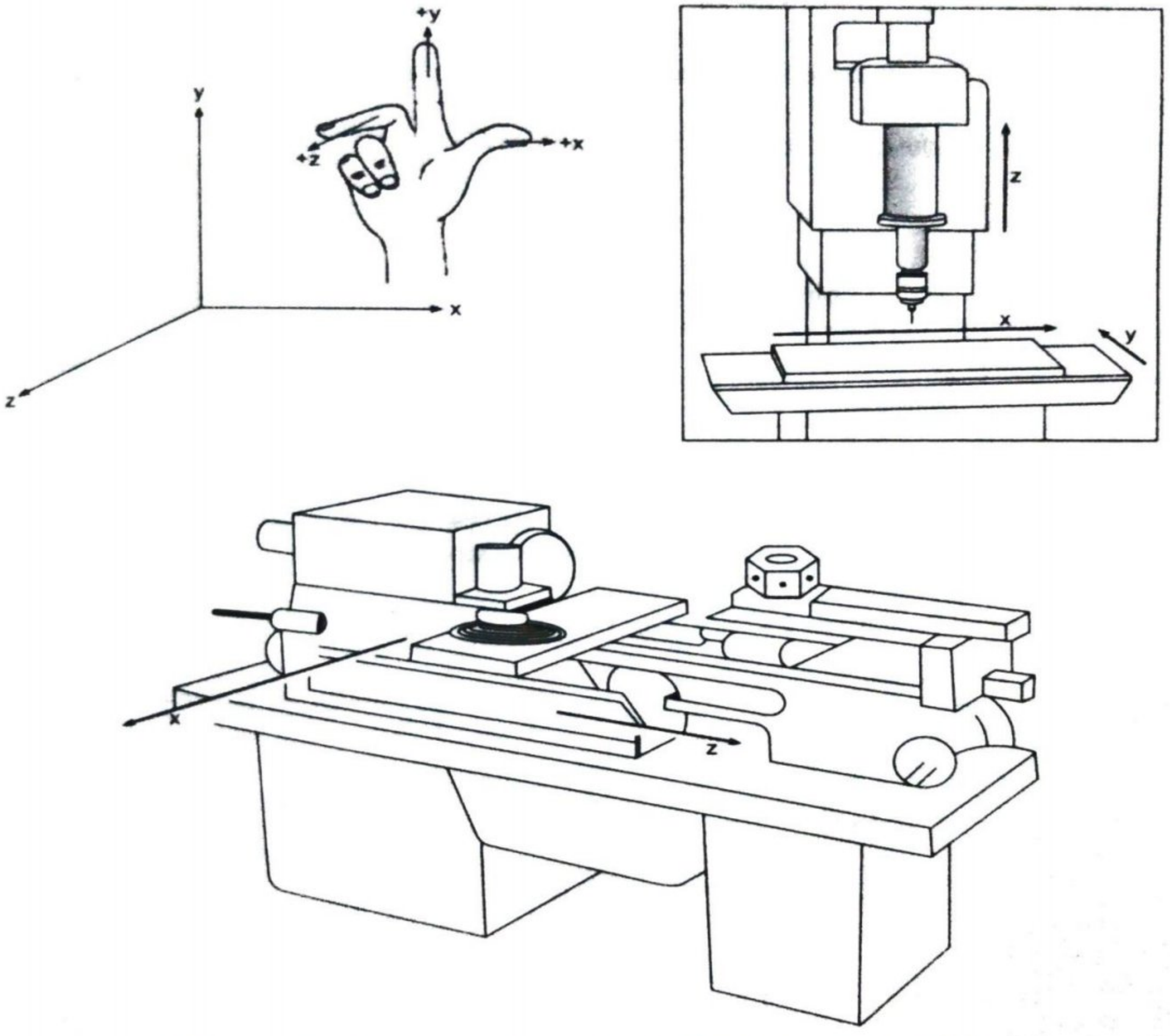
(b) Calculation Algorithms

(c) Translational Software

(d) Interpolation Algorithim

DPU पार्ट प्रोग्राम से डाटा को क्रियान्वित करके कन्ट्रोल लूप यूनिट (Control loop unit) को भेजता है जो मशीन टूल को क्रियान्वित करता है तथा फीडबैक निकाय से स्थिति एवं वेग को संयोजित करता है। कन्ट्रोल लूप यूनिट स्पिन्डल की गति को ऑन/ऑफ करता है।

मशीन टूल यूनिट के रूप में लेथ मशीन, मिलिंग मशीन, लेजर प्लाज्मा मशीन आदि प्रयोग किए जाते हैं।



चित्र 1.12 : Right hand co-ordinate system used in drill press and lathe

CNC के सिद्धांत

(i) **बेसिक लेन्थ यूनिट** (Basic Length Unit, BLU)—इसे Binary digit के नाम से भी जाना जाता है। यह मशीन टूल की अक्ष के सापेक्ष गति तथा मशीन टूल की स्थिति को प्रदर्शित करता है।

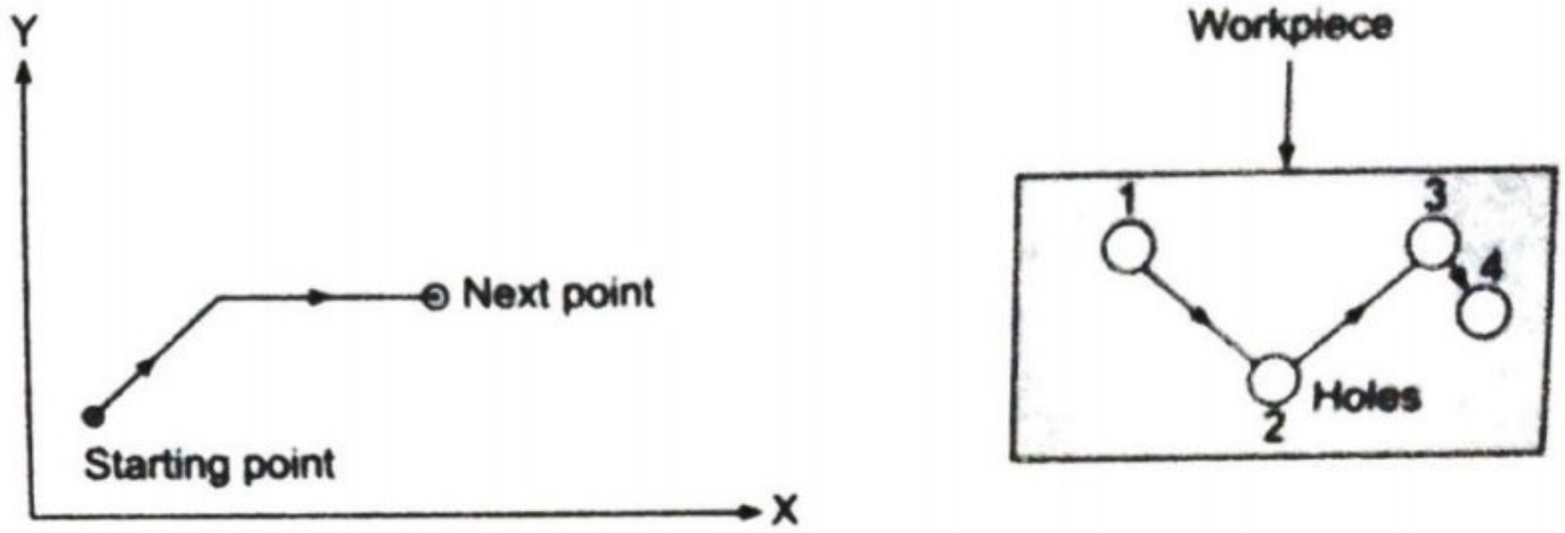
1 BLU = 0·0001" अर्थात् मशीन टूल मोटर से प्राप्त सिग्नल (electric pulse) से 0·0001" अपने अक्ष से घूमता है।

PULSE = BLU = BIT

(ii) Point-to-Point System (बिन्दु-से-बिन्दु निकाय)—इस निकाय में मशीन टूल एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु या कार्य खण्ड एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु तक घूमता है तथा आवश्यक प्रक्रम सम्पन्न करता है। प्रक्रम पूर्ण होते ही मशीन टूल या कार्यखण्ड दूसरे प्रक्रम के लिए तैयार हो जाता है।

उदाहरण के लिए—ड्रिल मशीन, इस निकाय में भरण दर तथा पथ का कटाई टूल या कार्यखण्ड पर कोई विशेष प्रभाव नहीं होता है।

इस निकाय की यथार्थता 0·001" से 0·0001" के बीच होती है।

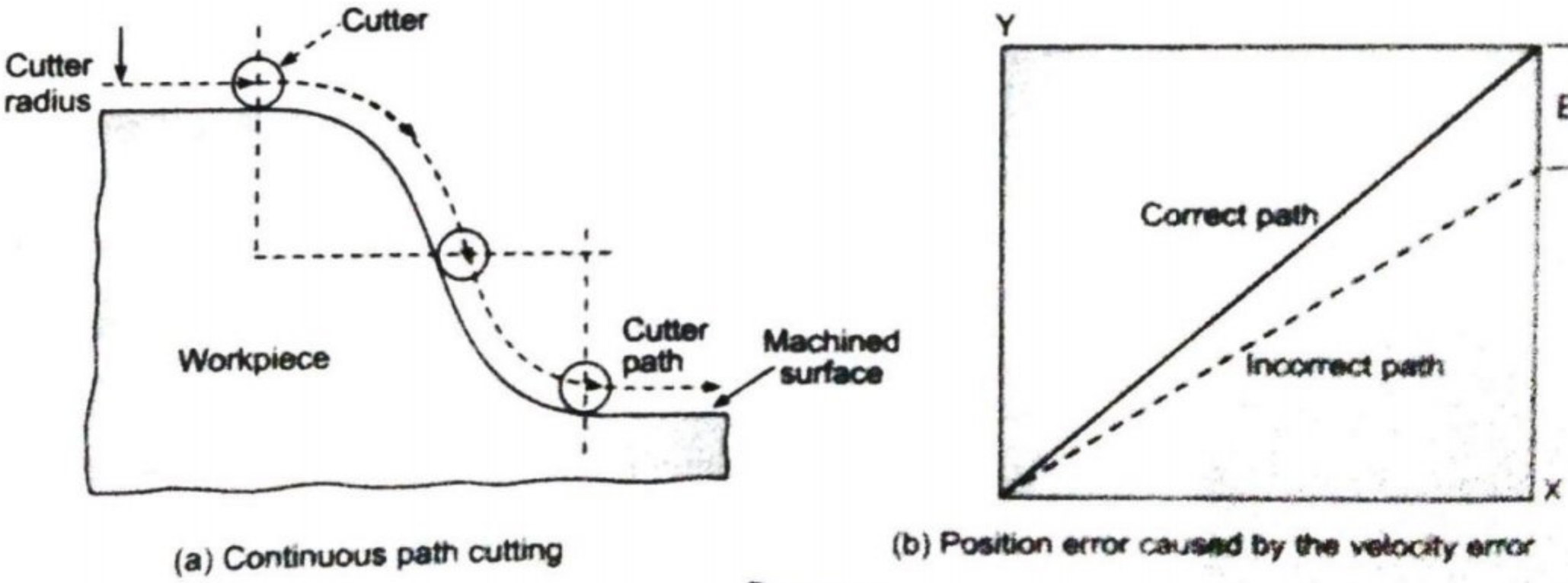


चित्र 1.13

(iii) सतत् पथ निकाय (Continuous Path System)—इस निकाय में टूल या कार्यखण्ड को सतत् गति एवं पथ प्राप्त होता है जिससे यह कोणीय सतह, दो विमा वक्र या तीन विमा कान्टूर बना सके।

उदाहरण के लिए—मिलिंग मशीन।

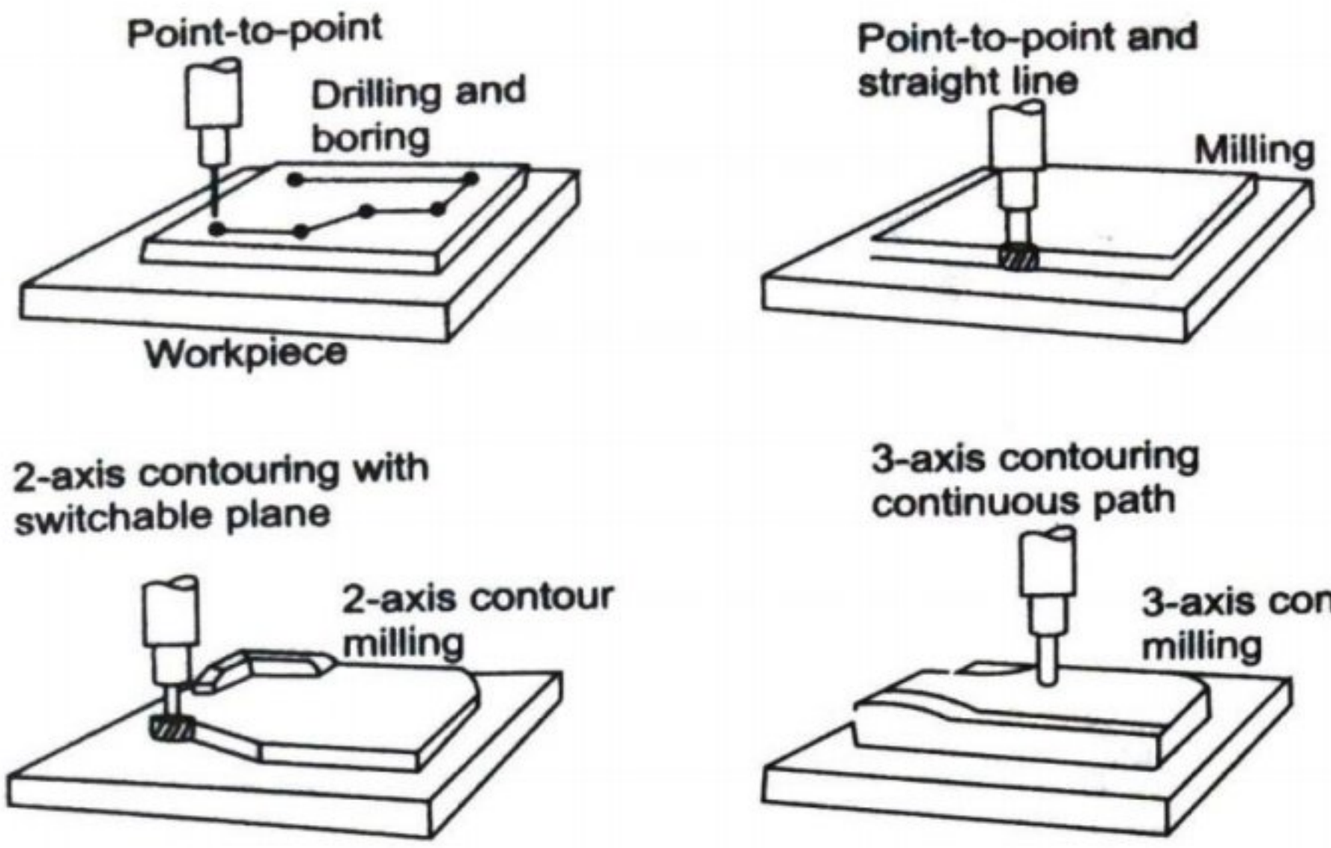
व्यवस्थित आरेख निम्नलिखित है—



(a) Continuous path cutting

(b) Position error caused by the velocity error

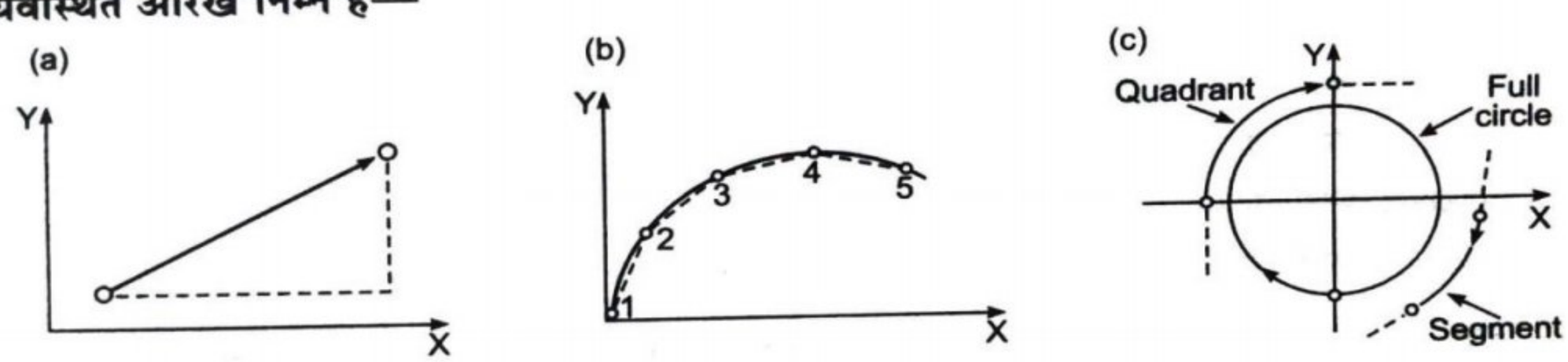
चित्र 1.14



चित्र 1.15 : Systematic diagram of drilling, boring and milling with various paths

(iv) इन्टरपोलेटर (Interpolator)

व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 1.16

इन्टरपोलेटर के प्रकार—

(i) रेखीय इन्टरपोलेटर (Linear interpolator)

(ii) सतत् इन्टरपोलेटर (Continuous interpolator)

(iii) गोलीय इन्टरपोलेटर (Circular interpolator)

CNC मशीन के अनुप्रयोग (Applications of CNC Machine)

(i) इसका प्रयोग हवाई जहाज तथा उसके उपकरणों के उत्पादन में किया जाता है।

(ii) ऑटोमोबाइल इंजन तथा उसके पुर्जों के उत्पादन में प्रयोग किया जाता है।

(iii) जटिल संरचना के लिए प्रयोग किया जाता है।

(iv) PCB (Printed Circuit Board) में प्रयोग किया जाता है।

(v) इलेक्ट्रॉनिक उद्योगों में प्रयोग किया जाता है।

(vi) बैच उत्पादन में प्रयोग किया जाता है।

(vii) टूल भण्डारण की समस्याओं को दूर करने के लिए प्रयोग किया जाता है।

(viii) अधिक धातु निष्कासन (High Material Removal) में प्रयोग किया जाता है।

(ix) जटिल प्रक्रम में प्रयोग किया जाता है।

CNC मशीन के लाभ एवं हानियाँ

लाभ (Merits)

(i) प्रोग्रामिंग करने में आसानी होती है।
(ii) उच्च पुनरावृत्ति एवं यथार्थता होती है।
(iii) उत्पादन दर उच्च होती है।
(iv) जटिल संरचनाएँ जैसे टरबाइन, गियर आदि का निर्माण आसानी से संभव है।
(v) उत्पादन लीड समय में कमी होती है।
(vi) जॉब एवं टूल परिवर्तन में नम्यता होती है।
(vii) उच्च गुणवत्ता प्राप्त होती है।
(viii) स्क्रैप उत्पादन कम होता है।
(ix) प्रोग्राम में परिवर्तन आसानी से हो जाता है।
(x) प्रोग्राम का स्टोरेज आसान होता है।
(xi) मानवीय त्रुटियाँ कम होती हैं।

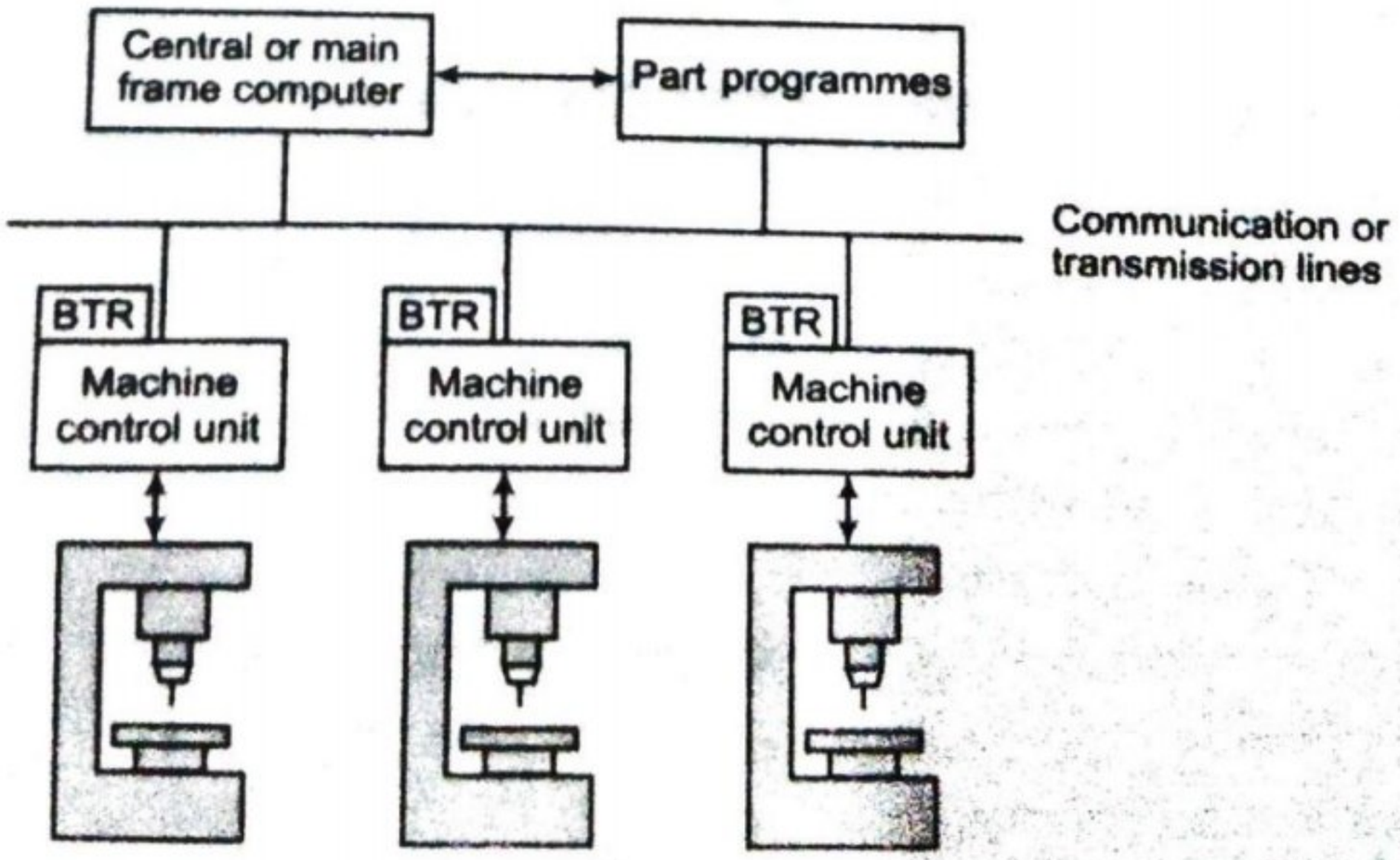
हानियाँ (Demerits)

(i) प्रारम्भिक लागत उच्च होती है।
(ii) कुशल कारीगरों की आवश्यकता होती है।
(iii) अनुरक्षण महंगा एवं कठिन होता है।
(iv) CNC की स्थापना वातानुकूलित स्थान पर होती है जो महंगा होता है।

1.3 डायरैक्ट न्यूमैरिकल कन्ट्रोल मशीन (Direct Numerical Control Machine, DNC)

उत्पादन की ऐसी प्रणाली जिसमें बहुत-सी NC मशीन एक कम्प्यूटर द्वारा कन्ट्रोल की जाती है, जिसे हम सेन्ट्रल कम्प्यूटर कहते हैं तथा जिससे सीधे जुड़कर उत्पादन प्रक्रम क्रियान्वित होती है, डायरैक्ट न्यूमैरिकल कन्ट्रोल मशीन कहते हैं। मशीन टूल इसी सेन्ट्रल कम्प्यूटर से निर्देश प्राप्त करता है।

"Direct Numerical Control is a type of manufacturing system in which several NC or CNC machines are controlled by a Host or Main frame or Central Computer."



चित्र 1.17

DNC के अवयय (Elements of DNC)

(a) मेन फ्रेम कम्प्यूटर (Main Frame Computer)

(b) मैमोरी (Memory)

(c) कम्यूनिकेशन नेटवर्क (Communication Network)

(d) NC/CNC मशीन टूल (NC/CNC Machine Tool)

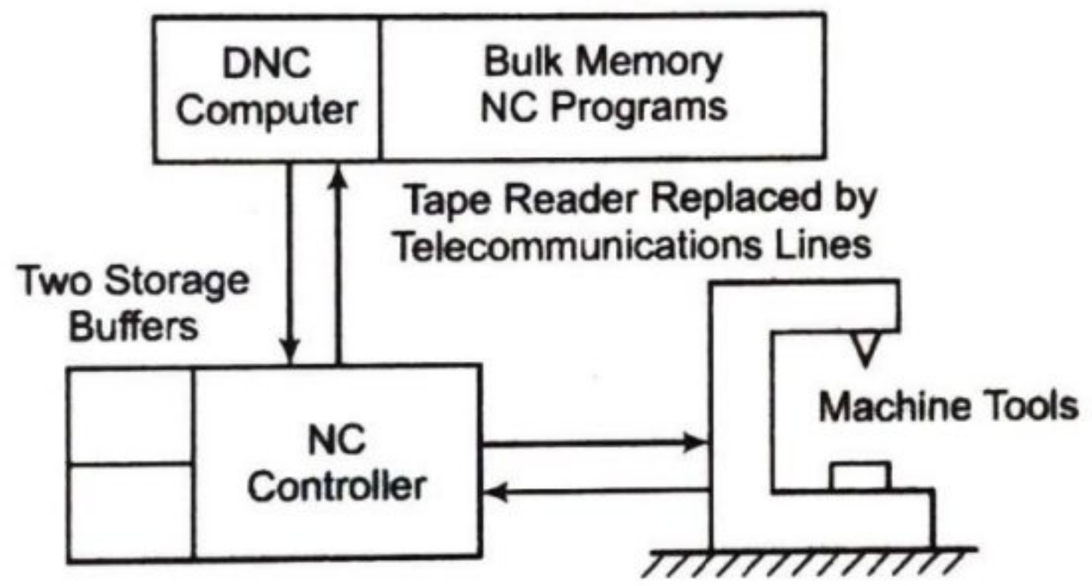
विभिन्न प्रकार की DNC मशीन

(i) BTR System (Behind the Tape Reader)

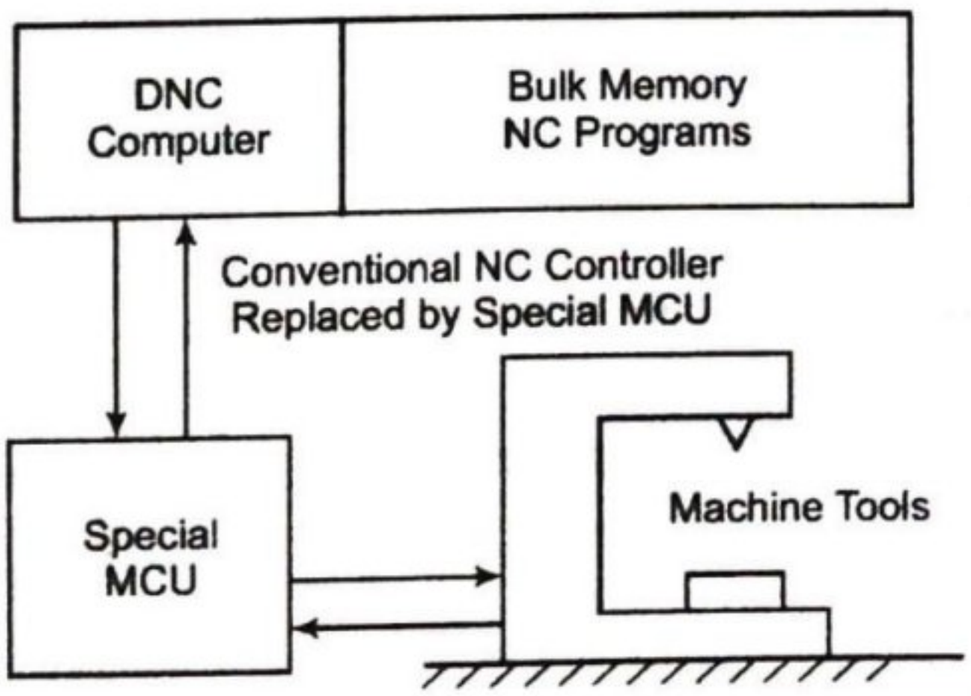
(ii) Special Machine Control Unit

(i) **BTR System**—इस निकाय में सेन्ट्रल कम्प्यूटर को सीधे NC मशीन के मशीन कन्ट्रोल यूनिट से जोड़ दिया जाता है। इस निकाय में कम्प्यूटर का कनेक्शन टेप रीडर के पीछे किया जाता है। इसलिए इसे BTR System कहते हैं।

(ii) **Special Machine Control Unit System**—इस निकाय में NC कन्ट्रोलर की जगह विशेष मशीन कन्ट्रोल यूनिट का इस्तेमाल किया जाता है।



DNC with Behind the Tape Reader (BTR)



DNC with Special Machine Control Unit

चित्र 1.18

Note—यह निकाय अत्यन्त महंगा होता है इसलिए इसे बड़े उद्योगों में ही प्रयोग किया जाता है।

CNC एवं DNC में अन्तर

क्रम सं०	CNC मशीन	DNC मशीन
1.	CNC में कम्प्यूटर मशीन से सीधे रूप से जुड़ा होता है।	DNC में कम्प्यूटर मशीनों से दूर होता है तथा Telecommunication Line द्वारा जुड़ा होता है।
2.	CNC में मशीनें नम्य होती हैं।	DNC में मशीनें कम नम्य होती हैं।
3.	CNC में प्रोग्रामिंग कम कुशल ऑपरेटरों द्वारा की जाती है।	DNC में प्रोग्रामिंग अधिक कुशल ऑपरेटरों द्वारा की जाती हैं।
4.	CNC एक समय में एक मशीन को कन्ट्रोल करता है।	DNC एक समय में कई मशीनों को नियंत्रित करता है।
5.	CNC : Computer Numerical Control	DNC : Direct Numerical Control

1.4 कम्प्यूटर संख्यात्मक नियंत्रण के मुख्य अवयय (Basic Components of CNC Machine)

कम्प्यूटर संख्यात्मक नियंत्रण के मुख्य अवयय निम्नलिखित हैं–

(i) इनपुट उपकरण (Input device)
(ii) मशीन कंट्रोल यूनिट (Machine control unit)
(iii) मशीन टूल (Machine tool)
(iv) चालन प्रणाली (Driving system)
(v) फीडबैक उपकरण (Feed back device)
(vi) डिस्पले यूनिट (Display unit)

(i) इनपुट उपकरण (Input device)

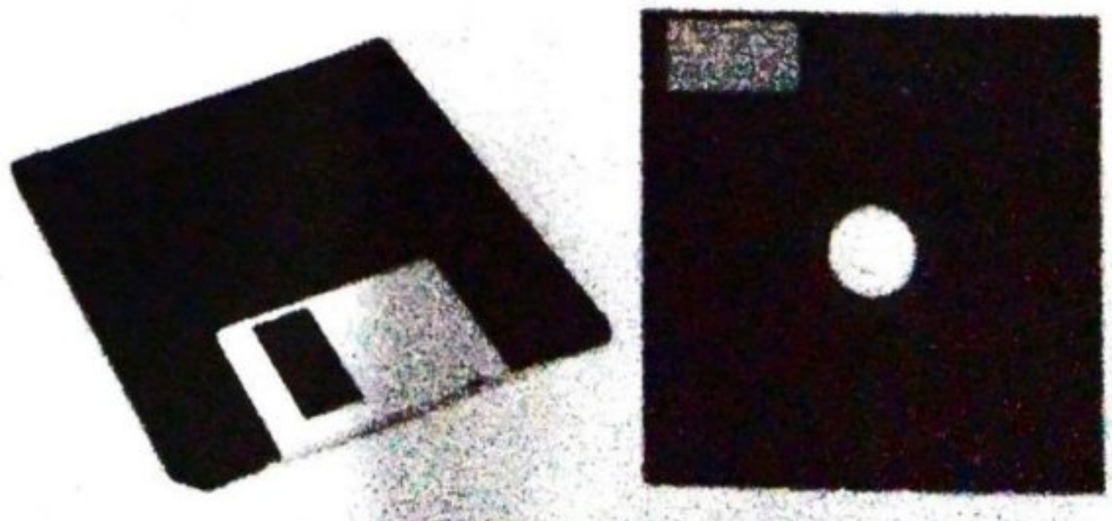
इन उपकरण का प्रयोग पार्ट प्रोग्राम को संचालित करने के लिए प्रयोग किया जाता है।

प्रमुख इनपुट उपकरण निम्नलिखित हैं–

(a) फ्लापी डिस्क (Floppy disk)
(b) यू० एस० बी० (USB)
(c) शृंखला सम्प्रेषण (Series communication)
(d) सीडी/डीवीडी (CD/DVD)

(a) फ्लॉपी डिस्क (Floppy disk)—यह एक छोटी चुम्बकीय भण्डारण उपकरण (small magnetic storage device) होता है, जिसे CNC इनपुट उपकरण कहते हैं। इसका उपयोग 1970 ई० के दशक में ज्यादा होता है। प्रमुख विशेषताएँ निम्नलिखित हैं–

(a) उच्च डाटा स्थानान्तरण गति
(b) विश्वसनीयता
(c) भण्डारण साइज
(d) डाटा हैन्डलिंग
(e) रीड एवं राइट क्षमता



चित्र 1.19

(b) यू० एस० बी० (USB)

यह एक हटाए जाने योग्य (removable), पुन: लिखने (rewritable) योग्य सुगम्य हार्ड ड्राइव होता है। यह फ्लापी डिस्क से साइज में छोटा होता है परन्तु भण्डारण क्षमता उच्च होती है। यह सभी प्रकार के कम्प्यूटर में स्पोर्ट करता है।

USB-Universal Serial Bus.

चित्र 1.20

शृंखला सम्प्रेषण (Serial communication)

कम्प्यूटर तथा CNC मशीन में डाटा स्थानान्तरण (Data transfer) के लिए शृंखला सम्प्रेषण का प्रयोग किया जाता है।

सर्वाधिक प्रयोग किए जाने वाला शृंखला सम्प्रेषण ड्राइव EIA Stand RS-232 है।

(d) सीडी/डीपीडी (CD/DVD)

CD—The full form of CD is COMPACT DISC

यह एक डिजिटल ऑप्टिकल डिस्क होती है जिसे फिलिप्स एवं सोनी (Philips & Soni) द्वारा विकसित किया गया था, जिसका प्रयोग डाटा भण्डारण के लिए किया जाता है। सर्वप्रथम इसका प्रयोग केवल ध्वनि रिकार्डिंग के लिए किया जाता है परन्तु बाद में इसको विकसित कर विभिन्न डाटा भण्डारण में प्रयोग किया जाने लगा।

चित्र 1.21

DVD—The full form of DVD is "DIGITAL VERSATILE DISC".

इसको सन् 1995 में फिलिप्स सोनी, तोशिबा एवं पैनासोनिक द्वारा विकसित किया गया था। इसका उपयोग बड़ी मात्रा में डाटा भण्डारण के लिए किया जाता है। यह एक ऑप्टिकल डिस्क होता है जिसकी न्यूनतम भण्डरण क्षमता 4.7 GB सिंगल साइड में होती है।

S.No.	विवरण	CD	DVD
1.	Media Type	Optical disc	Optical Disc
2.	Capacity	700 MB	4.7 GB (Single sided, double layer) 8.5 GB (Single sided, double layer) 9.4 GB (double sided, single layer) 17.08 GB (Double sided, double layer)
3.	Read Mechanism	780 nm wavelength 1200 kbit/s	650 nm lases 105 Mbit/s
4.	Write Mechanism	1200 kbit/s	10.5 Mbit/s
5.	Weight	–	16 grains (246 grains)

(II) मशीन कन्ट्रोल यूनिट (Machine Control Unit)

इसका विवरण अनुच्छेद 1.1 में किया गया है।

संक्षेप में मशीन कंट्रोल यूनिट किसी कम्प्यूटर संख्यात्मक निकाय का हृदय होता है।

मशीन कंट्रोल यूनिट को उपवर्गों में विभाजित है–

(a) डाटा प्रोसिंग यूनिट (Data processing unit, DPU)

(b) नियंत्रण लूप यूनिट (Control loop unit, CLU)

(a) डाटा प्रोसेसिंग यूनिट—इनपुट उपकरण से प्राप्त संकेतों (पार्ट प्रोग्राम) को डाटा प्रोसेसिंग यूनिट में भेजते हैं। इन्टरपोलेटर की सहायता से पार्ट प्रोग्राम को डीकोड किया जाता है। फिर पार्ट प्रोग्राम को मशीन गति में परिवर्तित किया जाता है। मशीन गति में परिवर्तित करने के लिए बेसिक लेंथ यूनिट (Basic length unit) का प्रयोग किया जाता है।

(b) नियंत्रण लूप यूनिट (Control loop unit)—यह मशीन कंट्रोल यूनिट के सभी चर एवं अचर प्रचालकों के नियंत्रण के लिए प्रयोग किया जाता है। यह सामान्यत: विद्युत सिग्नल को नियंत्रित करने के लिए प्रयोग किया जाता है।

(III) मशीन टूल (Machine Tool)

मशीन टूल किसी कम्प्यूटर संख्यात्मक नियंत्रण निकाय का वह मान होता है जो मशीनन कार्य सम्पन्न करता है।

उदाहरण के लिए–

(i) लेथ मशीन टूल

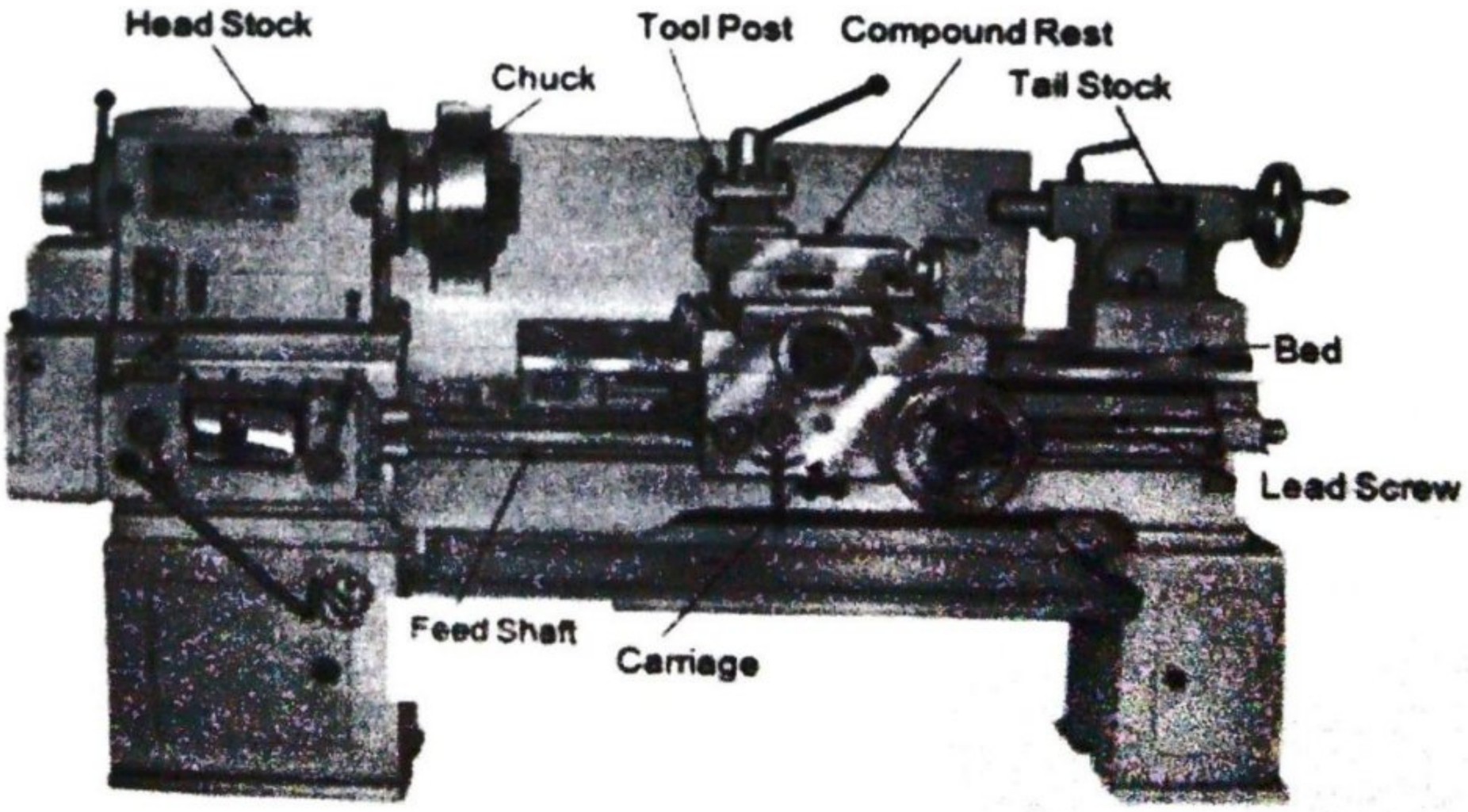
(ii) ड्रिलिंग मशीन टूल

(iii) मिलिंग मशीन टूल

(iv) बोरिंग मशीन टूल

(v) शेपर मशीन टूल

(vi) स्लाटर मशीन टूल, आदि।



चित्र 1.22 : Lathe Machine Tool

(iv) चालन प्रणाली (Driving system)

यह किसी CNC मशीन का महत्वपूर्ण अंग होता है। किसी CNC मशीन की यथार्थता एवं पुनरावृत्ति, चालन प्रणाली के लक्षण एवं निष्पादन पर निर्भर करता है। चालन प्रणाली किसी भी निर्देशों के अनुसार चलता है तथा मोटर की गति पर निर्भर करता है।

प्रमुख चालन प्रणाली निम्नलिखित हैं–

(a) डीसी सर्वो मोटर
(b) एसी सर्वे मोटर
(c) स्टेपर मोटर
(d) रेखीय मोटर

(a) डीसी सर्वो मोटर (DC Servo motor)

यह सबसे सरलतम एवं सामान्य रूप से प्रयोग किए जाने वाला चालन प्रणाली है। यह महंगा एवं इसका अनुरक्षण लागत भी उच्च होता है।

(b) एसी सर्वोमीटर (AC Servo meter)

यह सर्वोमीटर में रोटर स्थायी चुम्बक होता है जबकि स्टेटर 3 – ϕ बाइन्डिंग के साथ व्यवस्थित होता है।

एसी सर्वोमीटर सस्ता होता है, अनुरक्षण लागत कम होता है। इसका शक्ति-भार अनुपात कम होता है।

(c) स्टेपर मोटर (Stepper motor)

स्टेपर मोटर वह युक्ति होता है जो विद्युत प्लस को शाफ्ट की यांत्रिक घुमाऊ गति में परिवर्तित करती है। यह एक सरलतम उपकरण जो CNC मशीन में प्रयोग किया जाता है क्योंकि यह डिजिटल आँकड़ों को वास्तविक यांत्रिक उपकरण में परिवर्तित करता है।

(d) रेखीय मोटर (Linear motor)

यह एक ऐसा घुमाऊ मोटर होता है जो सीधे व्यवस्थित होता है। इसका डिजाइन सरल होता है।

(v) फीडबैक उपकरण (Feed back Equipment)

CNC मशीन की यथार्थता को बनाए रखने के लिए फीडबैक उपकरण का प्रयोग किया जाता है। यथार्थता को बनाए रखने के लिए स्थितिक मान एवं गति अक्ष निरन्तर अपडेट होना चाहिए। सामान्यत: दो प्रकार के फीडबैक उपकरण का प्रयोग किया जाता है–

(a) स्थिति फीडबैक उपकरण
(b) वेग/गति फीडबैक उपकरण

(a) स्थिति फीडबैक उपकरण

यह दो प्रकार का होता है–

(i) **रेखीय ट्रान्सड्यूसर** : यह सीधे या रेखीय स्थिति के मापन के लिए प्रयोग किया जाता है।
(ii) **रोटरी इनकोडर** : इसका प्रयोग कोणीय या घुमाऊ विस्थापन के लिए किया जाता है।

(b) वेग/गति फीड बैक उपकरण

इसको टैकोमीटर की सहायता से मापा जाता है। टैकोमीटर को शाफ्ट पर अंत सिरों पर व्यवस्थित किया जाता है। इससे वेग का मापन वोल्टेज ड्राप के रूप में डिस्प्ले यूनिट में किया जाता है।

(vi) डिस्पले यूनिट (Display Unit)

डिस्पले यूनिट Interactive उपकरण की तरह कार्य करता है। डिस्पले यूनिट के रूप में monitor का प्रयोग किया जाता है। monitor के रूप में TFT, LED, LCD का प्रयोग किया जाता है।

1.5 कम्प्यूटर संख्यात्मक नियंत्रण मशीन द्वारा अंगों के मशीन का चयन (Selection of Compoment to be Machnied on CNC Machine)

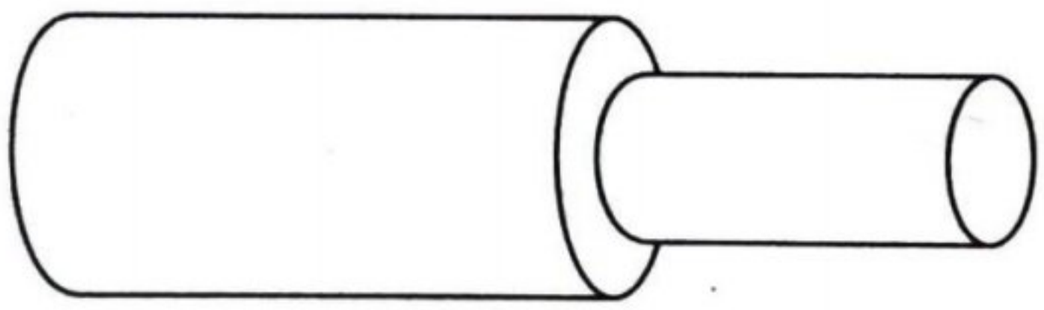
CNC मशीन द्वारा निम्न मशीनन संक्रियाएँ सम्पन्न की जाती हैं–

(a) टर्निंग टूल एवं सम्बन्धित संक्रियाएँ
(b) ड्रिलिंग एवं सम्बन्धित संक्रियाएँ
(c) मिलिंग टूल एवं सम्बन्धित संक्रियाएँ
(d) अन्य मशीनन टूल एवं संबंधित संक्रियाएं

(i) टर्निंग टूल एवं सम्बन्धित संक्रियाएँ

टर्निंग वह प्रक्रिया है जिसके अंतर्गत मशीनन प्रक्रम एकल बिन्दु टूल की सहायता से अवांछित पदार्थ को निकाल कर सतह को परिष्कृत करता है।

उदाहरण के लिए-लेथ मशीन टूल

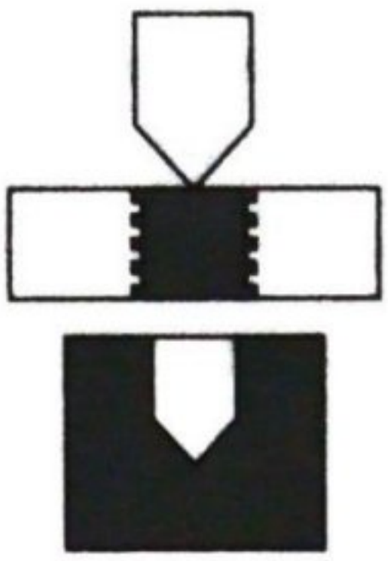


चित्र 1.23

टर्निंग से संबंधित संक्रियाएँ–

(a) फेसिंग (Facing)
(b) टेपर टर्निंग (Taper turning)
(c) कान्टूर टर्निंग (Contour turning)
(d) फार्म टर्निंग (Form turning)
(e) चैम्फरिंग (Chamfering)
(f) कट-ऑफ (Cut-off)
(g) थ्रेडिंग संक्रियाएँ (Threading operation)
(h) बोरिंग संक्रियाएँ (Boaring operation)
(i) ड्रिलिंग संक्रियाएँ (Drilling operation)
(j) नर्लिंग संक्रियाएँ (Knurling operation)

(ii) ड्रिलिंग टूल एवं सम्बन्धित संक्रियाएँ



चित्र 1.24

ड्रिलिंग टूल ज्यामिति—ड्रिलिंग टूल के अंतर्गत निम्न तथ्य सम्मिलित हैं–

- शैंक (Shank)
- नेक (Neck)
- ड्रिल बॉडी (Drill body)
- हैलिक्स कोण (Helix angle)
- बिन्दु कोण (Point angle)
- कटाई छोर (Cutting edge)
- फ्ल्यूट (Flute)
- चिसल कोण (Chisel angle)

ड्रिलिंग के लिए मशीन टूल

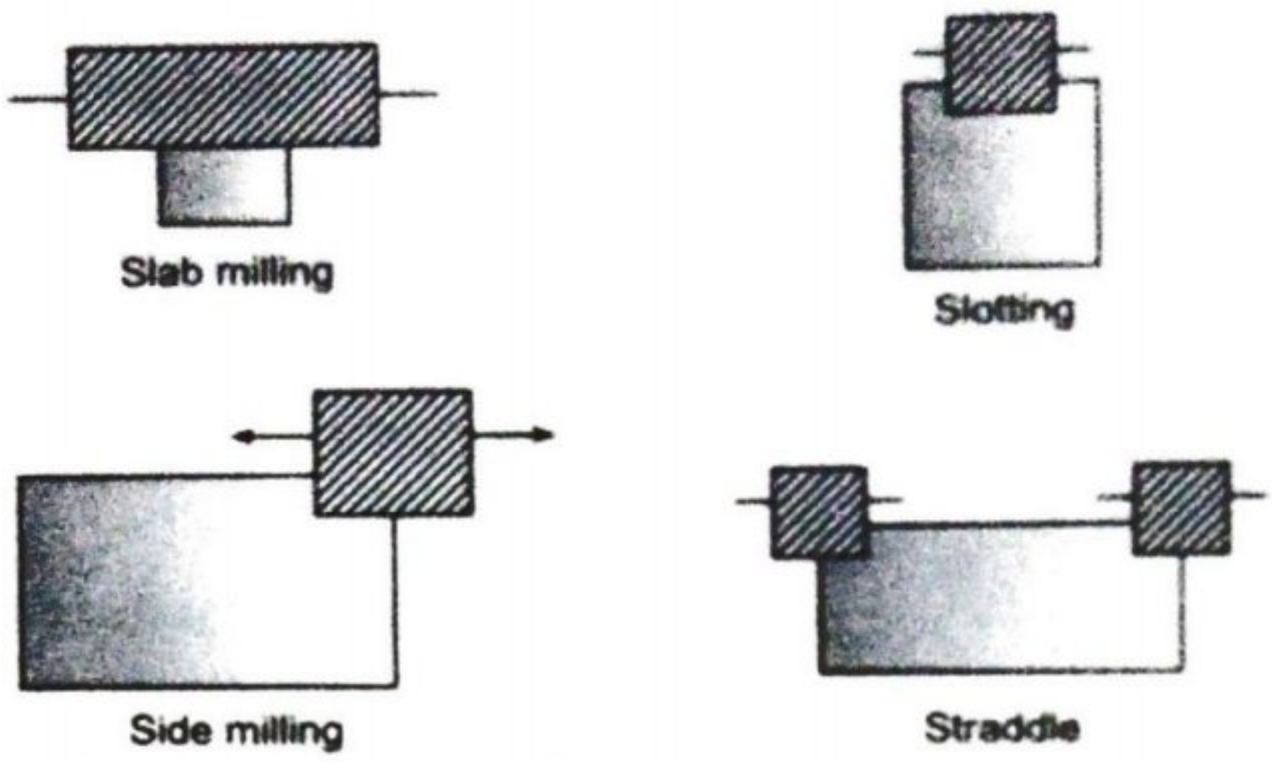
- ड्रिल प्रेस
  - अपराइट ड्रिल
  - बेन्च ड्रिल
  - रेडियल ड्रिल
  - गैंग ड्रिल
  - एन सी ड्रिल
- जिग एवं फिक्सचर

(iii) मिलिंग टूल एवं संबंधित संक्रियाएँ

मिलिंग वह संक्रिया होती है जिसके तहत किसी कार्यखण्ड से अवांछित पदार्थ का निस्तारण किया जाता है।

मिलिंग के प्रकार

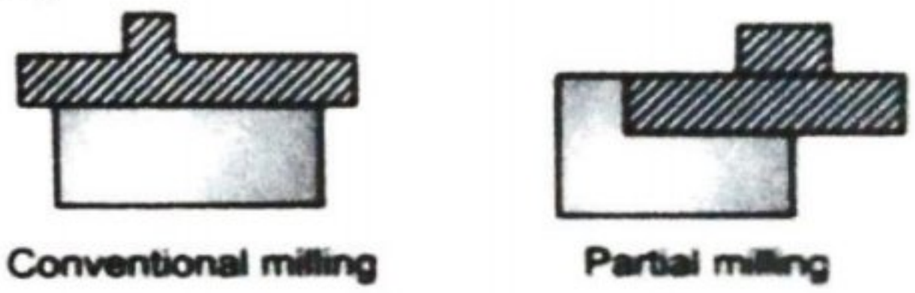
- परिधि मिलिंग (Peripheral milling)
- स्लाटिंग मिलिंग (Slotting milling)
- साइड मिलिंग (Side milling)
- स्टराडिल मिलिंग (Straddle milling)



चित्र 1.25

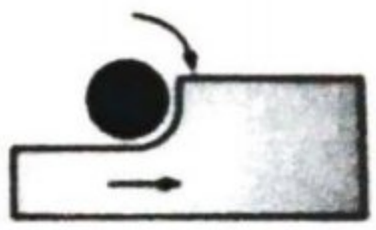
फेस मिलिंग (Face Milling)

- अंत: फेस (End face)
- अंशत: फेस (Partial face)
- प्रोफाइल फेस (Profile face)
- पाकेट फेस (Packet face)
- कान्टूर फेस (Contour face)



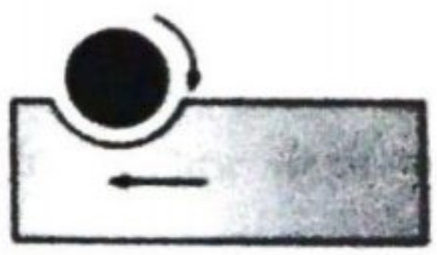
चित्र 1.26

- ऊपरी मिलिंग (Up-milling)



चित्र 1.27

- Down Milling- (निचली मिलिंग)



चित्र 1.28

(iv) अन्य मशीनन प्रक्रम

अन्य मशीनन प्रक्रम निम्नलिखित है–

- शेपिंग एवं प्लेनिंग (Shaping & Planning)
- ब्रोचिंग (Broaching)
- Sawing, etc.

1.6 अक्ष पहचान (Axis Identification)

अक्ष पहचान एवं अक्ष निर्धारण के दौरान प्रमुख तत्व निम्नलिखित है—

(i) मशीन टूल की गति X, Y, Z दिशाओं में एक निश्चित मानक दशाओं के अनुरूप निर्धारित किया जाता है।

(ii) अक्ष का निर्धारण निम्न दशाओं पर निर्भर करता है—

- मशीन टूल (Machine tool)
- कार्यखण्ड (Workpiece)
- मशीन
- मशीनन दशाएँ
- कार्यखण्ड ग्राही युक्ति
- मशीन टूल ग्राही युक्ति

1.7 रोबोटिक्स (Robotics)

रोबोट (Robot) ग्रीक शब्द से लिया गया है जिसका अर्थ है बल श्रमिक (Force labour)। रोबोट शब्द का जनक करेल कपेक को कहा जाता है।

रोबोटिक इंस्टीटयूट ऑफ अमेरिका के अनुसार "रोबोट एक रिप्रोग्रामिबल बहु-कार्य मैनीपुलेटर है जिसका निर्माण पदार्थ अंगों, टूल तथा विशेष उपकरणों को एक स्थान से दूसरे स्थान तक ले जाने में किया जाता है।"

Robot is a reprogrammable multifunctional manipulator designed to move material, parts, tools or special device through variable programmed motion for performance of a variety of tasks.

मानव के समान ऑटोमैटिक मशीन को रोबोट कहते हैं।

(Human like automatic machine is known as Robot.)

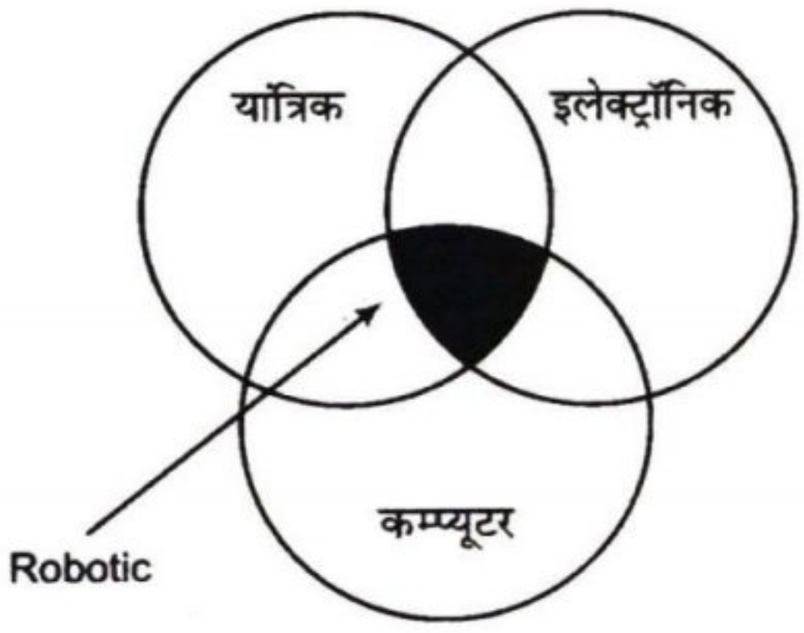
स्वचालन में एडवान्समेन्ट का परिणाम रोबोट है। रोबोट तीन विधाओं के समावेश से बनता है—

(i) यान्त्रिक अभियंत्रण

(ii) इलेक्ट्रॉनिक अभियंत्रण

(iii) कम्प्यूटर अभियंत्रण

रोबोट में रोबोटिक आर्म तीन अक्षों में रेखीय तथा घूर्णन गति करने के लिए तन्त्र होते हैं।



चित्र 1.29

Degree of freedom = 06

रोबोट के नियम

Insac Asimov को रोबोट का जनक कहा जाता है। 1942 में इन्होंने रोबोट के लिए तीन नियम प्रतिपादित किये—

प्रथम नियम—यह कभी मनुष्य को नुकसान नहीं पहुँचायेगा।

द्वितीय नियम—यह मनुष्य के सभी आदेशों का पालन करेगा।

तृतीय नियम—यह अपने अस्तित्व को बनाए रखेगा। यदि यह उपरोक्त दोनों नियम का विरोध न करे।

रोबोट के अवयय (Elements of Robot)—

(i) लिंकेज या मैनीपुलेटर (Linkage or manipulator)

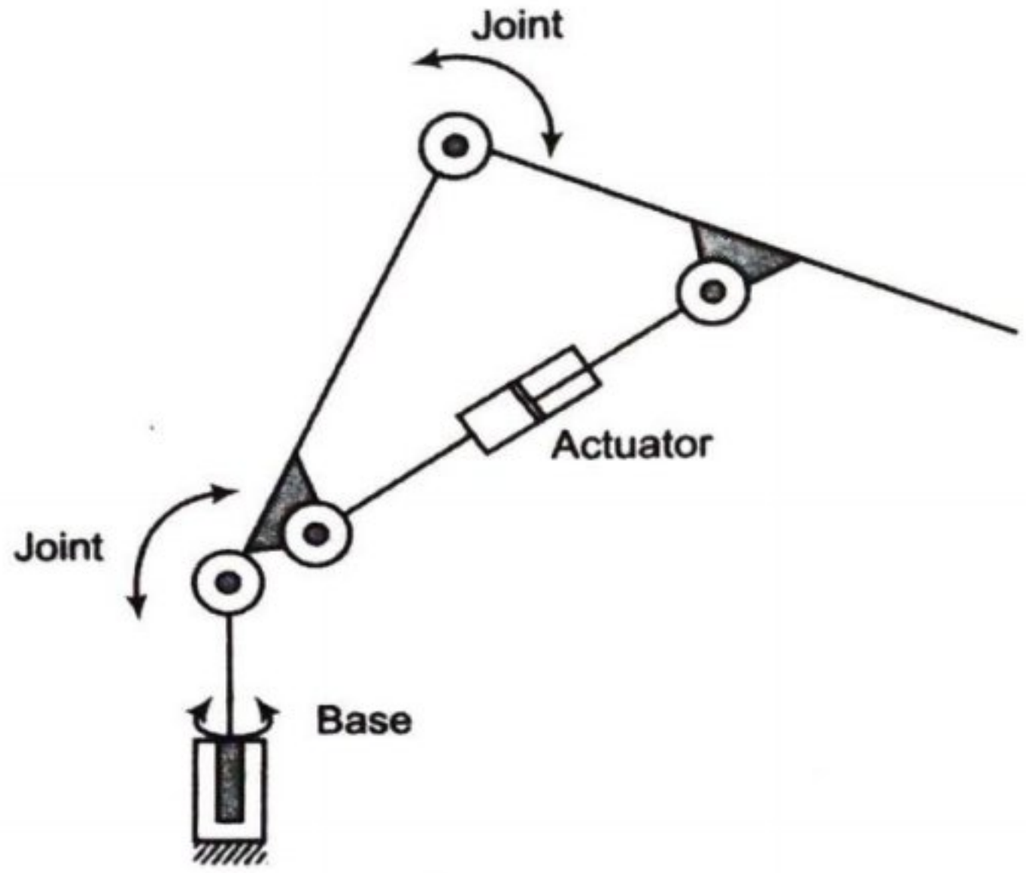
(ii) एक्चुएटर (Actuator)

(iii) सेन्सर (Sensor)

(iv) रोबोट कन्ट्रोलर (Robot controller)

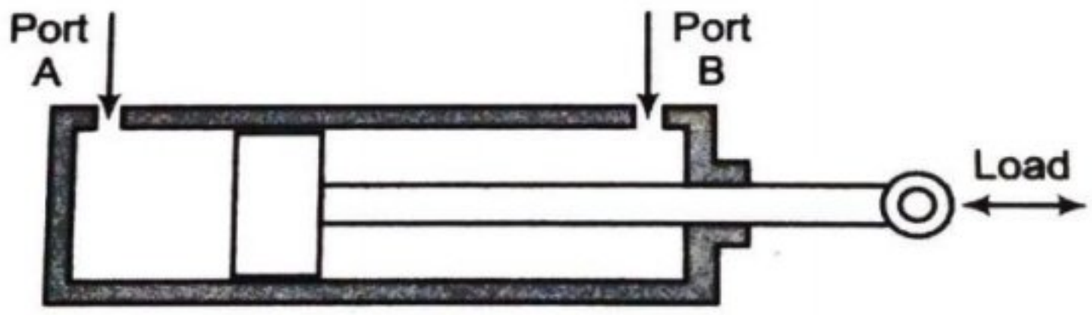
(v) यूजर इन्टरफेस (User interface)

(i) लिंकेज या मैनीपुलेटर—यह दृढ़ लिंकों की एक शृंखला होती है। जोड़ों द्वारा आपस में जुड़े होती है। व्यवस्थित आरेख निम्न है—

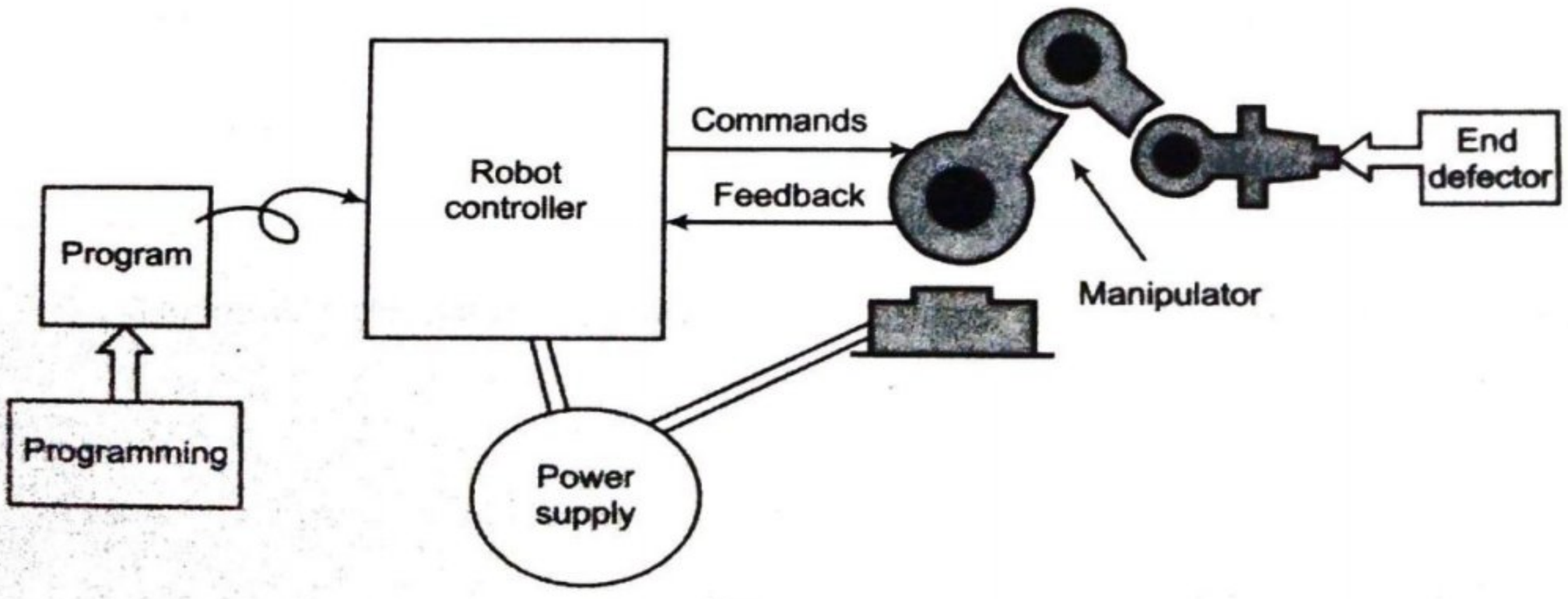


चित्र 1.30

(ii) एक्चुएटर—यह एक मोटर की भाँति होता है जिसका प्रयोग यंत्र विन्यास को घुमाने तथा नियन्त्रित करने के लिए किया जाता है। एक्चुएटर ऊर्जा को गति में परिवर्तित करता है।



चित्र 1.31 : A hydraulic actuator (cylinder)



चित्र 1.32

(iii) **सेन्सर**—यह रोबोट के सेन्स की क्षमता को प्रदर्शित करता है।

(iv) **कन्ट्रोलर**—यह रोबोट के लिंकेज की गति को नियन्त्रित करता है।

(v) **यूजर इन्टरफेस**—इसकी सहायता से रोबोट में मानवीय हस्तक्षेप किया जाता है।

रोबोट श्रेणी—रोबोट क्षेणी तीन श्रेणियों में बाँटा गया है—

(a) औद्योगिक रोबोट (Industrial robot)

(b) रिसर्च रोबोट (Research robot)

(c) एजुकेशनल रोबोट (Educational robot)

रोबोट के अनुप्रयोग (Application of robot)

(i) वैल्डिंग में

(ii) पदार्थ स्थानान्तरण में

(iii) उठाने और पकड़ने में

(iv) ग्राइंडिंग में

(v) स्प्रे पेन्टिंग में

(vi) ड्रिलिंग में

(vii) तापीय स्प्रे में

(viii) एसेम्बली में

(ix) निरीक्षण एवं गुण नियन्त्रण में

(x) धातु कटिंग में आदि।

PLC

PLC का अर्थ है Programmable Logic Controller

PLC कंप्यूटर की तरह होता है। PLC में आपके द्वारा घर में रखे गये Personal Computer के तरह कई फीचर्स होते हैं।

जैसे—एक पावर सप्लाई, एक CPU, इनपुट और आउटपुट, मैमोरी और आपरेटिंग सॉफ्टवेयर आदि होते हैं।

PLC में एक प्रोग्राम बनाया जाता है जो हमारी जरूरतें के लिए काम करता है। इसका उपयोग कई उद्योगों और मशीनों में किया जाता है।

तापमान नियंत्रण, दबाव नियंत्रण, विद्युत इंटरलाक, ड्राई, वेट (Wet), धूल, नमी, गर्मी की स्थिति के अंतर्गत विशेष रूप से ऑपरेट करने के लिए डिजाइन किया जाता है।

"यह Industrial में मैन्युफैक्चरिंग प्लांट, अयस्क प्रोसेसिंग प्लांट, या वेस्ट वाटर ट्रीटमेंट प्लांट को ऑटोमैटिक ऑपरेट करने के लिए किया जाता है।"

PLC की अवधारणा (Concept of PLC)

PLC ने Industrial and manufacturing sectors में क्रान्ति ला दी है। PLC के function जैसे Analog Signals के timing, counting, calculation, तुलना और Processing आदि किया जाता है।

'हार्ड-वायर्ड' Controls System के स्थान पर PLC का उपयोग इसलिए किया जाता है कि आप PLC को replace करने के बाद इसे कम लागत पर Program कर सकते हैं।

PLC एक डिजिटल कम्प्यूटर है जो विद्युत यांत्रिक प्रक्रिया को सुचालित (Automatic) बनाने के लिए प्रयोग किया जाता है।

यह factor adjustment (समायोजन) Lines पर Control of machinery, मनोरंजन सवारिया, या Light Fixture (स्थिरता) आदि Electro mechanical process के Automation (स्वाचालन) में काम में लिया जा सकता है। मशीन Operation Control करने वाले Program स्थिर Memory में जमा किये जाते हैं।

PLC गम्भीर स्थितियों जैसे, धूल, गर्मी, नमी और सर्दी के लिए पैक (Closed) होता है।

PLC का उपयोग करके कई Input और Output को सम्मिलित करना आसान होता है।

करनी पड़ती है।

PLC में बहुत बड़ा और जटिल Process को Control करने की क्षमता होती है।

उपयोग व जरूरतों के अनुसार PLC को Program किया जाता है।

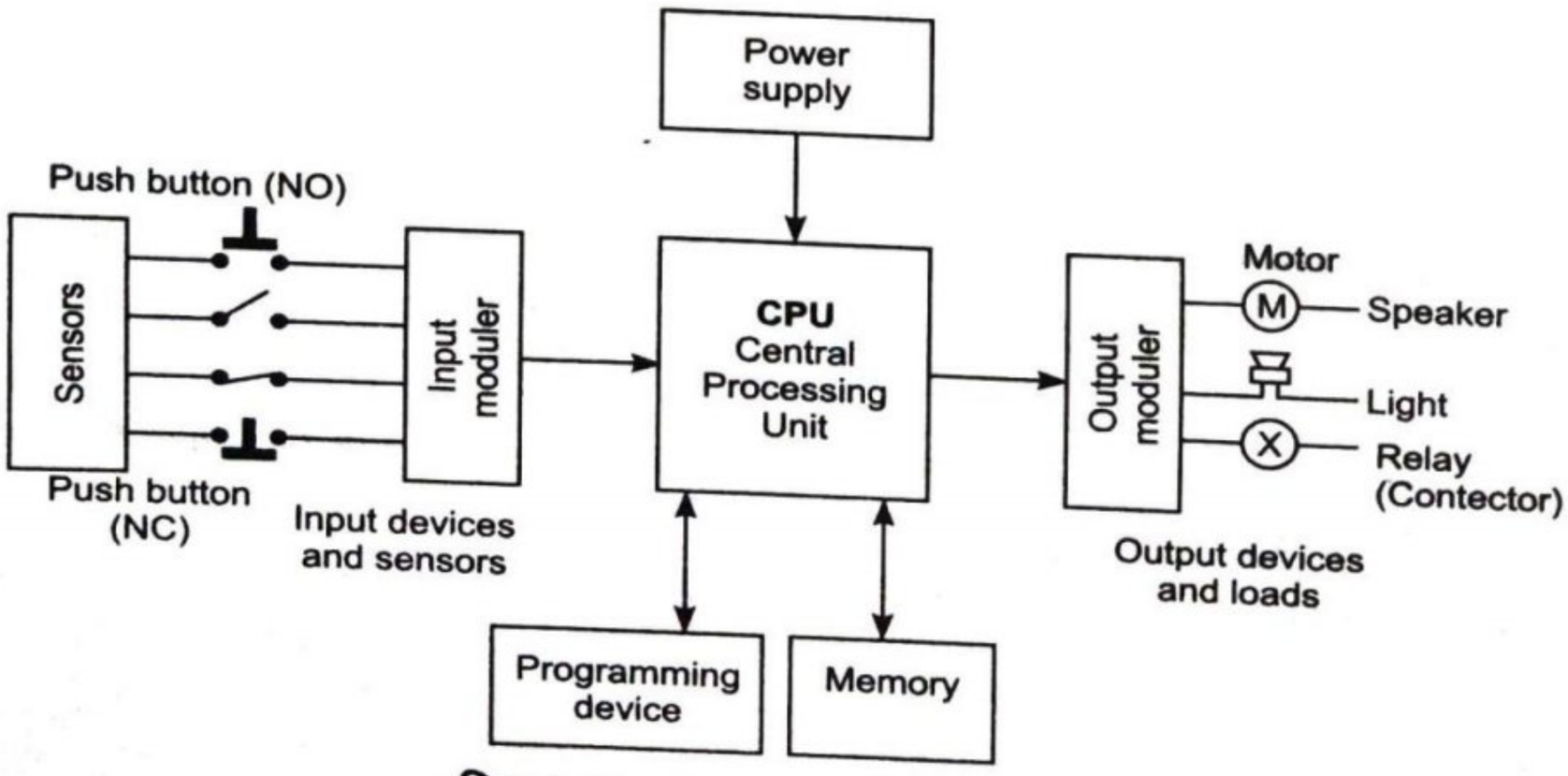
कुछ आधुनिक PLC की Data helding, Storage, Storing, Transmitting Power लगभग Desktop Computer के बराबर होती है।

अधिकांश आधुनिक PLC एक Network पर से किसी अन्य सिस्टम पर संपर्क कर सकती है।

जैसे—SCADA

मान लीजिए हमारे पास एक बल्ब है जो एक Switch से Connect है। इसको हर 30 सेकण्ड में ON करना है और OFF करना तो आप इसको कर लेंगे लेकिन अगर हमें 10 बल्ब को हर 20 सेकण्ड में ON और OFF करना है तो हम Time Relay लगा लेकर लेंगे।

अगर 100 बल्ब दिए जाए तो भी Timer लगा कर ON और OFF कर सकते हैं लेकिन यह Time Relay बहुत ज्यादा लगानी पड़ेगी। बहुत काम करना पड़ेगा, बहुत Wiring करनी पड़ेगी, बहुत Landy हो जाता इन सबसे बचने के लिए कम PLC का उपयोग करते हैं।



चित्र 1.33 : PLC BLOCK DIAGRAM

विभिन्न ब्लाकों के कार्य (Function of Various Blocks)

Processor—सभी Programmable logic control एक CPU रखते हैं। ये Microprocessor अन्त्रिक प्रक्रिया (Internal Process) को Superwise या Control करता है।

PLC Memory—Memory के अर्न्तगत Logic Programs सिक्वेंसिंग एवं Input/Output Operation सम्मिलित किये जाते हैं।

PLC की Operating System तथा Application memory में विभाजित किया जा सकता है।

इस प्रकार से सिस्टम प्रोग्राम को ROM तथा एप्लीकेशन Program को RAM में स्टोर किया जाता है।

Programming Device—PLC को एक Programming डिवाइस के माध्यम से प्रयोग किया जाता है।

Programming device के द्वारा Programmer एवं Operator Program Instruction तथा Data को Enter तथा Edit कर सकते हैं।

Programming Device के बेसिक अवयव—Keyboard, विजुअल डिस्प्ले, Microprocessor तथा Communication Cable होती है।

Microcontroller ⟶ Micro Processor + Memory + Input/Output

Programming Device के कुछ महत्वपूर्ण Function निम्न हैं—

(1) PLC में मेमोरी से User Program को उत्पन्न करना एवं Transfer करना।

(2) User Program तथा Control System के Start up को डबिंग (दी गयी Command को O/P में कैसे Change करते) करना।

Programming Device में उपयोग होने वाली प्रमुख डिवासेस निम्नलिखित हैं—

(1) Hand Held Programming Unit—इस Unit को PLC के Program के लिए Use में लाया जाता है। इसमें से अधिकतर Unit एक बड़े Display एवं एक अलग Keyboard तथा Calculator के साथ Portable (कहीं भी जा सकते) होते है।

अथवा

यह Calculator और LCD की तरह Keypads के साथ हथेली आकार की होती है। Compact और हल्के होने के कारण ले जाने में आसान होते है। इसका उपयोग PLC में Program करने के लिए किया जाता है।

Industrial Programming Terminal—Industrial programming formal एवं Intelligence device है जो Control program को Display करने के साथ-2 Program editing function भी उपलब्ध कराती है।

Industrial program में सामान्यत: एक खुद की मेमोरी तथा Cathode rayd tube होती है जो एक्टर (Change करना) एवं Monitor Program को उत्पन्न करने में उपयोग की जाती है।

Personal Computer—Personal Computer के अन्दर Industrial terminals के सभी फिचर्स जैसे—Storage, Programme, editing आदि आते हैं।

परन्तु इसके द्वारा कुछ अन्य फीचर्स जैसे—ऑटोमेटिक प्रोग्राम, Print out एवं to लोकल एरिया नेटवर्क आदि को जोड़ा जाता है।

IN, Programmer एवं Engineer को Network में किसी भी Programmable Controller से एक्सेस (इधर-उधर भेज) करने की सुमति प्रदान करता है। ताकि Network से किसी भी डिवाइस को Monitor अथवा Control किया जा सके।

इस प्रकार के function में छोटे Portable Computer Laptop आदि PLC की Programming में उपयोग की जाती है।

Input Module—I/P मॉड्यूलश Field, I/P डिवाइस तथा PLC के CPU के मध्य Link की तरह कार्य करता है।

I/M का मुख्य function यह है कि यह field डिवाइस के Input Signal को लेकर एक ऐसे Signal Level में परिवर्तित करता है। जिससे CPU उससे सम्बन्धित कार्य कर सकता है एवं Signal को Change करके CPU को भेज सकता है।

विशेष रुप से Input Module में 8, 16, 32 Terminal हो सकते हैं।

Input Module electrical circuit होता है जो PLC को CPU की Field Input डिवाइस के साथ Interface करता है।

Output Module—प्रत्येक Module के पास Output wiring के अलग-2 field O/P device से जोड़ने के लिए एक Terminal Blog होता है। Output Module का मुख्य function CPU को Control signal को ग्रहण एवं electricity अलग-2 करना तथा Output field डिवाइस को ON अथवा OFF करने के लिए सक्रिय अथवा निष्क्रिय करना है। Output Module में 8, 16, 32 सिरे होते हैं। O/M एक Electronic Circuit होता है। जो PLC की CPU यूनिट की field output device से जुड़ा होता है।

Power Supply—PLC में दो Power Supply Section होते हैं—

(1) इंटर्नल पावर सप्लाई, (2) एक्सटर्नल पावर सप्लाई

Power Supply System में System को Voltage एवं Current की सही मात्रा Supply करने के लिए actifier, filter तथा Voltage Regulator को Connect किया जाता है।

Power Supply को High ताप तथा नमी के लिए निर्मित किया जाता है क्योंकि PLC का प्रयोग दुर्बल (Bad) स्थितियों (Condition) में उद्योगों में प्रयोग करने के लिए किया जाता है।

1. Advantage of PLC over electromagnetic relays

इलेक्ट्रोमेग्नेटिक रिले की तुलना में PLC के लाभ—

(i) Simple एवं कम Wiring

(ii) GÅeesieeW ceW ogue&Ye JeeleeJejCe Condition में काम करने के लिए किया जाता है।

(iii) Operation Scan time की Speed मिलीसेकण्ड में होती है।

(iv) PLC Low Power Consume करता है।

(v) PLC में High Processing Speed होती है।

(vi) PLC की लागत 4 से 5 Relay के बराबर होती है। परन्तु एक PLC 100 Relay को Replace कर सकती है।

(vii) PLC से बहुत सारे Control OUTPUT प्राप्त किये जा सकते हैं।

(viii) PLC का Size Play की तुलना में बहुत छोटा है।

रिले की सीमायें (Limitation of Relays)

(i) Relays PLC से भारी होती है।

(ii) Electromagnatic relay की Coil में धारा प्रवाह होने की वजह से Power loss होती है।

(iii) Relay का Swithing timing कुछ अधिक होता है।

(iv) Relay का जीवनकाल कम होता है।

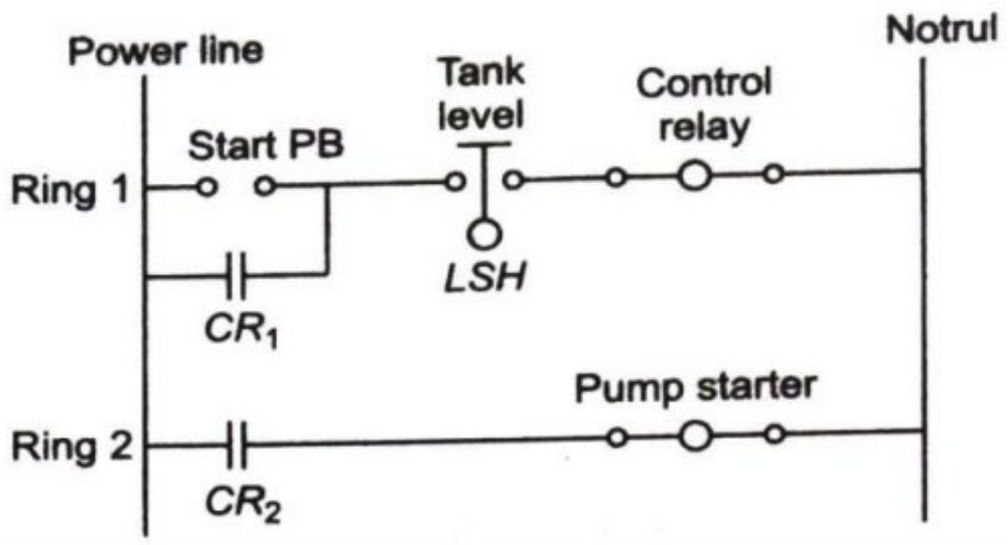
(v) Relay अपेक्षाकृत महँगी होती है।

(vi) Relay के द्वारा बनाया हुआ System अधिक खर्चीला होता है।

Different Programming Language

(i) LADAR DIAGRAM Language—लैडर डायग्राम सबसे अधिक Programming भाषा होती है। इसमें विभिन्न Struction के Set सम्मिलित होते हैं जो बैसिक Function जैसे Replay type logic, timing, counting तथा Basic मैप

Operation का काम करती है। LADAR एक सिम्मोलिक Straction Set है। जिसका उपयेग **प्रोग्रामेवल** कंट्रोल को निर्मित करने के लिए किया जाता है।



1.34 लैडर डायग्राम

(ii) इंस्ट्रक्शन List लैंग्वेज—इंस्ट्रक्शन List लैंग्वेज असेंबली लैंग्वेज के समान होती है। असेंबली लैंग्वेज के Logic को दर्शाने के प्रयोग की जाती है।

Programming Language का उपयोग करने के लिए Mnemonic कोड जैसे LD (लोड), AND, OR आदि का उपयोग किया जाता है।

इस लैंग्वेज में प्रमुख इंस्ट्रक्शन नीचे दिए गये हैं—

Instruction	M निमोनिक
(1) Input/Output	LD/OUT
(2) अर्थमैट्रिक	ADD, SUB, MUL, DIV
(3) Timer	TIM
(4) काउन्टर	CTU, CTD
(5) कम्पेपर	CMP
(6) लॉजिकल	AD, OR

(ii) Higher Level Language—डायर लेवल लैंग्वेज एक Computer type लैंग्वेज होती है जिसका उपयोग अंग्रेजी के Statement तथा Struction को नियुक्त करने में उपयोग किया जाता है।

LET, Input, READ तथा DATA आदि।

Instruction LADAR Content (छोटे-छोटे) Symbols होते हैं।

LED Instruction का उपयोग (X-Y-Z) वैरिएबल को वैल्यू देने के लिए किया जाता है। इसमें CTL, READ, इंस्ट्रक्शन इनपुट के समान होते हैं जो IF एवं THEN instruction के साथ उपयोग किये जाते हैं।

Time Operation को TIMER ON, TIMER OFF, TIMERS Instruction द्वारा Control किया जाता है।

RUN तथा AND ऐग्जीफ्यूजन को प्रोग्राम के परोप ऐग्जीफ्यूसन प्राप्त करने के लिए किया जाता है।

PLC Manufacturer

(1) Siemens
(2) Rockwell Automation
(3) ABB
(4) Mitubishi Electric
(5) Schariders Electric
(6) Honey well process
(7) Omron
(8) Hitachi Industrial Equipment
(9) Bosch Rexroth
(10) Koyo Electronics
(11) Delts
(12) Panasonic
(13) Yokogawa

सारांश

संख्यात्मक नियंत्रण

यह योजना योग्य स्वचालन होता है जिसमें मशीन का नियंत्रण नम्बर या चिन्हों द्वारा किया जाता है जो पंचटैप पर कोडित होते हैं।

संख्यात्मक नियंत्रण के मुख्य अवयव—

(a) मशीन कंट्रोल यूनिट
(b) पार्ट प्रोग्राम
(c) मशीन टूल

मशीन कंट्रोल यूनिट—यह आवश्यक हार्डवेयर एवं सॉफ्टवेयर का सम्मिलित रूप होता है जिसमें निम्न अवयय सम्मिलित होते हैं—

(a) टेप रीडर
(b) डाटा बफर
(c) सिग्नल आउटपुट चैनल

मशीन कंट्रोल यूनिट के प्रकार

(a) व्यवस्थापक मशीन कंट्रोल यूनिट
(b) घुमाऊं मशीन कंट्रोल यूनिट
(c) अकेला स्टैन्ड मशीन कंट्रोल यूनिट

(a) पार्ट प्रोग्राम—यह निर्देशों का सेट होता है जो विभिन्न प्रचालक आंकड़ों को क्रमबद्ध व्यवस्थित करता है।

(b) मशीन टूल—यह उत्पादन का मुख्य अंग होता है।

संख्यात्मक नियंत्रण का वर्गीकरण

संख्यात्मक नियंत्रण का वर्गीकरण निम्नलिखित है—

- खुला लूप संख्यात्मक नियंत्रण
- बंद लूप संख्यात्मक नियंत्रण
- बिन्दु से-बिन्दु गति नियंत्रण संख्यात्मक नियंत्रण
- कान्टूर गति नियंत्रण संख्यात्मक नियंत्रण

- बढ़ते संख्यात्मक नियंत्रण
- अपरिवर्तनशील संख्यात्मक नियंत्रण
- विद्युत संचालित संख्यात्मक नियंत्रण
- द्रवीय संचालित संख्यात्मक नियंत्रण
- वायुवीय संचालित संख्यात्मक नियंत्रण

कम्प्यूटर संख्यात्मक नियंत्रण मशीन

यह एक NC मशीन ही होती है, जिसमें मशीन कंट्रोल यूनिट के रूप में एक Dedicated computer लगा होता है तथा टेप रीडर के स्थान पर सॉफ्टवेयर का इस्तेमाल किया जाता है।

CNC मशीन के मुख्य अवयय–

(i) प्रदत्त उपकरण
(ii) डिस्प्ले यूनिट
(iii) मशीन टूल
(iv) चालन प्रणाली
(v) मशीन कंट्रोल यूनिट
(vi) फीडबैक उपकरण

डायरैक्ट संख्यात्मक नियंत्रण मशीन

उत्पादन की ऐसी प्रणाली जिसमें बहुत-सी NC मशीन एक कम्प्यूटर द्वारा नियंत्रित की जाती हैं जिसे हम केन्द्रीय कम्प्यूटर कहते हैं, DNC Machine कहलाती है।

DNC मशीन के मुख्य अवयय–

- मेन फ्रेम कम्प्यूटर
- मेमोरी
- कम्यूनिकेशन नेटवर्क
- NC/CNC मशीन टूल

DNC मशीन के प्रकार–

- BTR System
- Special Machine Control Unit

कम्प्यूटर संख्यात्मक नियंत्रण निकाय के मुख्य अवयय

मुख्य अवयय निम्नलिखित है–

(i) इनपुट उपकरण
(ii) मशीन कंट्रोल यूनिट
(iii) मशीन टूल
(iv) चालन प्रणाली
(v) फीडबैक उपकरण
(vi) डिस्प्ले यूनिट

इनपुट उपकरण

प्रमुख उपकरण निम्नलिखित है–

- फ्लापी डिस्क
- यू० एस० बी०

- शृंखला सम्प्रेषण
- सीडी/डीवीडी

मशीन कंट्रोल यूनिट

यह दो उपवर्गों में बाँटा गया है—

- DPU (Data processing unit)
- CLU (Control loop unit)

मशीन टूल

यह वह अंग होता है जो मशीनन कार्य करता है।

उदाहरण—लेथ मशीन टूल, ड्रिलिंग मशीन टूल, आदि।

चालन प्रणाली

प्रमुख चालन प्रणाली निम्नलिखित है—

- डीसी सर्वो मोटर
- एसी सर्वो मोटर
- स्टेपर मोटर
- रेखीय मोटर

फीडबैक उपकरण

यथार्थता को बनाए रखने के लिए फीडबैक उपकरण का प्रयोग किया जाता है।

- स्थिति फीडबैक उपकरण
- वेग/गति फीडबैक उपकरण

डिस्प्ले यूनिट

यह एक interactive उपकरण की तरह कार्य करता है।

कम्प्यूटर संख्यात्मक नियंत्रण मशीन द्वारा अंगों के मशीनन का चयन

विभिन्न मशीनन टूल निम्नलिखित है—

- टर्निंग टूल एवं सम्बन्धित संक्रियाएँ
- ड्रिलिंग टूल एवं सम्बन्धित संक्रियाएँ
- मिलिंग टूल एवं सम्बन्धित संक्रियाएँ
- अन्य संबंधित टूल एवं क्रियाएँ

अक्ष पहचान

अक्ष पहचान निम्न घटकों पर निर्भर करता है—

- मशीन टूल
- कार्य खण्ड
- मशीन
- मशीनन दशाएँ

- कार्यखण्ड ग्राही युक्ति
- मशीन टूल ग्राही युक्ति

रोबोट ग्रीक शब्द से लिया गया है जिसका अर्थ है बल श्रमिक। इसके जनक करेल कपक हैं। स्वचालन में एडवान्समेन्ट का उदाहरण है रोबोट।

यह तीन विधाओं के समावेश से बनता है—

(i) यान्त्रिक अभियन्त्रण (ii) इलेक्ट्रॉनिक अभियन्त्रण

(iii) कम्प्यूटर अभियन्त्रण

रोबोट के अवयय—

(i) लिंकेज या मैनीपुलेटर (ii) एक्चुएटर

(iii) सेन्सर (iv) रोबोट कन्ट्रोल

(v) यूजर इन्टरफेस

रोबोट के अनुप्रयोग—

(i) वैल्डिंग (ii) ग्राइंडिंग

(iii) ड्रिलिंग (iv) मशीनिंग, आदि।

PCL का अर्थ है Programmable Logic Controller /PLC कम्प्यूटर की तरह होता है। PLC में आपके द्वारा घर में रखे गये Personal Computer की तरह कई फीचर्स होते हैं।

अभ्यास

लघु उत्तरीय प्रश्नावली (Short Answer Questions)

1. संख्यात्मक नियंत्रण क्या है?
2. टेप रीडर को परिभाषित कीजिए।
3. पार्ट प्रोग्राम क्या होता है?
4. मशीन कंट्रोल यूनिट के सभी अवययों को लिखिए।
5. फ्लापी डिस्क क्या है?
6. CD एवं DVD का पूरा नाम लिखे।
7. विभिन्न प्रकार के मशीन टूल लिखिए।
8. CNC के प्रमुख सिद्धान्त लिखिए।
9. DNC को परिभाषित कीजिए।
10. BTR से आप क्या समझते हैं?

दीर्घ उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Questions)

1. संख्यात्मक नियंत्रण को विस्तार से परिभाषित कीजिए।
2. संख्यात्मक नियंत्रण के मुख्य अवययों का वर्णन कीजिए।
3. मशीन कंट्रोल यूनिट के विभिन्न प्रकार लिखिए।
4. संख्यात्मक नियंत्रण के लाभ एवं हानियाँ लिखिए।

5. बंद लूप संख्यात्मक नियंत्रण निकाय होता है–
   (a) फीडबैक निकाय (b) द्वि-दिशीय निकाय
   (c) (a) & (b) (d) इनमें से कोई नहीं
6. फ्लापी डिस्क होता है–
   (a) विद्युत उपकरण (b) चुम्बकीय उपकरण
   (c) इलेक्ट्रो-मैग्नेटिक उपकरण (d) इनमें से कोई नहीं
7. शृंखला सम्प्रेषण का उदाहरण होता है–
   (a) Rs-232 (b) Rs - 200
   (c) Rs-180 (d) Rs-100
8. CD की क्षमता होती है–
   (a) 70 MB (b) 7 GB
   (c) 700 MB (d) 70 GB
9. DVD Write Mechanism होता है–
   (a) 1200 kb/sec (b) 12 kb/sec
   (c) 10.5 Mbit/s (d) इनमें से कोई नहीं
10. DVD का भार होता है–
   (a) 1.6 gm (b) 16 gm
   (c) 160 gm (d) 16.5 gm
11. सिंगल साइड, डबल लेटर डीवीडी की क्षमता होती है–
   (a) 4.7 GB (b) 8.5 GB
   (c) 9.4 GB (d) 17.08 GB
12. DVD का ग्रेन में भार होता है–
   (a) 240 (b) 200
   (c) 246 (d) 210
13. टैकोमीटर का प्रयोग किया जाता है–
   (a) वेग के मापन के लिए (b) गति के मापन के लिए
   (c) (a) & (b) दोनों (d) इनमें से कोई नहीं
14. स्थिति के मापन के लिए प्रयोग किया जाता है–
   (a) रेखीय ट्रान्सड्यूसर (b) रोटरी इनकोडर
   (c) (a) & (b) दोनों (d) इनमें से कोई नहीं
15. DPU का मुख्य कार्य है–
   (a) पार्ट प्रोग्राम को तैयार करना (b) पार्ट प्रोग्राम को इनकोड करना
   (c) पार्ट प्रोग्राम को नियंत्रित करना (d) सभी

वस्तुनिष्ठ प्रश्नों के उत्तर

1. (c), **2.** (b), **3.** (d), **4.** (a), **5.** (c), **6.** (b), **7.** (a), **8.** (c), **9.** (c), **10.** (b)
11. (b), **12.** (c), **13.** (c), **14.** (c), **15.** (b)

❑

2 संरचना एवं टूल (Construction & Tooling)

2.1 मशीन टूल

किसी भी मशीन को हम मशीन टूल कह सकते हैं जिसके द्वारा उसी मशीन के अंग निर्मित कर सकें, जिससे एक नयी मशीन का निर्माण किया जा सके। लेथ मशीन को भी हम लेथ मशीन टूल कहते हैं। क्योंकि इसके द्वारा लेथ मशीन में प्रयोग होने वाले विभिन्न अंगों को लेथ मशीन पर ही बनाते हैं। एक उत्पादन मशीन टूल इसी प्रकार की एक मशीन हो सकती है जो विद्युत द्वारा संचालित हो और यह औजार को इस प्रकार निर्देशित करता है जिससे कि मशीन द्वारा उत्पादन की मात्रा अधिक-से-अधिक हो सके। इन मशीनों पर कार्यखण्ड को पकड़ने तथा टूल को विभिन्न प्रकार के टूल पोस्ट पर पकड़ने की ऐसी सुविधा होती है जिससे कि कार्यखण्ड के कर्तन की प्रक्रिया सुगमतापूर्वक एवं कम समय में हो सके। ये मशीनें सामान्यत: एक से अधिक कर्तन औजार एक साथ प्रयोग करते हैं और एक समय में एक ही तरह के कार्यखण्ड को बनाने के लिए प्रयोग किए जाते हैं। ऐसी मशीनों में कैपस्टन और टरेट लेथ, सेमी-ऑटोमैटिक लेथ, मिलिंग मशीन, बहुस्पिण्डल ड्रिलिंग मशीन आदि सम्मिलित हैं।

एक उत्पादन मशीन टूल के लिए सबसे बड़ी आवश्यकता यह होती है कि इसके द्वारा निर्मित उत्पाद की यथार्थता उच्च स्तर की होनी चाहिये और इससे सतत् उत्पादन एक निश्चित समय के लिए सम्भावित होना चाहिये। इसके लिए यह बहुत आवश्यक है कि ऐसी मशीन में स्थैतिक एवं गतिक दृढ़ता हो। दृढ़ता का तात्पर्य यह है कि ऐसी मशीनों में कर्तन प्रक्रिया के द्वारा उत्पन्न बल को सहन करने की क्षमता तथा इस बल के द्वारा मशीनी अंगों में बदलाव सहन करने की क्षमता होनी चाहिये।

मशीन टूल का वर्गीकरण

मशीन टूल को निम्न में वर्गीकृत किया जा सकता है—

1. सामान्य उद्देश्यों की पूर्ति करने वाले मशीन टूल—इन मशीनों का उपयोग सामान्य कर्तन प्रक्रियाओं को करने के लिए किया जाता है। ये मशीन हैं—लेथ मशीन, शेपर, भेदन, मिलिंग, ग्राइंडिंग एवं प्लेनर मशीन।

2. उत्पादन मशीन टूल—ये वे मशीनें हैं जिनका उपयोग उत्पादन दर बढ़ाने एवं उत्पादन लागत को कम करने के लिए किया जाता है। इन मशीनों में कैप्स्टन एवं टरेट लेथ, अर्द्धस्वचालित लेथ, उत्पादन मिलिंग मशीन, बहु-स्पिण्डल भेदन मशीन आदि हैं।

3. विशेष उद्देश्यीय मशीन टूल—इन मशीनों का उपयोग सामान्यत: एक जैसे उत्पाद को बहुत अधिक मात्रा में बनाने के लिए किया जाता है और ये मशीनें केवल एक प्रकार के कार्य को करने में सक्षम होती हैं।

4. नम्य उत्पादन मशीन टूल—ये उन्नत प्रकार की आधुनिकतम मशीनें हैं जिनका उपयोग किसी कार्यखण्ड की मशीनन के लिए इस प्रकार होता है कि इनमें मशीन को संचालित करने वाले की भी आवश्यकता में कमी होती है।

2.2. कटाई टूल (Cutting Tool)

इसे कटर भी कहा जाता है। यह एक उपकरण है जिसकी सहायता से कार्यखण्ड पर से अनावश्यक पदार्थ को दूर किया जाता है। कर्तन विरूपण की सहायता से कटाई टूल का पदार्थ अन्य पदार्थों की अपेक्षा कठोर होता है। कटाई टूल धातु कटाई प्रक्रम में जनित ऊष्मा को अवशोषित करने की क्षमता रखता है।

कटाई टूल का पदार्थ

कटाई टूल पदार्थ की विशेषताएँ निम्न हैं—

(i) कठोरता

(ii) चीमड़ता

(iii) टूट-फूट प्रतिरोधकता

कटाई टूल पदार्थ का वर्गीकरण

(i) स्थायी कटाई टूल पदार्थ

(ii) अस्थायी कटाई टूल पदार्थ

(i) स्थायी कटाई टूल पदार्थ—वह पदार्थ जो मशीनन प्रक्रम के दौरान स्थायित्व बनाये रखते हैं, स्थायी कटाई टूल पदार्थ कहलाते हैं। इन पदार्थों पर ऊष्मा का कोई प्रभाव नहीं होता।

उदाहरण के लिए—टंगस्टन कार्बाइड।

(ii) अस्थाई कटाई टूल पदार्थ—यह वे पदार्थ होते हैं जो सामान्यत: कटाई प्रक्रम के दौरान अपना स्थायित्व नहीं बनाए रख पाते हैं। यह सामान्यत: निम्न कठोरता बिन्दु से प्रारम्भ होता है तथा प्रक्रम के दौरान ऊष्मा उपजने के कारण कण मैट्रिक्स (matrix) से बाहर आ जाता है जिससे कटाई टूल अपेक्षाकृत अधिक कठोर हो जाता है।

उदाहरण के लिए—स्टील।

विभिन्न टूल पदार्थ निम्नलिखित हैं—

(i) कार्बन टूल स्टील

(ii) उच्च गति स्टील

(iii) उच्च गति स्टील—कोबाल्ट

(iv) ढलवाँ कोबाल्ट मिश्रधातु

(v) सीमेन्टेड कार्बाइड

(vi) सेरैमिक्स

(vii) सेरमिट्

(viii) सी०बी०एन० (क्यूबिक बोरॉन नाइट्राइड)

(ix) डायमण्ड

क्र० सं०	पदार्थ	गुण
1.	कार्बन टूल स्टील	अस्थायी ऊष्मा संवेदनशीलता अपेक्षाकृत महँगा MRO मशीन में प्रयुक्त
2.	उच्च गति स्टील (HSS)	अस्थायी अपेक्षाकृत महँगा तीव्र कटाई कोर मध्य तापमान पर कठोरता को बनाए रखता है।

3.	HSS कोबाल्ट	अस्थायी अपेक्षाकृत कम महँगा अपघर्षक मशीनन कार्य के लिए उपयुक्त मिलिंग कटर एवं ड्रिल बिट में प्रयोग किया जाता है।
4.	ढलवाँ कोबाल्ट मिश्र धातु	स्थायी महँगा मुलायम तीव्र कटाई छोर बनाना सम्भव होता है।
5.	सीमेन्टेड कार्बाइड	स्थायी अपेक्षाकृत महँगा सामान्यत: उद्योगों में प्रयोग किया जाता है। तीव्र कटाई छोर सम्भव नहीं होता है।
6.	सेरैमिक्स	स्थायी अपेक्षाकृत महँग़ा रासायनिक रूप से निष्क्रिय टर्निंग टूल बिट में प्रयोग किया जाता है।
7.	सेरमिट	स्थायी अपेक्षाकृत महँगा तीव्र कटाई छोर सम्भव नहीं होता है।
8.	क्यूबिक बोरॉन नाइट्राइड (सी० बी० एन०)	स्थायी महँगा दूसरा सबसे कठोर पदार्थ तीव्र कटाई छोर सम्भव नहीं होता है।
9.	डायमण्ड	स्थायी अपेक्षाकृत अधिक महँगा प्रकृति में सबसे कठोर अधिक मुलायम

कटाई टूल के मुख्य अवयव

कटाई टूल के मुख्य अवययों का व्यवस्थित आरेख चित्र 2.1 में बनाया गया है—

मुख्य अवयय निम्नलिखित हैं—

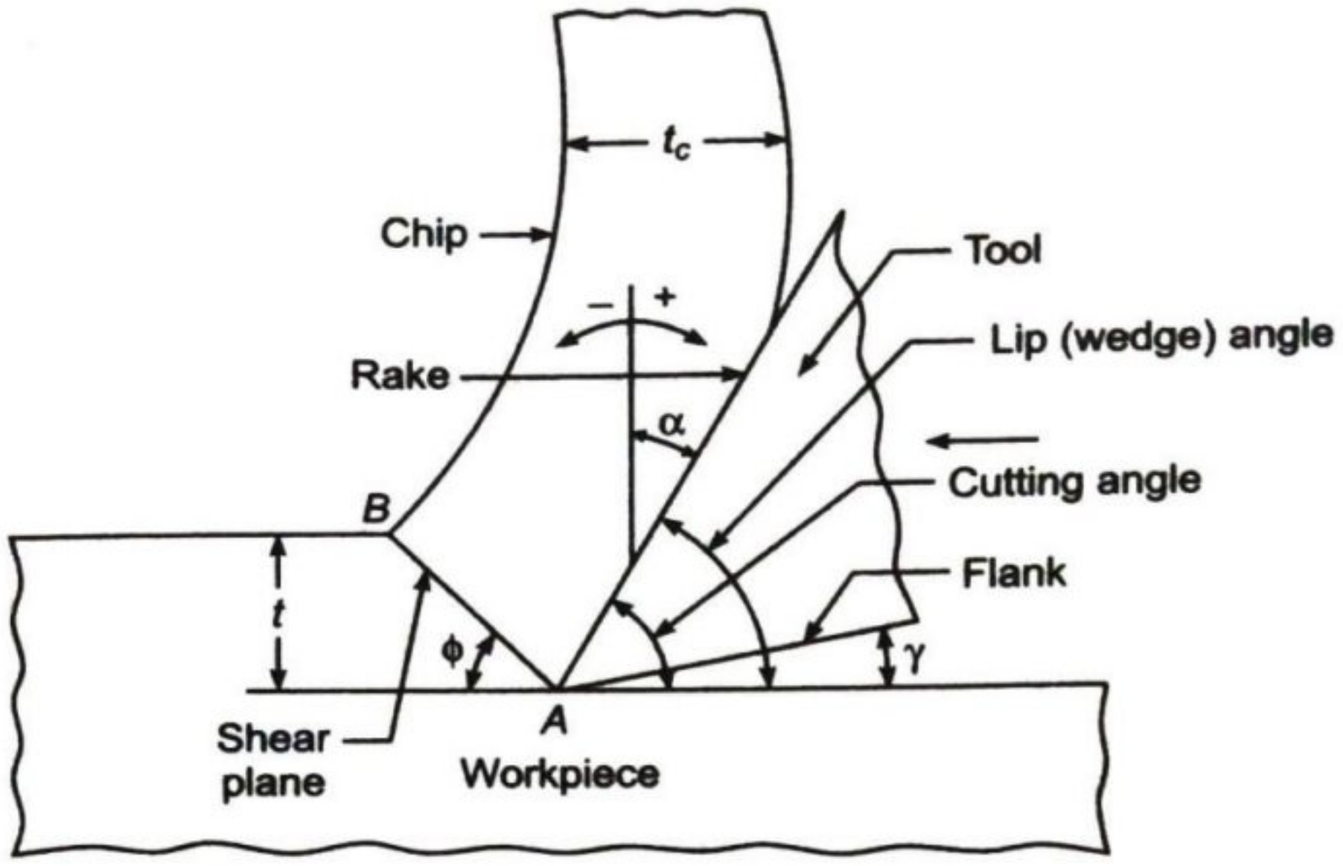
(i) शैंक—कटाई टूल की मुख्य बॉडी को शैंक कहते हैं।

(ii) फ्लैंक (पार्श्व)—यह कटाई छोर सतह के नीचे का भाग होता है या कटाई छोर सतह के नीचे सटे भाग को फ्लैंक कहते हैं।

(iii) पृष्ठ—वह सतह जिस पर धातु छीलन को सहारा जाता है तथा जिस सतह से धातु छिलके फिसलते हैं, कटाई टूल का पृष्ठ कहलाता है।

(iv) एड़ी—यह कटाई टूल के आधार एवं पार्श्व के बीच का भाग है जो वक्रित आकृति में होता है।

(v) नासिका—कटाई टूल का वह बिन्दु जो पार्श्व कर्तन कोण तथा अन्त: कर्तन कोण के मध्य होता है, नासिका कहलाता है। यह गोलाकार आकृति का बना होता है।



ϕ = Shear angle, t = uncut chip thickness,
t_c = chip thickness after the metal is cut

चित्र 2.1

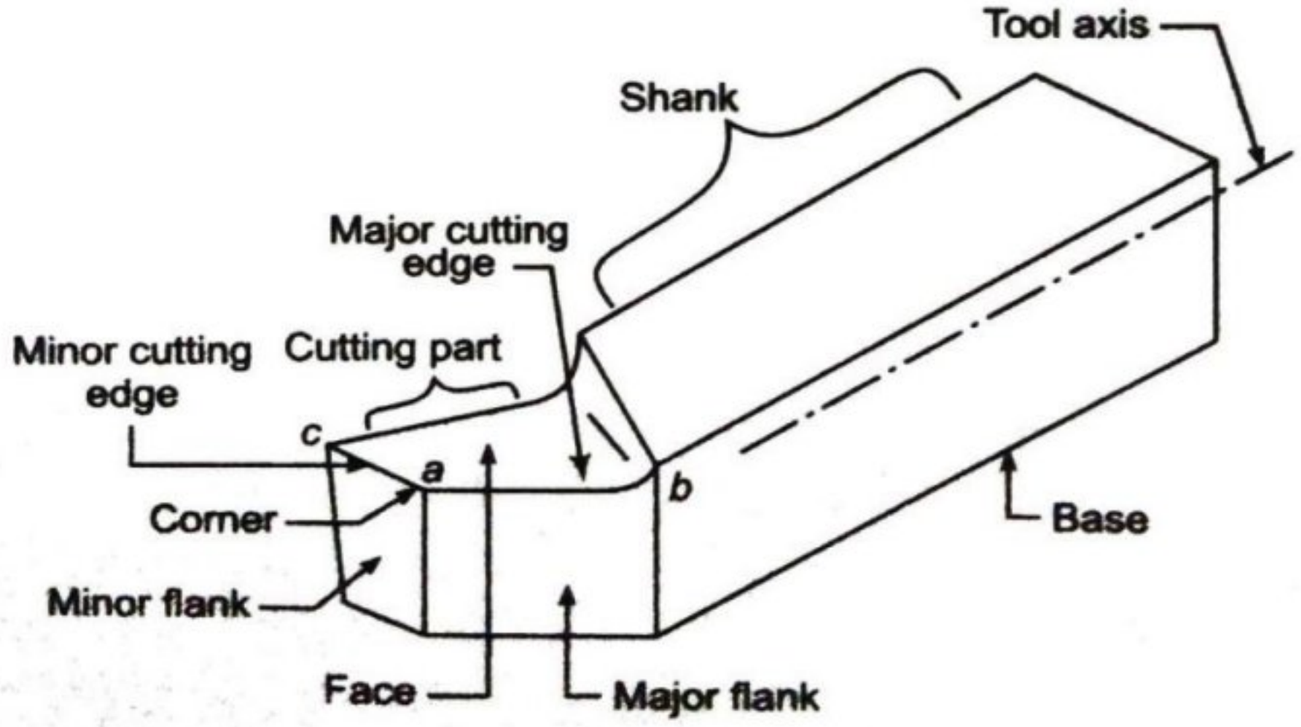
कटाई टूल का वर्गीकरण

कटाई टूल निम्न दो वर्गों में वर्गीकृत किया गया है—

(a) एकल-बिन्दु कटाई टूल

(b) बहु-बिन्दु कटाई टूल

(a) एकल-बिन्दु कटाई टूल—एकल बिन्दु कटाई टूल में केवल एक ही कटाई छोर होता है। उदाहरण के लिए—लेथ टूल, प्लेनर टूल, बोरिंग टूल आदि। एकल बिन्दु कटाई टूल में, एक बिन्दु (जो कटाई टूल का सबसे धारदार भाग होता है) तथा शैंक होता है। कटाई टूल का बिन्दु फलकों द्वारा चिन्हित किया जाता है। एकल बिन्दु कटाई टूल का व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 2.2

एकल बिन्दु कटाई टूल के मुख्य कोण

मुख्य कोण निम्नलिखित हैं—

(i) अवनमन कोण (Rake angle)

(ii) अवकाश कोण (Clearance angle)

(iii) कर्तन कोण (Cutting angle)

(iv) ओष्ठ कोण या धातु कटाई कोण।

(i) अवनमन कोण—औजार के कटाई फलक तथा कार्यखण्ड के आधार के समानान्तर एक तल के मध्य बनने वाले कोण को अवनमन कोण कहते हैं।

अवनमन कोण को सामान्यत: दो वर्गों में विभाजित किया गया है—

(a) पश्च अवनमन कोण—यदि अवनमन कोण का मापन टूल शैंक की दिशा में हो तब इसे पश्च अवनमन कोण कहा जाता है।

(b) पार्श्व अवनमन कोण—यदि अवनमन कोण का मापन टूल शैंक के लम्बवत् हो तो उसे पार्श्व अवनमन कोण कहा जाता है।

अवनमन कोण के प्रकार—अवनमन कोण तीन प्रकार के होते हैं—

(i) धनात्मक अवनमन कोण, (ii) ऋणात्मक अवनमन कोण, (iii) शून्य अवनमन कोण।

(i) धनात्मक अवनमन कोण—प्रमुख गुण निम्न हैं—

- यह कटाई बल तथा शक्ति की आवश्यकता को कम करता है।
- यह गठित कोण निर्माण को रोकता है।
- तन्य पदार्थ में सतत् चिप्स का निर्माण करने में सहायक होता है।
- धनात्मक अवनमन कोण के कारण टूल धारदार एवं प्वाइन्टेड हो जाता है जिससे टूल के सामर्थ्य में कमी आती है।

(ii) ऋणात्मक अवनमन कोण—प्रमुख गुण निम्नलिखित हैं—

- यह सतह परिष्करण में सहायता करता है।
- यह तापमान में वृद्धि करता है।
- यह कटाई बल में वृद्धि करता है।
- यह टूल की धार को कम करता है जिससे कटाई छोर का सामर्थ्य बढ़ता है।

(iii) शून्य अवनमन कोण—प्रमुख गुण निम्नलिखित हैं—

- आसानी से उत्पादन किया जा सकता है।
- क्रैटर टूट-फूट उत्पन्न करता है।

अवनमन कोण की महत्ता

(i) यह चिप्स कोण निर्माण को कम करता है।

(ii) अवनमन कोण बढ़ने से टूल पर बल कम लगता है।

(iii) टूल का सामर्थ्य अवनमन कोण पर निर्भर करता है।

(a) अवकाश कोण

औजार की क्षैतिज अवस्था में उसके सामने के अथवा दोनों ओर के उन पृष्ठों के बीच के कोण को अवकाश कोण कहते है।

अवकाश कोण की महत्ता

(a) यह कार्यखण्ड एवं टूल के बीच प्रभावी अवकाश प्रदान करता है।

(b) यह कार्यखण्ड एवं टूल के बीच अनावश्यक घर्षण को कम करता है।

(c) उच्च सामर्थ्य के लिए अवकाश कोण न्यूनतम होना चाहिये।

(iii) कटाई कोण—टूल के फलक तथा बिन्दु से होकर जाने वाली उस रेखा के बीच बनने वाला कोण है जो कार्य के मशीनन पृष्ठ पर उस बिन्दु पर स्पर्श रेखा होती है, कटाई कोण कहलाता है।

(iv) ओष्ठ कोण—ओष्ठ कोण, औजार के फलक तथा पार्श्व के मध्य के कोण को कहते हैं। यह सामान्यत: 60°–80° होता है।

(b) बहु-बिन्दु कटाई टूल

कटाई टूल जिसमें एक से अधिक कटाई छोर होते हैं, बहु-बिन्दु कटाई टूल कहलाता है।

उदाहरण के लिए—अपघर्षक पहिया, ब्रोच, ड्रिल, मिलिंग कटर आदि।

गति के आधार पर बहु-बिन्दु कटाई टूल निम्न तीन वर्गों में बाँटा गया है—

रेखीय गति कटाई टूल—कटाई टूल जो केवल रेखीय गति उत्पन्न करता है, रेखीय गति बहु-बिन्दु कटाई टूल कहलाता है।

उदाहरण—लेथ, ब्रोचिंग, बोरिंग, प्लेनिंग, शेपर टूल।

घुमाऊ गति कटाई टूल—वह कटाई टूल जो केवल घुमाऊ गति उत्पन्न करता है, घुमाऊ गति बहु-बिन्दु कटाई टूल कहलाता है।

उदाहरण—मिलिंग कटर, अपघर्षक पहिया आदि।

रेखीय या घुमाऊ गति कटाई टूल—वह कटाई टूल जो रेखीय गति के साथ-साथ घुमाऊ गति भी उत्पन्न करें, रेखीय या घुमाऊ गति कटाई टूल कहलाता है।

उदाहरण—ड्रिलिंग टॅल, होनिंग टूल, बोरिंग हेड आदि।

2.3. कटाई टूल का सेटिंग अप के आधार पर वर्गीकरण

साधारणतया ये तीन प्रकार के होते हैं—

(a) पूर्वसंयोजित टूल (Preset tools)

(b) योग्य टूल (Qualified tools)

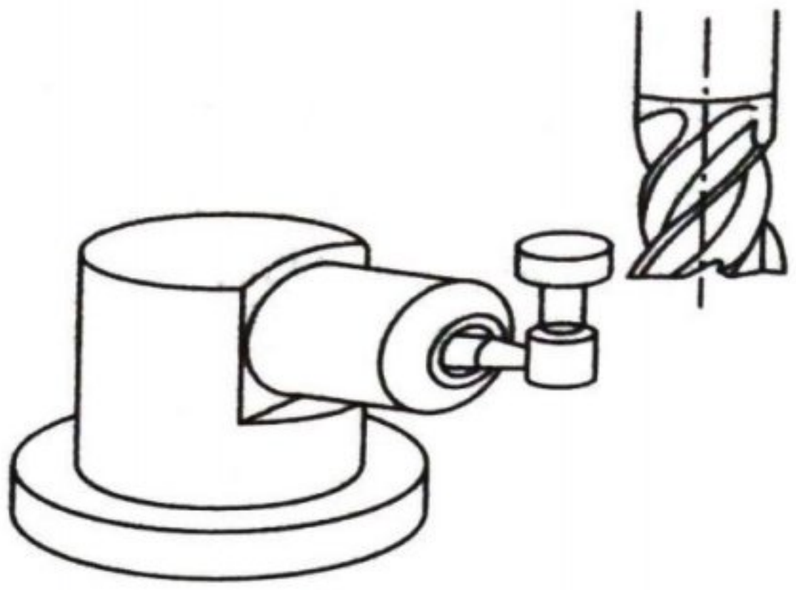
(c) अर्द्ध-योग्य टूल (Semi-qualified tools)

(a) पूर्वसंयोजित टूल (Preset tools)

किसी मशीन टूल में विशेष टूल होल्डर की सहायता से एडवान्स में किसी अन्य स्थान पर टूल को सेट करके रखना, पूर्व संयोजित टूल कहलाता है।

The setting of tools in advance at a place away from the machine tool or offline in special holders is known as preset tools.

एक प्रीसेटिंग डिवाइस धारक पर टूल टिप की अक्षीय और रेडियल स्थिति को प्रीसेट करने के लिए उपयोग किया जाता है। एक बार ऐसा करने के बाद टूल धारक मशीन पर mounting के लिए तैयार हो जाता है तथा ज्ञात आयाम उत्पन्न करने के लिए तैयार हो जाता है।



चित्र 2.3

(b) योग्य टूल (Qualified Tool)

उपकरण जो मशीन पर किसी स्थान पर फिट बैठता है जहाँ टूल धारक या स्लाइड पर निर्दिष्ट डेटम के सापेक्ष निकट सीमा में सटीक रूप से स्थित होता है, उसे योग्य उपकरण के रूप में जाना जाता है।

कटाई टूल उपकरण निम्नलिखित आवश्यकताओं को संतुष्ट करता है—

(i) प्रत्येक टूल को अलग-अलग मापने की आवश्यकता नहीं होती है।

(ii) किसी पूर्वसंयोजित (presetting device) उपकरण की आवश्यकता नहीं होती है।

(iii) टूल होल्डर की विमाएँ नियत तथा ज्ञात होती हैं।

(iv) सेटअप समय में कमी आती है।

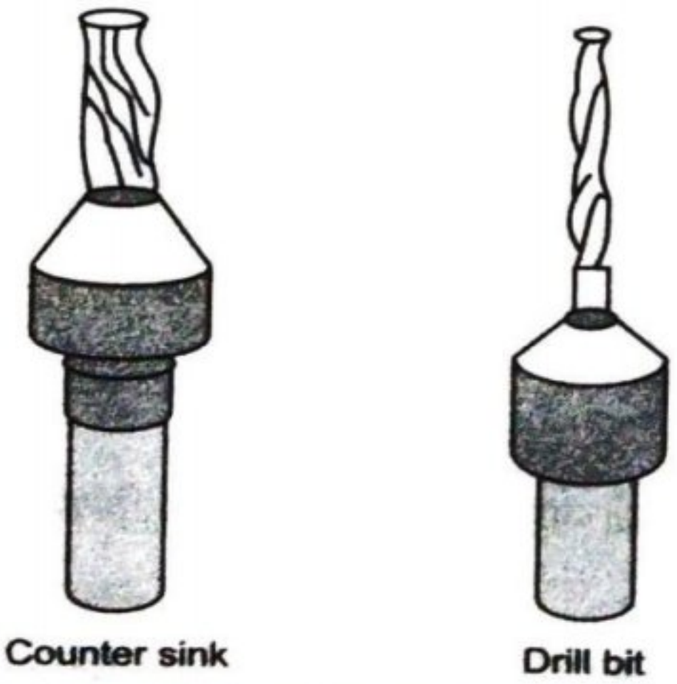
(v) टूल की नियन्त्रित विमाएँ कम एवं नियत होती हैं।

(vi) प्रक्रम पर उच्च नियन्त्रण होता है। उदाहरण के लिए—ड्रिल, रीमर।

(vii) मिलिंग, ट्रीमर पर उच्च नियन्त्रण होता है।

(viii) चिप्स तोड़ने की सुविधा टूल में लगी होती है।

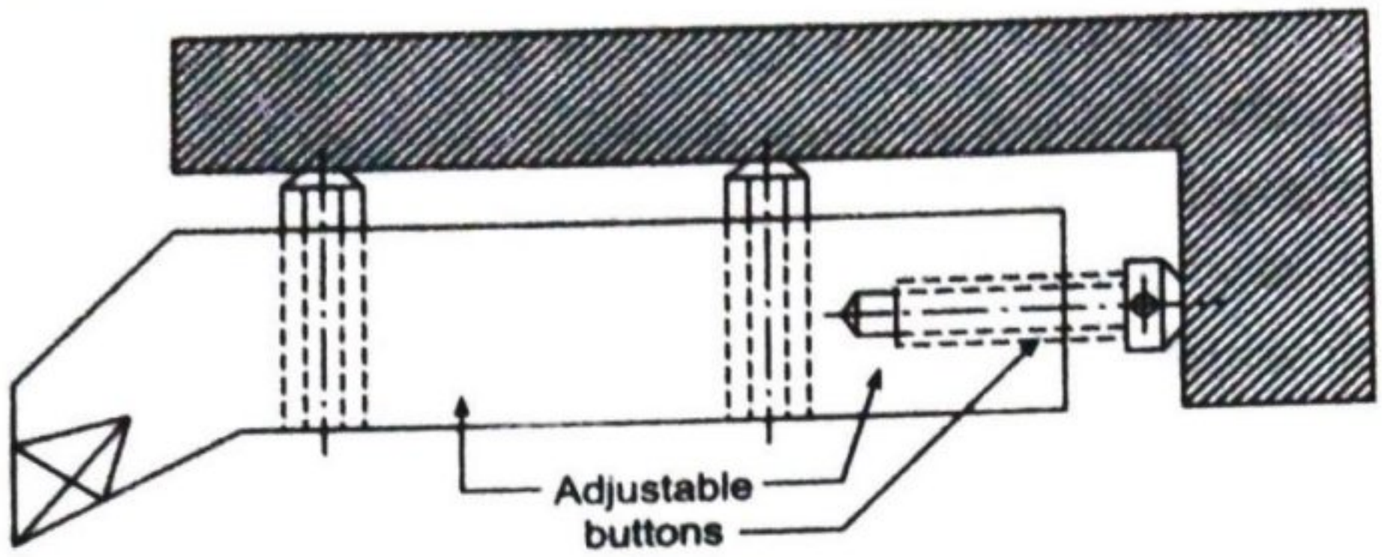
(ix) उच्च गुणवत्ता डिजाइन।



चित्र 2.4 : Qualified Tooling for CNC Machines

(c) अर्द्धयोग्य टूल (Semi-qualified Tool)

योग्य उपकरण जो टूल शंकु पर कई समायोज्य बटनों का उपयोग करके आयामों में समायोजित किए जा सकते हैं, उन्हें अर्द्ध-योग्य उपकरण के रूप में जाना जाता है।



चित्र 2.5

ये उपकरण सटीक आयाम के लिए नियमित रखरखाव और अंशांकन की माँग करते हैं।

2.4. कार्यवाही युक्तियाँ (Work Holding Devices)

मशीनिंग के दौरान कार्यखण्ड को पकड़ने के लिए CNC कार्यग्राही युक्तियों को प्रयोग किया जाता है। कार्यग्राही युक्तियों की विशेषताएँ निम्न हैं—

(i) कार्यग्राही युक्तियों की यथार्थता उच्च होनी चाहिये।

(ii) कार्यग्राही युक्तियों का संदर्भ सतह, संदर्भ मशीन के समान होना चाहिये।

(iii) कार्यग्राही युक्तियाँ एक सेटिंग में कई प्रकार की संक्रियाएँ करने में सक्षम हों।

(iv) कार्यग्राही युक्तियों में लोडिंग तथा अनलोडिंग तीव्रता से संभव होना चाहिये।

(v) कार्यग्राही युक्तियाँ यह सुनिश्चित करे कि लोडिंग उपयुक्त हों।

(vi) कार्यग्राही युक्तियों में इतनी दृढ़ता होनी चाहिये कि वह कटाई बल को सहन कर सके।

(vii) कार्यग्राही युक्तियों में इतनी सुरक्षा होनी चाहिये कि लोडिंग एवं अनलोडिंग के दौरान असुविधा न हो।

(viii) कार्यग्राही युक्तियों की संरचना सरल होनी चाहिये।

(ix) कार्यग्राही युक्तियाँ मितव्ययी होनी चाहिये।

ऑटोमैटिक पैलेट चेंज ओवर निकाय (Automatic pallet changeover system)—इसे सामान्यत: आजकल CNC मशीनों में प्रयोग किया जाता है। इस पैलेट को घूमते मशीन टेबल पर बाँध दिया जाता है।

2.5 ऑटोमैटिक टूल परिवर्तक (Automatic Tool Changer)

CNC मशीन का डिजाइन इस प्रकार किया जाता है कि वह एक ही सेटिंग में कई संक्रियाएँ (operations) सम्पन्न करें। जटिल अंगों के मशीनन के लिए अधिक-से-अधिक टूल की आवश्यकता पड़ती है। CNC मशीन में टूल परिवर्तन दिए गए निर्देशों के अनुसार होता है। ये सभी टूल एक टूल मैगजीन या ड्रम में व्यवस्थित होते हैं। जब टूल को बदलने की आवश्यकता होती है तब ड्रम खाली स्थान पर घूमता है और पुराने टूल को खाली स्थान पर निकाल देता है तथा पुन: घूमकर नए टूल को व्यवस्थित करता है। इस व्यवस्था को ऑटोमैटिक टूल परिवर्तक कहते हैं।

ऑटोमैटिक टूल परिवर्तक सामान्यत: दो प्रकार का होता है—

(i) ड्रम टाइप ऑटोमैटिक टूल परिवर्तक

(ii) चेन टाइप ऑटोमैटिक टूल परिवर्तक

ऑटोमैटिक टूल चेन्जर के लाभ

1. टूल लाइन एक सेकण्ड में परिवर्तित हो जाती है। मैनुअल टूल चेन्जर में कई घण्टे लग जाते हैं।

2. ऑटोमैटिक टूल परिवर्तन के कारण ऑपरेटर सुरक्षित रहता है।
3. रखरखाव सरल हो जाता है।
4. प्रक्रम नम्यता में वृद्धि होती है।
5. बड़े तथा भारी टूल स्वत: परिवर्तित हो जाते हैं।
6. प्रक्रम मित्तव्ययी हो जाता है।
7. उच्च परिष्कृत मशीनन प्राप्त होता है।
8. मशीनन की यथार्थता में वृद्धि होती है।

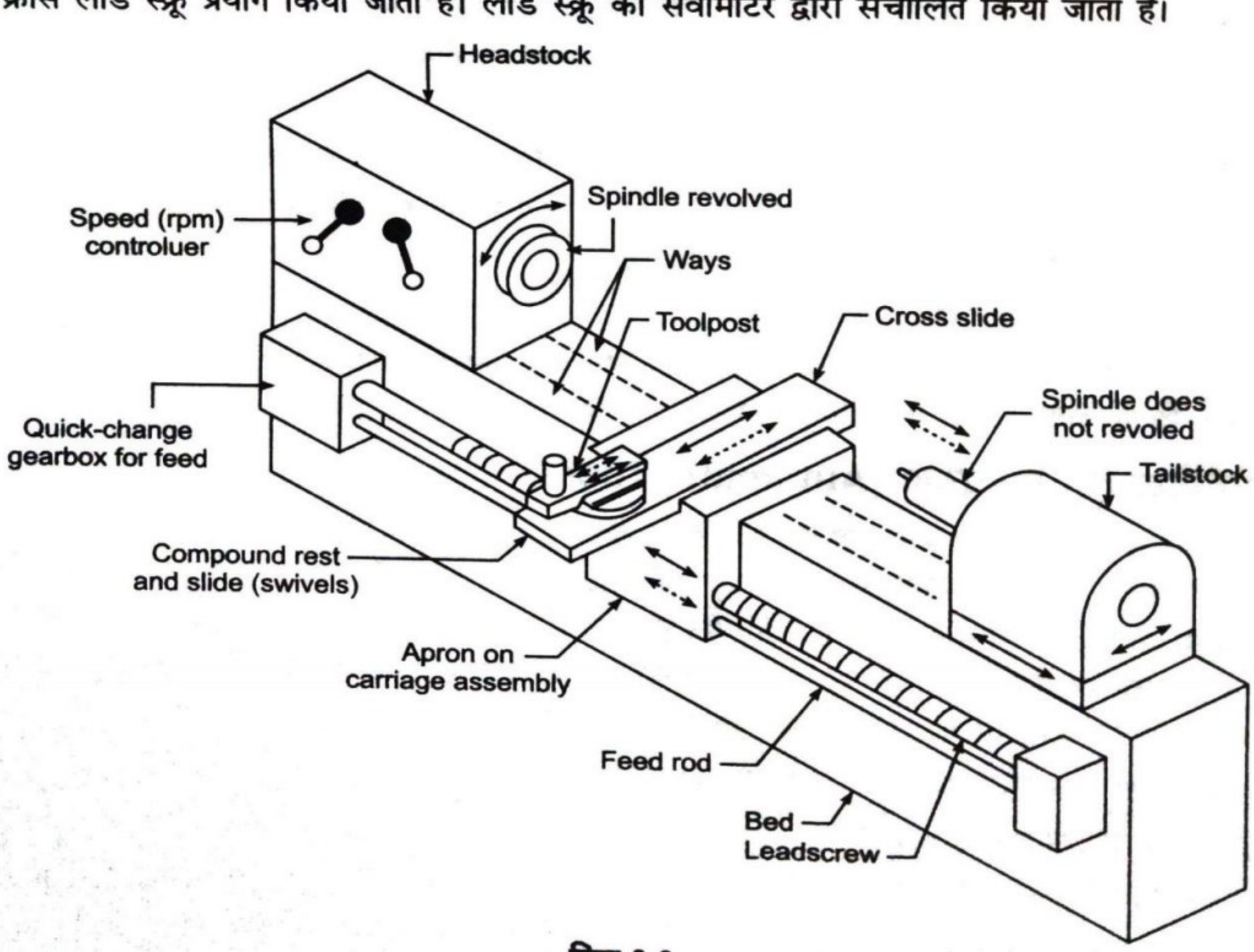
2.6. सी०एन०सी० मशीन बेड (CNC Machine Bed)

यह एक कठोर संरचना होती है जो फर्श पर बद्ध होती है। मशीन बेड पूरी लम्बाई में फर्श पर बद्ध किया जाता है। इसके लिए फर्श पर फाउण्डेशन का निर्माण किया जाता है। सी०एन०सी० मशीन बेड में सामान्यत: 5 गाइड मार्ग लगे होते हैं जो भारी भार को सहन करते हैं। 5 गाइड मार्ग में—

(i) 3 गाइड मार्ग टरेट के आवागमन के लिए बने होते हैं।

(ii) 2 गाइड मार्ग टेलस्टॉक के आवागमन के लिए बने होते हैं।

गाइड मार्गों पर इनकी गति बिना किसी अवरोधक के होती है। टरेट की गति के लिए बॉल स्क्रू जोड़े प्रयोग किए जाते हैं। सैडल पर क्रॉस लीड स्क्रू प्रयोग किया जाता है। लीड स्क्रू को सर्वोमोटर द्वारा संचालित किया जाता है।



चित्र 2.6

2.7. स्लाइड मार्ग (Slideways)

स्लाइड मार्ग को सामान्यत: हाइड्रोस्टैटिक स्लाइड मार्ग कहा जाता है। स्लाइड मार्ग सामान्यत: वह मार्ग होता है जो मशीन बेड, टूलपोस्ट एवं टेल स्टॉक के गति के लिए प्रयोग किया जाता है। स्लाइड मार्ग पर प्रत्यक्ष रूप से धातु-धातु सम्पर्क होता है। सी०एन०सी० मशीन गति बहुत तीव्र होती है तथा उच्च यथार्थता वाली होती है। स्लाइड मार्ग का डिजाइन इस प्रकार किया जाता है कि धातु से धातु सम्पर्क के कारण टूट-फूट में हानि कम-से-कम हो।

घर्षण को कम करने के लिए दोनों स्लाइडों की सतहों के बीच तेल की एक परत लगाई जाती है।

स्लाइड मार्ग में रोलिंग घर्षण कम होता है। स्लाइड घर्षण की अपेक्षा इसलिए सदैव बॉल बियरिंग प्रयोग किया जाता है। सामान्यत: रेखीय बॉल बियरिंग प्रयोग किया जाता है। यह रेखीय बॉल बियरिंग घुमाऊ गति को मशीन बेड की रेखीय गति में परिवर्तित करता है।

2.8. पुन:प्रवाह बॉल स्क्रू (Recirculating Ball Screw)

परम्परागत लीड स्क्रू में घर्षण के कारण उच्च शक्ति पारेषण हानि होती है। घर्षण में हानि तथा शक्ति पारेषण में हानि को कम करने के लिए पुन:प्रवाह बॉल स्क्रू प्रयोग किया जाता है। बॉल नट तथा बोल्ट के बीच में घूमता है तथा बार-बार घूमता रहता है।

पुन:प्रवाह बॉल स्क्रू के लाभ

- निम्न घर्षण
- रोलिंग घर्षण के कारण निम्न टूट-फूट।
- परम्परागत लीड स्क्रू के कारण निम्न शक्ति हानि।
- परम्परागत लीड स्क्रू की अपेक्षा उच्च क्षमता।

2.9. अक्ष ड्राइव एवं अक्ष मोटर (CNC Axis Drive and Drive Motors)

CNC मशीन के अक्ष को निम्न प्रकार से संचालित किया जाता है—

(a) बेल्ट एवं पुली ड्राइव (Belt and pulley drive)

(b) चेन एवं स्प्रॉकेट ड्राइव (Chain and sprocket drive)

(c) रैक एवं पिनियन ड्राइव (Rack and pinion drive)

(d) लीड स्क्रू ड्राइव (Lead screw drive)

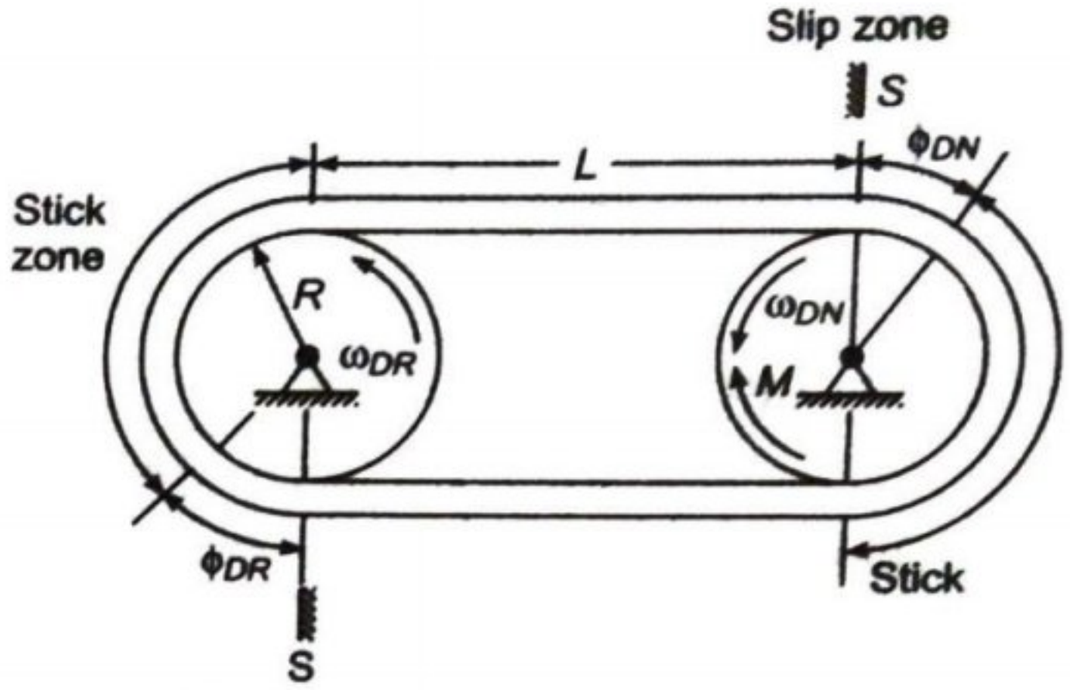
(a) बेल्ट एवं पुली ड्राइव (Belt and pulley drive)—यह उच्च क्षमता वाला ड्राइव निकाय (drive system) होता है जिसकी क्षमता लगभग 90% तक होती है। यह कम भार मशीनों में प्रयोग किया जाता है जहाँ कटाई बल कम होता है। बेल्ट का प्रयोग स्टेपर से एक्सिल को जोड़ने के लिए प्रयोग किया जाता है। बेल्ट लीड स्क्रू एवं गियर निकाय को जोड़ने के लिए प्रयोग किया जाता है। चूँकि बेल्ट नम्य (flexible) होता है इसलिए यह लम्बे अक्ष के लिए प्रयोग किया जाता है। लम्बे अक्ष के लिए पुली की साइज भी बढ़ानी पड़ती है जो एक कठिन कार्य है।

(b) चेन एवं स्प्रॉकेट ड्राइव (Chain and sprocket drive)—चेन एवं स्प्रॉकेट ड्राइव, बेल्ट एवं पुली के समान होता है। इसमें बेल्ट के स्थान पर चेन का प्रयोग किया जाता है तथा पुली के स्थान पर स्प्रॉकेट प्रयोग किया जाता है। चेन एक स्प्रॉकेट ड्राइव बेल्ट में भी वे ही अवगुण (disadvantage) होते हैं, जो बेल्ट एवं पुली में होते हैं। चेन ड्राइव की क्षमता बेल्ट ड्राइव की तुलना में कम होती है। चेन ड्राइव का सबसे महत्वपूर्ण अवगुण ब्लैकलेश (Blacklash) होता है।

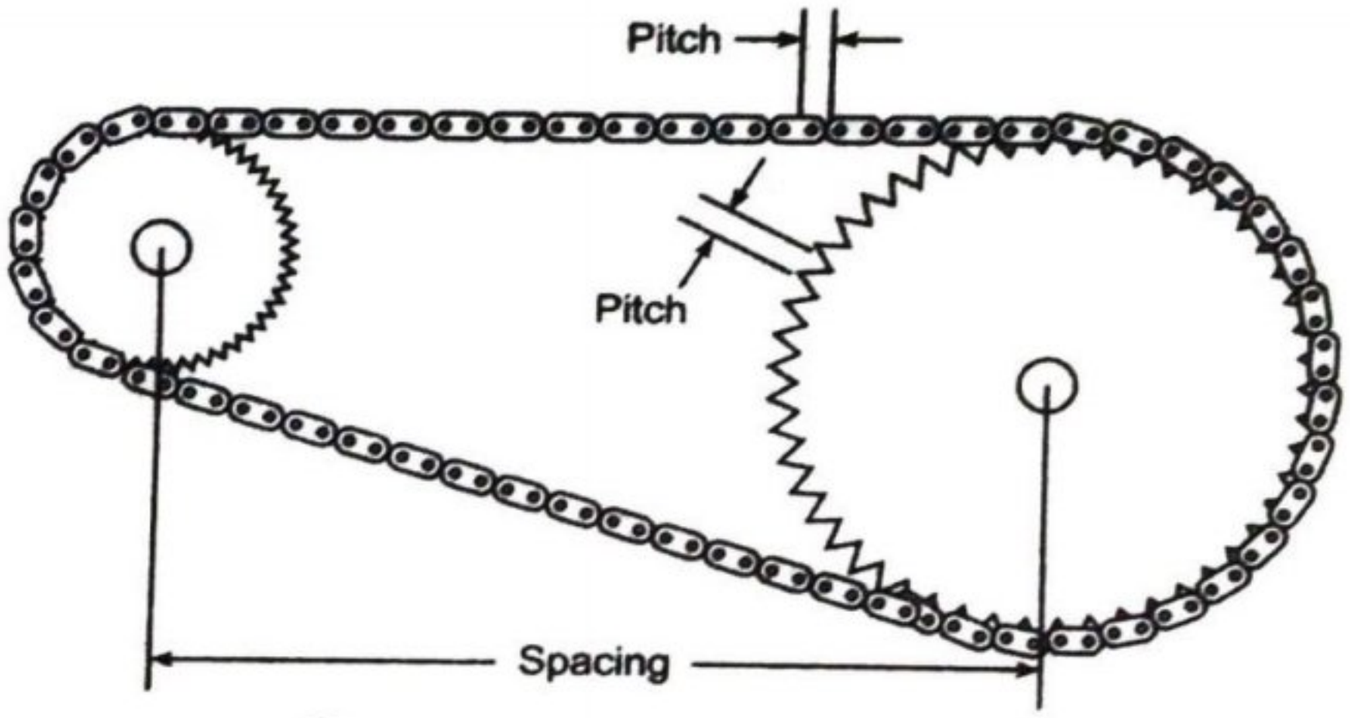
(c) रैक एवं पिनियन ड्राइव (Rack and pinion drive)—यह एक दृढ़ निकाय होता है जिसके कारण यह लम्बे अक्ष के लिए प्रयोग किया जाता है। रैक एवं पिनियमन ड्राइव को चलाने के लिए उच्च बल एवं सामर्थ्य की आवश्यकता होती है।

पिनियन गियर को स्टेपर मोटर की सहायता से चलाया जाता है। रैक की गति के कारण अक्ष घूमता है। रैक एवं पिनियन
बीच ब्लैकलेग (Black lag) इसका अवगुण है।

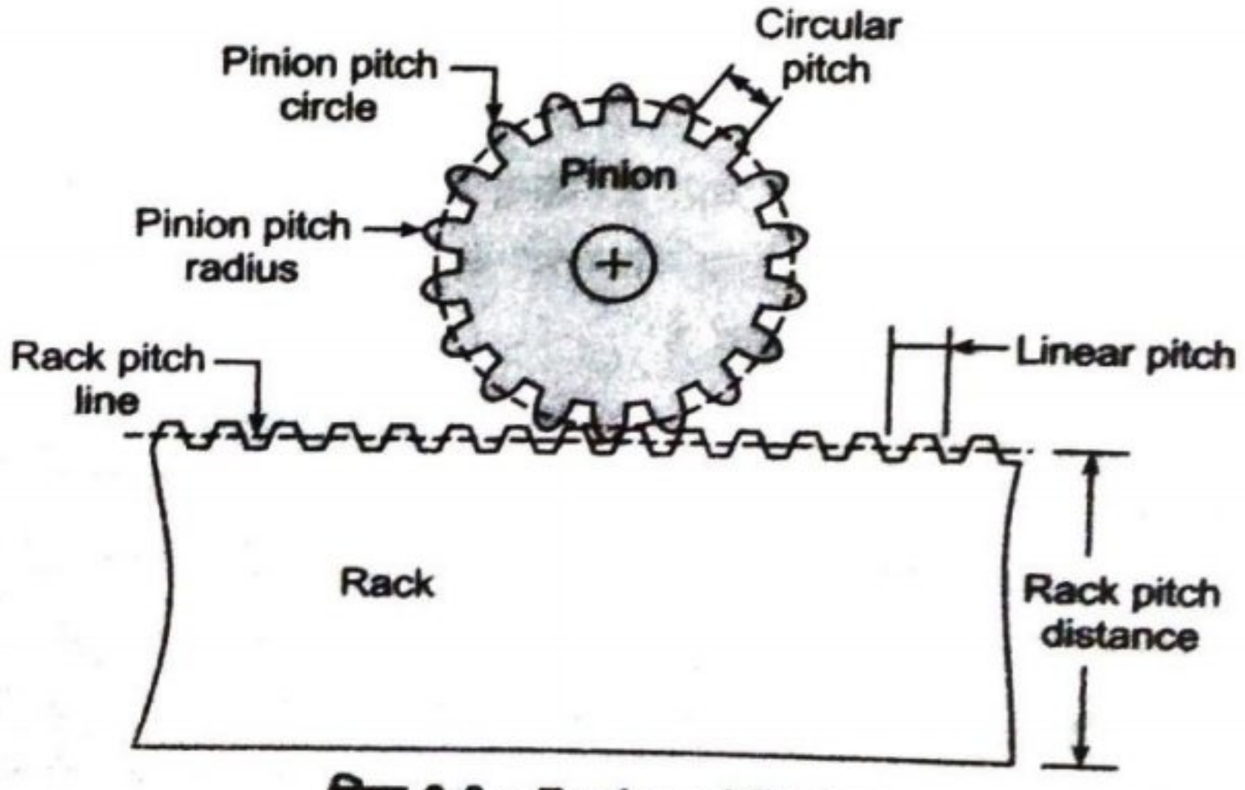
(d) लीड स्क्रू (Lead screw)—सर्वाधिक लोकप्रिय ड्राइव लीड स्क्रू ही प्रयोग किया जाता है। यह विभिन्न वैराइटी
साइज में उपलब्ध है। यह निम्न लागत का होता है। लीड स्क्रू को प्रत्यक्ष रूप से स्टेपर शाफ्ट से जोड़ दिया जाता है क्यों
gear reduction की आवश्यकता नहीं होती है।



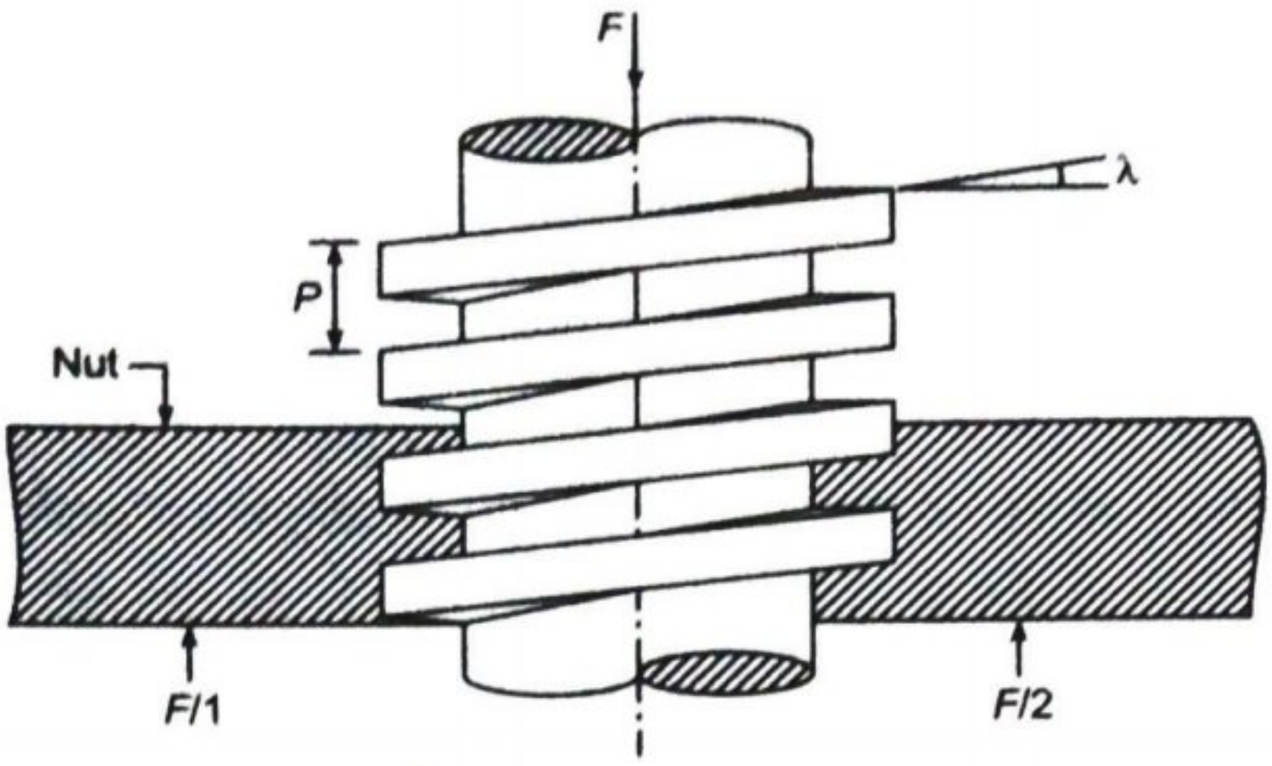
चित्र 2.7 : Belt and Pulley Drive



चित्र 2.8 : Chain & Sprocket Drive



चित्र 2.9 : Rack and Pinion



चित्र 2.10 : Lead Screw

2.10. सी०एन०सी० स्पिण्डल ड्राइव एवं मोटर

सी०एन०सी० मशीन टूल स्पिण्डल ड्राइव को उच्च (high accuracy) गति की आवश्यकता होती है। यदि वेग या गति में किसी प्रकार की त्रुटि हो तो निम्न गुणवत्ता के कार्यखण्ड मशीनन द्वारा प्राप्त होते हैं।

स्पिण्डल ड्राइव एवं मोटर इस प्रकार होना चाहिये कि वह उत्कृष्ट क्रिया करे एवं उच्च यथार्थ नियन्त्रण संभव हो। इसमें उच्च विश्वसनीयता एवं निष्पादन क्षमता हो।

स्पिण्डल मोटर या तो वायु शीतलक होता है या द्रवीय शीतलक होता है।

(i) वायु शीतलक स्पिण्डल मोटर—वायु शीतलक स्पिण्डल मोटर अधिक नम्य तथा मित्तव्ययी होता है। Compact डिजाइन के कारण यह उच्च गति से कार्य सम्पन्न करता है। यह छोटे कार्यखण्डों के लिए प्रयोग किया जाता है।

(ii) द्रवीय शीतलक स्पिण्डल मोटर—द्रवीय शीतलक स्पिण्डल मोटर सबसे लोकप्रिय मोटर होता है। यह स्पिण्डल मोटर का एडवान्स रूप होता है। द्रवीय शीतलन में ऊष्मा निष्कासन की क्षमता उच्च होती है जिससे मोटर का आउटपुट, निष्पादन एवं टॉर्क उच्च प्राप्त होता है। यह compact design में उपलब्ध होता है।

2.11. सी०एन०सी० मशीन का विशेष निर्माण व आवश्यकताएँ

सी०एन०सी० मशीन की रचना एवं निर्माण सबसे महत्वपूर्ण एवं जटिल प्रश्न है तथा निम्न मूलभूत उद्देश्यों की पूर्ति करने में सक्षम है—

(i) उच्च यथार्थता एवं पुनरावृत्ति क्षमता (High accuracy and repeatability)

(ii) उच्च विश्वसनीयता (High reliability)

(iii) उच्च निष्पादन (High performance)

उपरोक्त उद्देश्यों को प्राप्त करने के लिए मशीन की संरचना इस प्रकार होनी चाहिये कि वह अधिकतम डिजाइन कटाई बल को सहन करने में सक्षम हो। चूँकि मशीन स्पिण्डल की गति एवं घुमाव उच्च होती है इसलिए कठोर एवं दृढ़ संरचना की आवश्यकता होती है। मशीन की संरचना में तापीय विरूपण कम होना चाहिये।

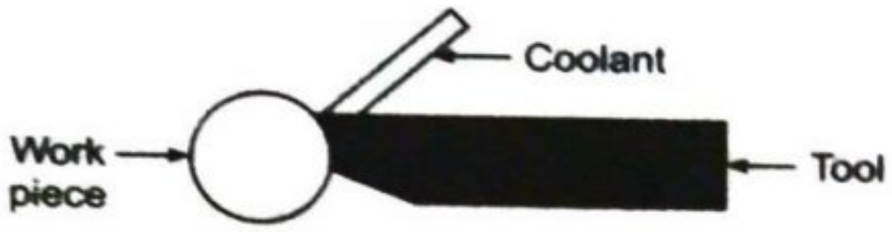
हम जानते हैं कि CNC मशीन के स्लाइड मार्ग में धातु से धातु सम्पर्क होता है। घर्षण के कारण इन अंगों में ऊष्मा उत्पन्न होती है। अत: स्लाइड मार्ग की संरचना इस प्रकार होनी चाहिये कि वह उच्च ऊष्मा को सहन कर सके।

2.12. सी०एन०सी० स्नेहन प्रणाली

शीतलन तथा स्नेहन के लिए कटाई तरल का प्रयोग किया जाता है।

शीतलन—सी०एन०सी० मशीनन संक्रियाएँ सतत् ऊष्मा उत्पन्न करती है। मशीनन क्षेत्र से उत्पन्न ऊष्मा को बाहर करना अति आवश्यक होता है। टूल की क्रिया से कार्यखण्ड द्वारा उत्पन्न चिप्स में भी ऊष्मा होती है। शीतलक की सहायता से कार्यखण्ड, टूल तथा चिप्स में उत्पन्न अत्यधिक ऊष्मा को कम किया जाता है। शीतलक में यह क्षमता होनी चाहिये कि वह उच्च दर से ऊष्मा को निष्कासित करे।

स्नेहन—मशीनन संक्रियाओं में लगभग दो-तिहाई ऊष्मा कार्यखण्ड पर कटाई बल के द्वारा होती है। दूसरा प्रमुख कारण कार्यखण्ड पर चिप्स का आवागमन होता है। कटाई तरल में उच्च स्नेहन गुण होने चाहिये। कटाई तरल का गुण ऐसा होना चाहिये कि वह स्लाइडिंग सतहों के बीच घर्षण को कम करे। कार्यखण्ड पर सतत् रूप से कटाई तरल का प्रयोग होना चाहिये।



चित्र 2.11

कटाई तरल को वहाँ प्रयोग किया जाता है जहाँ चिप्स उत्पन्न होते हैं। टर्निंग प्रक्रम में कटाई तरल नॉजल को टूल के ऊपर निर्देशित किया जाता है।

स्नेहक तेल (Lubrication Oil)

घुलनशील कटाई तरल—यह इमल्सीफायर तथा पेट्रोलियम तेल (Emulsifier and petroleum oil) से प्राप्त किए जाते हैं। यह सामान्यत: ऐल्यूमीनियम, कॉपर, ब्रास तथा लौह धातुओं की कटाई के लिए प्रयोग किया जाता है।

100% पेट्रोलियम तेल (100 % Petroloum Oil)

यह पेट्रोलियम एवं खनिज तेल से प्राप्त होता है। इन तेल के गुणधर्म जैसे श्यानता, तापीय चालकता आदि को बढ़ाने के लिए कुछ Additive मिलाए जाते हैं। भारी मशीनरी संक्रियाएँ सल्फर, फास्फोरस या क्लोरीन को जोड़ा जाता है जिससे ऊष्मा निष्कासन में तीव्रता आती है।

प्रमुख लाभ

(i) पेट्रोलियम तेल से सतह परिष्करण में वृद्धि होती है।
(ii) उच्च गति कटाई प्रक्रम में सक्षम होता है।
(iii) टूल अवधि में वृद्धि होती है।
(iv) टूट-फूट में कमी होती है।
(v) चिप्स आसानी से बाहर नहीं जाता है।

श्यानता में विभिन्नता इसका प्रमुख अवगुण जो मशीनन संक्रियाओं को प्रभावित करता है।

सिन्थेटिक ल्यूब्रिकेन्ट (Synthetic Lubricant)

सी०एन०सी० मशीन में एडवान्समेन्ट के साथ स्नेहक में भी एडवान्समेन्ट की जरूरत पड़ती है। इसके लिए कृत्रिम स्नेहक का निर्माण किया जाता है। इसके प्रमुख गुण निम्नलिखित हैं—

(i) उच्च दाब अनुप्रयोगों में इस्तेमाल किया जाता है।
(ii) स्नेहक की आयु बढ़ जाती है।
(iii) ऊष्मा निष्कासन में कमी आती है।

(iv) कटाई गति में तथा भार में विषमताओं को कम करती है।

(v) उच्च शीतलन गुण।

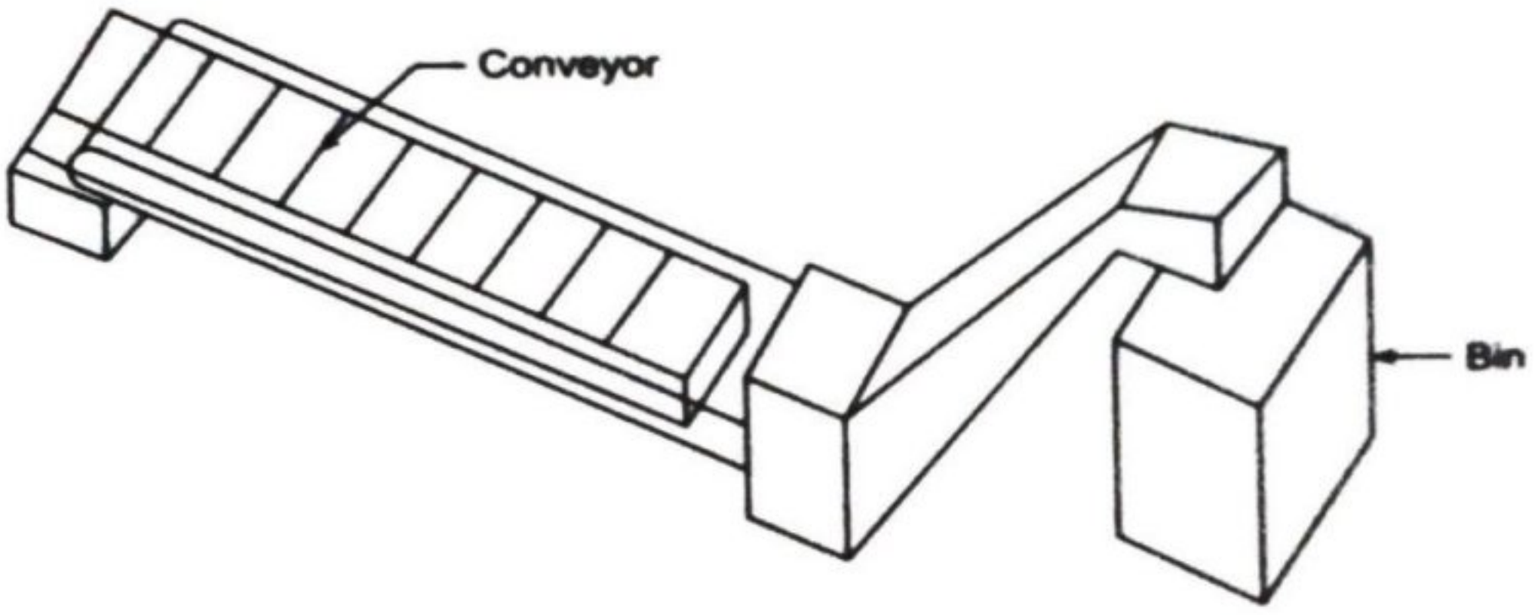
तेल जल निकाय

जल स्नेहक एवं शीतलन का मूल रूप है। तेल के मिश्रण से जल जंग रोधकता में कमी आती है जिससे शीतलन एवं स्नेहक क्षमता में वृद्धि होती है।

2.13. चिप्स निस्तारण या परत हटाना (Chip Removal or Swarf Removal)

परत को चिप्स भी कहा जाता है। यह धातु व्यर्थ के टुकड़े होते हैं जो विभिन्न मशीनन संक्रियाओं जैसे टर्निंग, बोरिंग, ग्राइंडिंग आदि से प्राप्त होते हैं। सी०एन०सी० मशीनन संक्रिया में यह चिप्स या परत सतत् उत्पन्न होते हैं। यदि इन परतों को समय-समय पर नहीं हटाया गया तो यह कटाई प्रक्रम में अवरोध उत्पन्न करेंगे। हम जानते हैं कि सी०एन०सी० मशीन सतत् कार्य करता है अत: चिप्स की मात्रा भी सतत् रहती है। अत: इन्हें उपयुक्त माध्यम से हटाना आवश्यक होता है।

परत हटाने का सबसे उपयुक्त माध्यम कटाई तरल होता है जो उच्च दाब पर कटाई क्षेत्र में प्रवाहित किया जाता है। उच्च दाब के कारण कटाई तरल के साथ चिप्स भी बाहर आ जाते हैं तथा नीचे लगे कन्वेयर की सहायता से बिन में इकट्ठा होकर निकाय से बाहर निकाल दिया जता है।



चित्र 2.12

सारांश

मशीन टूल वह मशीन होती है जिसकी सहायता से मशीनन क्रिया सम्पन्न होती है तथा नई मशीन का निर्माण होता है।

मशीन टूल का वर्गीकरण

ये निम्नलिखित हैं—

(i) सामान्य उद्देश्यों की पूर्ति करने वाले मशीन टूल

(ii) उत्पादन मशीन टूल

(iii) विशेष उद्देश्यीय मशीन टूल

(iv) नम्य उत्पादन मशीन टूल

कटाई टूल

इसे कटर भी कहा जाता है। यह वह उपकरण होता है जिसकी सहायता से कार्यखण्ड पर से कर्तन विरूपण की सहाय से अनावश्यक पदार्थ को दूर किया जाता है,

कटाई टूल पदार्थ का वर्गीकरण

(i) स्थायी कटाई टूल

(ii) अस्थायी कटाई टूल।

कटाई टूल का पदार्थ—

(i) कार्बन टूल स्टील

(ii) उच्च गति स्टील

(iii) उच्च गति स्टील-कोबाल्ट

(iv) ढलवाँ कोबाल्ट मिश्रधातु

(v) सीमेन्टेड कार्बाइड

(vi) सेरेमिक्स

(vii) सेरमिट

(viii) सी०बी०एन०

(x) डायमण्ड

कटाई टूल के मुख्य अवयव

(i) शैंक

(ii) फ्लैंक

(iii) पृष्ठ

(v) एड़ी

(vi) नासिका

कटाई टूल का वर्गीकरण

(a) एकल बिन्दु कटाई टूल

(b) बहु-बिन्दु कटाई टूल।

(a) एकल बिन्दु कटाई टूल—इसमें केवल एक ही कटाई छोर होता है जिसमें मुख्य कोण निम्नलिखित है—

(i) अवनमन कोण

(ii) अवकाश कोण

(iii) कर्तन कोण

(iv) धातु कटाई कोण

(b) बहु-बिन्दु कटाई टूल—कटाई टूल जिसमें एक से अधिक कटाई छोर होते है, बहु-बिन्दु कटाई टूल कहलाते है।

(i) रेखीय गति कटाई टूल

(ii) घुमाऊ गति कटाई टूल

(iii) रेखीय या घुमाऊ गति कटाई टू

- **सेटिंग अप के आधार पर वर्गीकरण**
  - (i) पूर्व संयोजित टूल
  - (ii) योग्य टूल
  - (iii) अर्द्ध योग्य टूल

(i) पूर्व संयोजित टूल—किसी मशीन टूल में विशेष टूल होल्डर की सहायता से एडवान्स में किसी अन्य स्थान पर टूल को सेट करके रखना, पूर्व संयोजित टूल कहलाता है।

(ii) योग्य टूल—उपकरण जो मशीन पर किसी स्थान पर फिट बैठता है जहाँ टूल धारक या स्लाइड पर निर्दिष्ट डेटम के सापेक्ष निकट सीमा में सटीक रूप से स्थित होता है, उसे योग्य उपकरण के रूप में जाना जाता है।

(iii) अर्द्ध-योग्य टूल—योग्य उपकरण जो टूल शंकु पर कई समायोज्य बटनों का उपयोग करके आयामों में समायोजित किए जा सकते हैं, उन्हें अर्द्ध-योग्य उपकरण के रूप में जाना जाता है।

कार्यग्राही युक्तियाँ

मशीनिंग के दौरान कार्यखण्ड को पकड़ने के लिए CNC कार्यग्राही युक्तियों को प्रयोग किया जाता है। ऑटोमैटिक पैलेट चेंज ओवर सामान्यत: आजकल CNC मशीनों में प्रयोग किया जाता है।

ऑटोमैटिक टूल परिवर्तक

CNC मशीन का डिजाइन इस प्रकार किया जाता है कि वह एक ही सेटिंग में कई संक्रियाएँ सम्पन्न करें। इस व्यवस्था को ऑटोमैटिक टूल परिवर्तक कहते हैं।

सामान्यत: दो प्रकार के होते हैं—

- ड्रम टाइप ऑटोमैटिक टूल परिवर्तक
- चेन टाइप ऑटोमैटिक टूल परिवर्तक

सी०एन०सी० मशीन बेड

यह एक कठोर संरचना होती है जो फर्श पर बद्ध होती है। मशीन बेड पूरी लम्बाई में फर्श पर बद्ध किया जाता है। इसमें 5 गाइड मार्ग लगे होते हैं।

स्लाइड मार्ग

स्लाइड मार्ग को सामान्यत: हाइड्रोस्टैटिक स्लाइड मार्ग कहा जाता है। स्लाइड मार्ग सामान्यत: वह मार्ग होता है जो मशीन बेड, टूल पोस्ट एवं टेल स्टॉक के गति के लिए प्रयोग किया जाता है।

पुनःप्रवाह बॉल-स्क्रू

परम्परागत लीड स्क्रू में उच्च घर्षण के कारण शक्ति पारेषण हानि होती है। घर्षण में हानि तथा शक्ति पारेषण में हानि को कम करने के लिए पुन:प्रवाह बॉल स्क्रू प्रयोग किया जाता है।

अक्ष ड्राइव एवं अक्ष मोटर

यह निम्न प्रकार की होती है—

- (i) बेल्ट एवं पुली ड्राइव
- (ii) चेन एवं स्प्रॉकिट ड्राइव
- (iii) रैक एवं पिनियन
- (iv) लीड स्क्रू ड्राइव

सी०एन०सी० स्पिण्डल ड्राइव एवं मोटर

सी०एन०सी० मशीन टूल स्पिण्डल ड्राइव को उच्च यथार्थ गति की आवश्यकता होती है। स्पिण्डल मोटर या तो वायु शीतलक होता है या द्रवीय शीतलक होता है।

सी०एन०सी० मशीन की स्नेहन प्रणाली

शीतलन तथा स्नेहन के लिए कटाई तरल का प्रयोग किया जाता है।

मशीनन संक्रियाएँ सतत् ऊष्मा उत्पन्न करती हैं जिसे बाहर निकालना आवश्यक होता है। इसके लिए स्नेहन एवं शीतलन का प्रयोग किया जाता है।

स्नेहक तेल

(i) घुलनशील कटाई तरल
(ii) 100% पेट्रोलियम तेल
(iii) सिन्थेटिक ल्यूब्रिकेन्ट
(iv) तेल जल निकाय

चिप्स निस्तारण या परत हटाना

परत को चिप्स भी कहा जाता है। यह धातु व्यर्थ के टुकड़े होते हैं जो विभिन्न मशीनन संक्रियाओं जैसे—टर्निंग, बोरिंग, ग्राइंडिंग आदि से प्राप्त किया जाता है।

प्रश्नावली

1. मशीन टूल को परिभाषित कीजिए।
2. मशीन टूल को वर्गीकृत कीजिए।
3. कटाई टूल से आप क्या समझते हैं? कटाई टूल पदार्थ की विशेषताओं को लिखिए।
4. कटाई टूल को वर्गीकृत कीजिए।
5. विभिन्न कटाई टूल पदार्थ को समझाइए।
6. कटाई टूल के मुख्य अवयय लिखिए।
7. निम्न को समझाइए—
   (a) एकल बिन्दु कटाई टूल (b) बहुबिन्दु कटाई टूल
8. एकल बिन्दु कटाई टूल के मुख्य कोण को समझाइए।
9. निम्न को आरेख द्वारा समझाइए—
   (a) पूर्वसंयोजित टूल (b) योग्य टूल
   (c) अर्द्ध-योग्य टूल
10. कार्यग्राही युक्तियों को समझाइए।
11. ऑटोमैटिक टूल परिवर्तक से आप क्या समझते हैं?
12. ऑटोमैटिक टूल चेन्जर के लाभ बताइए।
13. सी०एन०सी० मशीन बेड को सचित्र समझाइए।

14. पुन: प्रवाह बॉल स्क्रू क्यों प्रयोग किया जाता है?
15. निम्न अक्ष ड्राइव को समझाइए—
    (a) बेल्ट एवं पुली
    (b) चेन एवं स्प्रॉकेट
    (c) रैक एवं पिनियन
    (d) लीड स्क्रू
16. CNC मशीन की स्पिण्डल ड्राइव एवं मोटर को समझाइए।
17. CNC मशीन की विशेष निर्माण आवश्यकताओं को लिखिए।
18. सी०एन०सी० स्नेहन प्रणाली को विस्तार से समझाइए।
19. स्नेहक तेल पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।
20. चिप्स निस्तारण से आप क्या समझते हैं?

वस्तुनिष्ठ प्रश्नावली

1. MRO मशीन में कौन-सा पदार्थ प्रयोग किया जाता है ?
    (a) HSS
    (b) HSS कोबाल्ट
    (c) सेरेमिक्स
    (d) कोई नहीं
2. मिलिंग कटर के लिए प्रयोग किया जाता है—
    (a) HSS cobalt
    (b) HSS
    (c) सेरेमिक्स
    (d) सीमेन्टेड कार्बाइड
3. सीमेन्ट कार्बाइड प्रकृति में होता है—
    (a) स्थायी
    (b) अस्थायी
    (c) दोनों
    (d) इनमें से कोई नहीं
4. पार्श्व कर्तन कोण तथा अन्त:कोण के मध्य भाग को कहते हैं—
    (a) फ्लैंक
    (b) पृष्ठ
    (c) एड़ी
    (d) नासिका
5. यदि अवनमन कोण का मापन टूल शैंक के लम्बवत हो तो उसे कहते हैं—
    (a) पश्च अवनमन कोण
    (b) पार्श्व अवनमन कोण
    (c) दोनों
    (d) इनमें से कोई नहीं
6. ओष्ठ कोण का मान होता है—
    (a) 0°-90°
    (b) 180°-90°
    (c) 90°-60°
    (d) 60°-90°
7. औजार की क्षैतिज अवस्था में उसके सामने के अथवा दोनों ओर के उन पृष्ठों के बीच के कोण को कहते हैं—
    (a) अवनमन कोण
    (b) अवकाश कोण
    (c) कटाई कोण
    (d) ओष्ठ कोण

8. योग्य टूल स्थित होता है—
   (a) निर्दिष्ट डेटम के सापेक्ष निकट सीमा में (b) डेटम के विपरीत
   (c) डेटम के लम्बवत् (d) डेटम के ऊपर
9. सी०एन०सी० मशीन बेड में कितने मार्ग होते हैं—
   (a) 2 (b) 3
   (c) 4 (d) 5
10. भारी मशीनन संक्रियाओं में ऊष्मा के तीव्र निष्कासन के लिए निम्न को मिलाया जाता है—
   (a) सल्फर (b) फास्फोरस
   (c) क्लोरीन (d) सभी

वस्तुनिष्ठ प्रश्नों के उत्तर

1. (a) **2.** (a) **3.** (a) **4.** (d) **5.** (b) **6.** (d) **7.** (b) **8.** (a) **9.** (d) **10.** (d).

3 पार्ट प्रोग्रामिंग (Part Programming)

3.1 संख्यात्मक नियन्त्रण (Numerical Control)

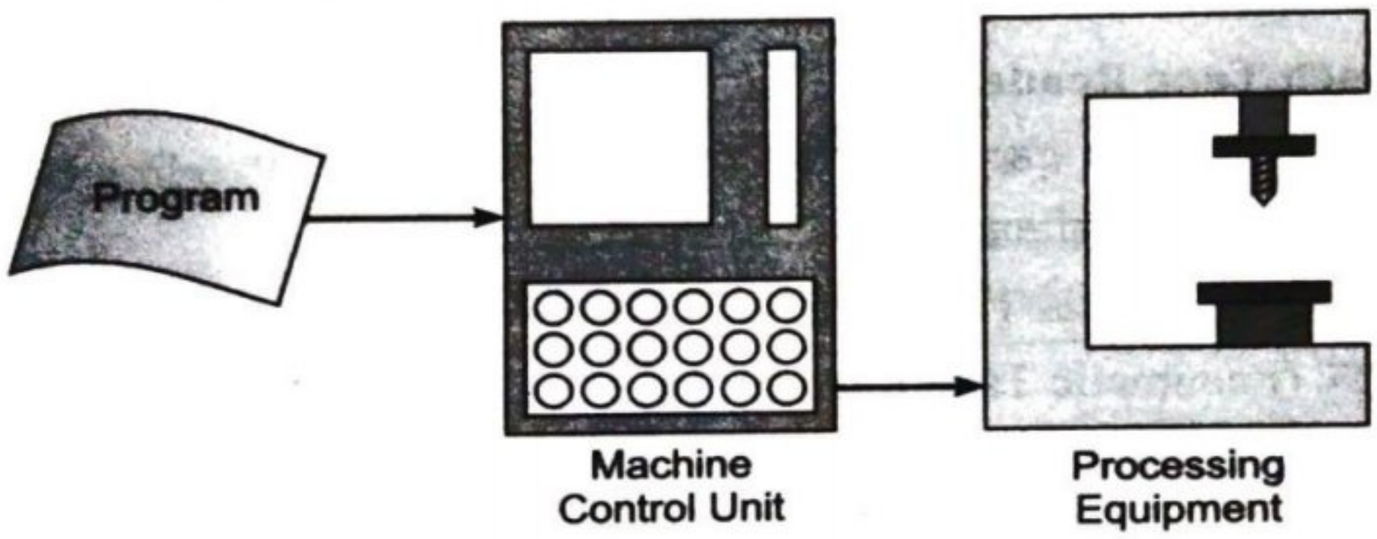
संख्यात्मक नियंत्रण को सरलतम रूप से निम्न प्रकार से परिभाषित किया गया है—

संख्याओं का नियंत्रण संख्यात्मक नियन्त्रण कहलाता है। यह मशीनों एवं मशीन टूलों को नियंत्रित करने की प्रक्रिया है जिसमें निर्देशों को टेप रीडर, इलेक्ट्रिक कमाइन्ड या कम्प्यूटर द्वारा भेजा जाता है।

या

संख्यात्मक नियंत्रण एक योजना योग्य स्वचालन है जिसमें प्रक्रम का नियंत्रण संख्या, शब्दों अथवा चिन्हों के द्वारा किया जाता है।

Numerical control is a type of Programmable automation in which the mechanical actions of a machine tool are controlled by a program containing coded alpha-numeric data that represents relative positions between a work head (*e.g.*, cutting tool) and a work part.



चित्र 3.1

3.2 NC मशीन के अवयय (Elements of NC Machine)

N.C. मशीन के मुख्य अवयय निम्नलिखित हैं—

(a) मशीन कन्ट्रोल यूनिट (Machine Control Unit, MCU)

(b) पार्ट प्रोग्राम (Part Programme)

(c) मशीन टूल (Machine Tool)

(a) मशीन कन्ट्रोल यूनिट (Machine Control Unit, MCU)—मशीन कन्ट्रोल यूनिट, इलेक्ट्रॉनिक अवययों का बना होता है। MCU पंच टेप से प्रोग्राम का अध्ययन कर उसे क्रियान्वित करता है। यह इन प्रोग्राम (निर्देशों) को यांत्रिक क्रियाओं में बदलकर मशीन को क्रियान्वित करता है।

संख्या नियंत्रित उत्पादन तंत्र एवं NC पार्ट प्रोग्रामिंग

मशीन कन्ट्रोल यूनिट प्रोग्राम एवं मशीन टूल के मध्य की कड़ी होती है। मशीन कन्ट्रोल यूनिट, मशीन टूल को निर्देशों के अनुसार क्रियान्वित करता है।

MCU के निम्न अवयय होते हैं—

(i) रीडर यूनिट (Reader Unit)

(ii) डेटा बफर (Data Buffer)

(iii) प्रोसेसर (Processor)

(iv) आउटपुट पैनल तथा एक्चुएटर (Output Panel and Actuator)

(v) कन्ट्रोल पैनल (Control Panel)

(vi) फीड-बैक उपकरण (Feed-back Device)

(i) रीडर यूनिट (Reader Unit)—इसका उपयोग प्रोग्राम को पढ़ने के लिए किया जाता है। यह यांत्रिक एवं विद्युत/इलेक्ट्रॉनिक युक्तियों का समावेश होता है।

यह यूनिट पंच टेप, मैग्नेटिक टैप अथवा फ्लॉपी डिस्क पर बने प्रोग्राम को पढ़ने के लिए प्रयुक्त किया जाता है। विभिन्न प्रकार के टेप रीडर निम्नलिखित हैं—

- कार्ड रीडर (Card Reader)
- पंच टेप रीडर (Punch Tape Reader)
- मैग्नेटिक टेप रीडर (Magnetic Tape Reader)

कार्ड रीडर (Card Reader)

इसमें पढ़ने के लिए ब्रशों, फोटो-इलेक्ट्रिक सेलो (Photo Electric Cells) का प्रयोग किया जाता है।

पंच टेप रीडर (Punch Tape Reader)

इसे इस पर बने स्प्रोकेट होल तथा एक स्प्रोकेट की सहायता से रीडिंग हेड (Reading Head) के नीचे से गुजारते हैं। विभिन्न प्रकार के पंच टेप रीडर निम्नलिखित हैं—

- यांत्रिक टेप रीडर (Mechanical Tape Reader)
- वायुवीय टेप रीडर (Pneumatic Tape Reader)
- ऑप्टिकल टेप रीडर (Optical Tape Reader)

Magnetic Tape Reader

Magnetic Tape recording head की सहायता से पढ़ा जाता है। सामान्यत: इसी प्रकार के टेप रीडर का प्रयोग किया जाता है।

(ii) डेटा बफर (Data Buffer)—अस्थाई मैमोरी को बफर कहते हैं। सूचनाओं के एक भाग या एक ब्लॉक, टेप रीडर द्वारा पंच टेप पर पढ़ने के पश्चात् अस्थाई मैमोरी (बफर) में स्टोर हो जाता है। इसका मुख्य उद्देश्य अगले प्रक्रम के डेटा को स्टोर करना होता है।

(iii) प्रोसेसर (Processor)—यह मशीन कंट्रोल यूनिट (MCU) का मुख्य अंग होता है। Integrated circuit पर आधारित होता है।

प्रमुख कार्य निम्नलिखित होते है—

(i) सभी अंगों के मध्य सामन्जस्य स्थापित करना।

(ii) अंगों के ऑपरेशनों को नियंत्रित करना।

(iii) कार्यों के लिए संकेतों को प्रसारित करना।

(iv) बफर डेटा को कार्यकारी संकेतो में परिवर्तित करता है। कार्यकारी संकेत प्लस के रूप में होते हैं।

(iv) आउटपुट चैनल एवं एक्चुएटर (Output Channel and Actuators)—प्रोसेसर से बाहर निकली पिन या तार आउटपुट चैनल कहलाती है। प्रोसेसर से प्राप्त कार्यकारी संकेत, आउटपुट चैनल पर प्लस के रूप में प्राप्त होते हैं।

आउटपुट चैनल पर प्राप्त प्लस कम वोल्टेज तथा कम करन्ट के होते हैं। जो किसी सर्वो मोटर या मोटर या स्टैपर मोटर या वायुवीय एवं हाइड्रॉलिक मोटर को चलाने में सक्षम नहीं होते हैं।

अतः इन पल्सो को इलेक्ट्रॉनिक या इलेक्ट्रोमैग्नेटिक एम्प्लीफायर के द्वारा बढ़ाया जाता है। यह कार्य एक्चुएटर (Actuator) का होता है।

(v) **कन्ट्रोल पैनल (Control Panel)**—इसकी सहायता से हम मशीन की क्रियाओं में हस्तक्षेप कर सकते हैं। उदाहरण के लिए, मशीनिंग प्रक्रिया को रोकना, टूल की स्पीड को बढ़ाना व घटाना, पंच टेप में डाटा को फीड करना व मिटाना। कन्ट्रोल पैनल में संकेतों (symbols) के अध्ययन के लिए इंडीकेटर तथा मीटर लगे होते हैं।

(vi) **फीडबैक कन्ट्रोल (Feedback Control)**—इस यूनिट की सहायता से मशीन के वास्तविक कार्य का पता चलता है। इसकी सहायता से स्लाइड स्थिति, स्पिन्डल चाल आदि का ज्ञान होता है।

(b) **पार्ट प्रोग्राम** (Part Program)—पार्ट प्रोग्राम चरणबद्ध किए हुए निर्देश सेट होते है जो मशीनों को कार्य करने के लिए निर्देशित करते हैं। यह निर्देश सेट संख्या या चिन्हों के रूप में होता है। इन निर्देश सेटों को पंच कार्ड, मैग्नेटिक टेप तथा चलित पिक्चर फिल्म के रूप में मशीन कन्ट्रोल यूनिट को भेजा जाता है।

(c) **मशीन टूल** (Machine Tool)—यह संख्यात्मक नियन्त्रण का आखिरी अवयय होता है। इसके अंतर्गत विभिन्न मशीनें जैसे लेथ मशीन, ड्रिलिंग मशीन आदि सम्मिलित होते हैं। संख्यात्मक नियंत्रण का यह नियंत्रित करने वाला अवयय होता है। इसकी सहायता से विभिन्न ऑपरेशन जैसे टर्निंग, फेसिंग, मिलिंग, वैल्डिंग आदि किए जाते हैं।

ऑपरेशन के अनुसार टूल का चयन ऑटोमैटिक टूल चेन्जर (Automatic Tool Changer, ATC) की सहायता से होता है।

N.C. प्रोसेस (N.C. Process)

NC प्रोसेस के पद निम्नलिखित हैं—

प्रक्रम आयोजन (Process Planning)

- ऑपरेशन नियत किया जाता है।
- रूट शीट (Route sheet) तैयार किया जाता है जो ऑपरेशन का क्रम निर्धारित करता है।

↓

पार्ट प्रोग्रामिंग (Part Programming)

- प्रोग्रामर की सहायता से पार्ट प्रोग्रामिंग तैयार की जाती है।
- दो प्रकार की पार्ट प्रोग्रामिंग होती है- Manual part programming
  Computer aided part programming

↓

टेप की तैयारी (Preparation of Tape)

- सभी निर्देश पंच टेप में तैयार किया जाता है।

↓

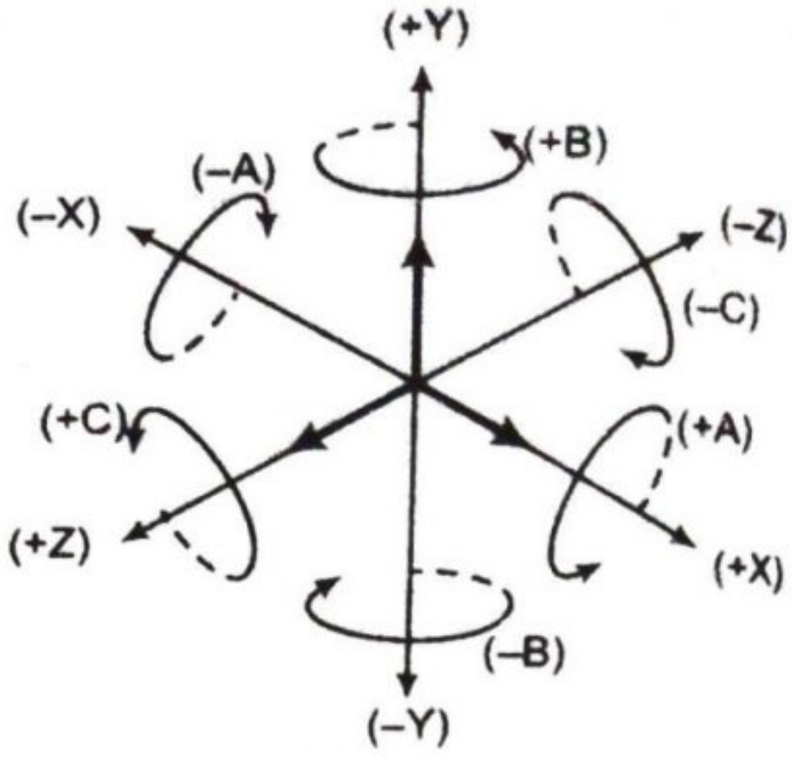
उत्पादन (Production)

- मशीन द्वारा पार्ट प्रोग्राम के निर्देशों की सहायता से उत्पादन किया जाता है।

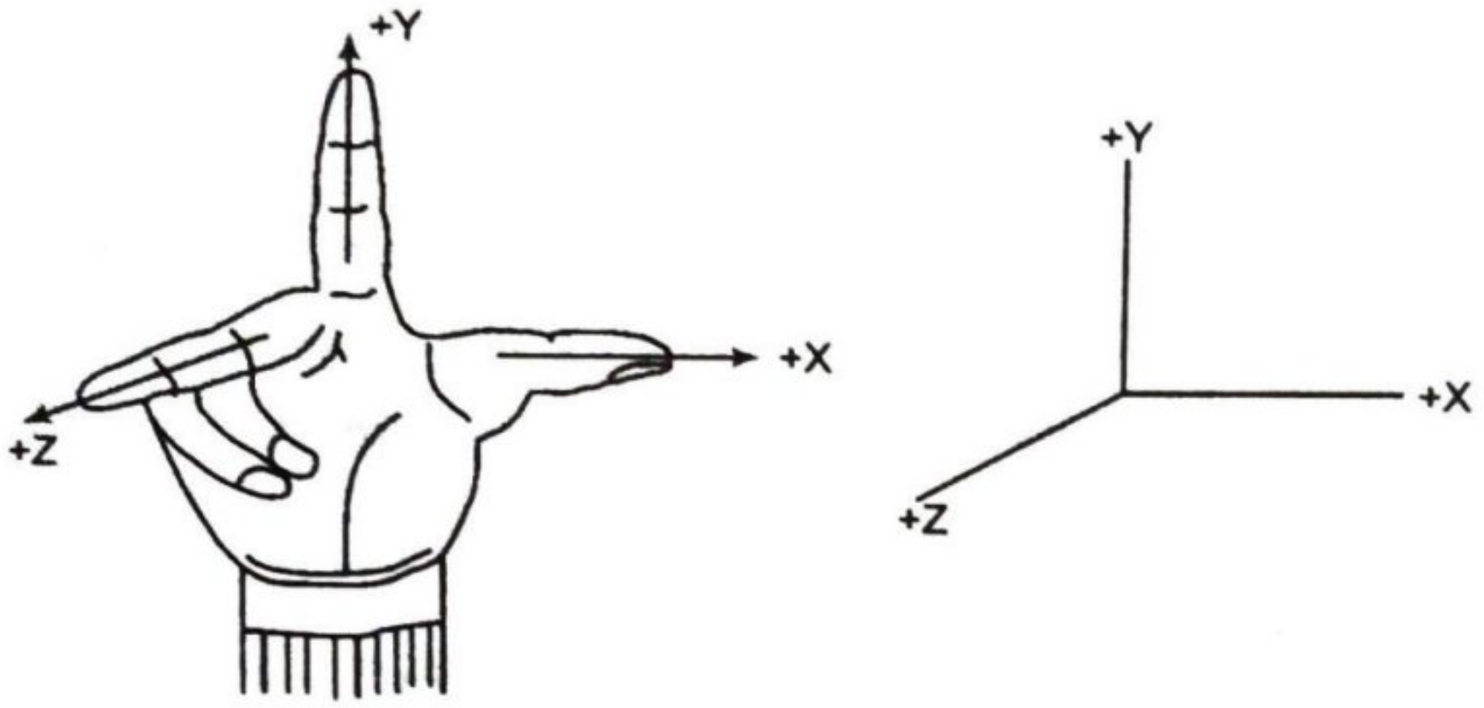
3.3 संख्या नियंत्रित उत्पादन तंत्र एवं NC पार्ट प्रोग्रामिंग

निर्देशांक तन्त्र (Co-ordinate system) : मशीनें सामान्यत: स्लाइड (slide) की गति के कारण गतिशील होती हैं। मशीन में दो या दो से अधिक स्लाइड एक-दूसरे के लम्बवत् होती हैं।

स्लाइड की गति को दायें हाथ के नियम (Right hand rule) की सहायता से निर्धारित किया जाता है। इस नियम के अनुसार यदि दायें हाथ में अंगूठे को रेखीय अक्ष (Linear Axis) की धनात्मक दिशा (+) में रखे तो अन्य दो अंगुलियों की दिशा धनात्मक दिशाओं को दर्शाएगी।



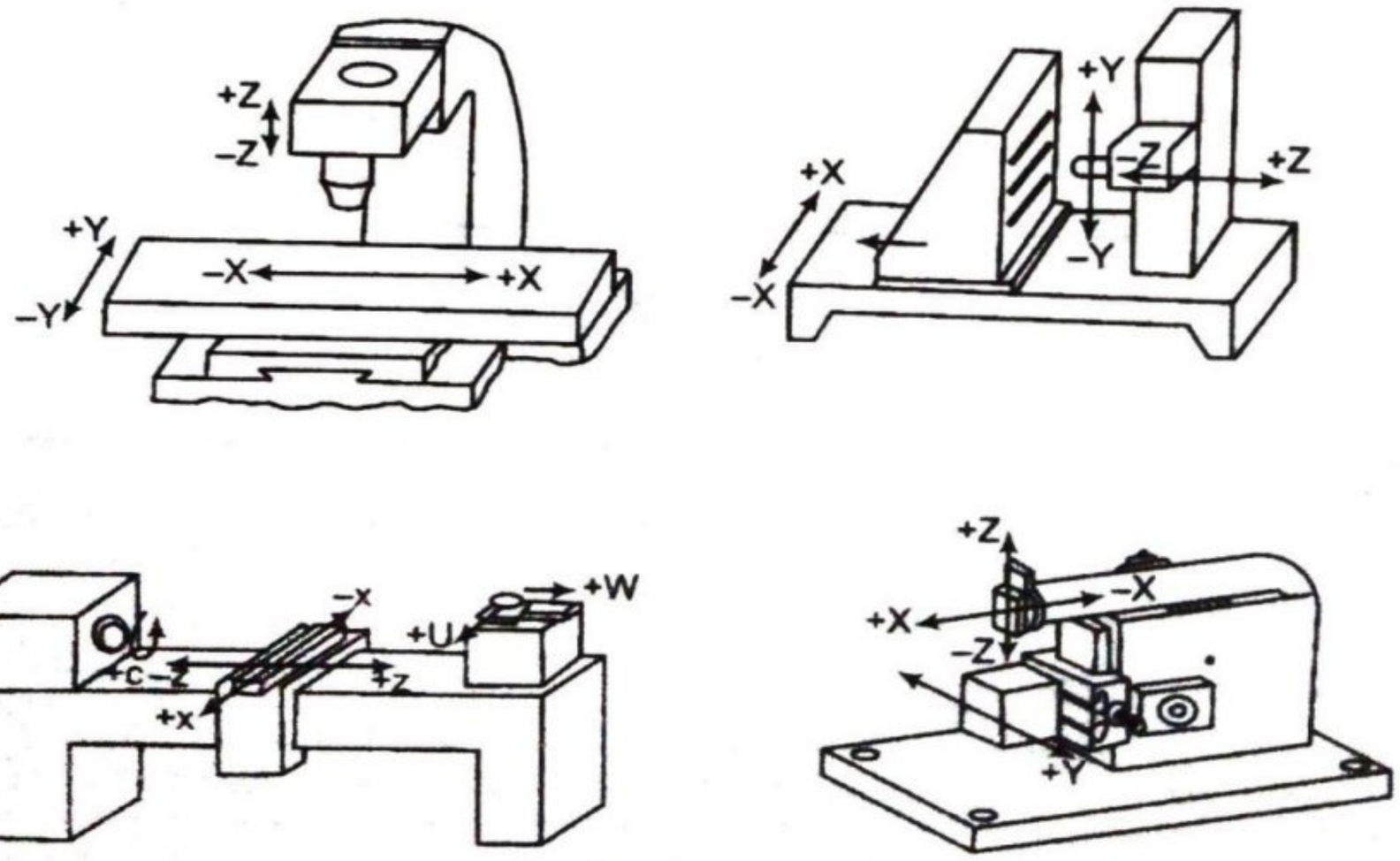
चित्र 3.2



चित्र 3.3

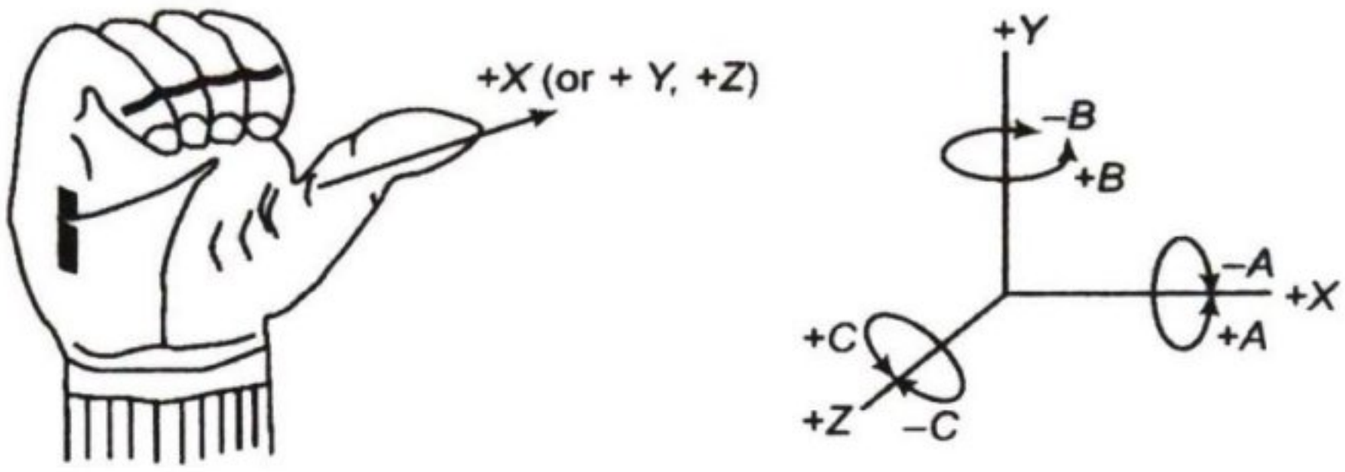
अक्ष निर्धारण में निम्न तथ्य विचारणीय होते हैं—

- Z – अक्ष को हमेशा NC मशीन के मुख्य स्पिण्डल का अक्ष माना जाता है चाहे स्पिण्डल क्षैतिज हो या लम्बवत्।
- Z – अक्ष की धनात्मक दिशा कार्य खण्ड से स्पिण्डल की ओर की दिशा मानी जाती है।
- X – अक्ष को हमेशा क्षैतिज तथा कार्य-मेज (work-table) के समान्तर रखते हैं।
- Y – अक्ष, X तथा Z के तल के लम्बवत् रहेगी।



चित्र 3.4

घूर्णी मेज अथवा इन्डैक्सिंग टेबिल के लिए अक्ष निर्धारण—



चित्र 3.5

आरेख में घूर्णी मेज की अक्ष की दिशा आरेख में दर्शाए गए दायें हाथ की अंगुलियों की दिशा से इंगित की जाएगी जबकि अंगूठा अक्ष की धनात्मक दिशा को इंगित करता है।

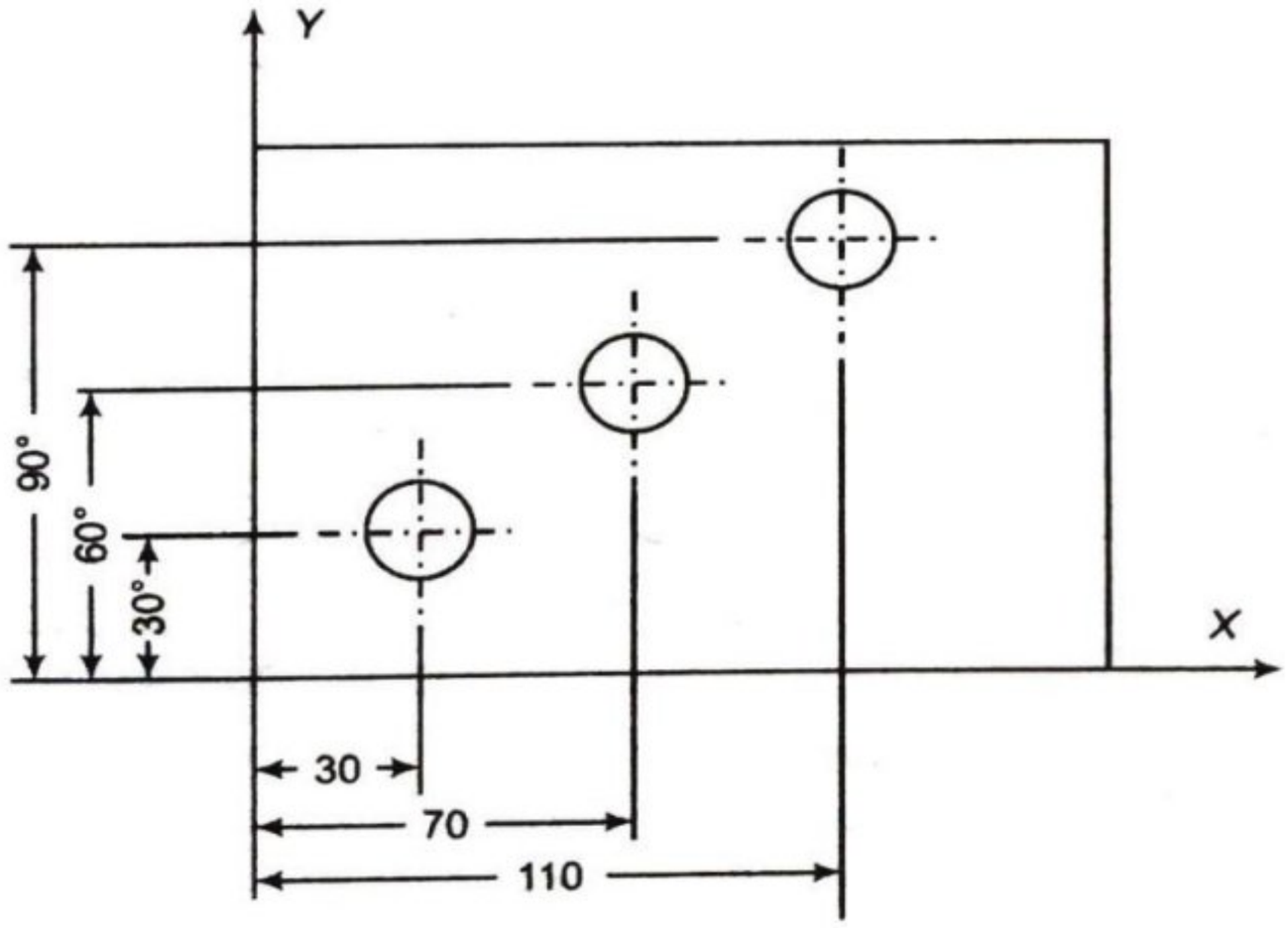
NC के विभिन्न निर्देशांक तन्त्र निम्न हैं—

(i) Absolute co-ordinate system

(ii) Incremental co-ordinate system

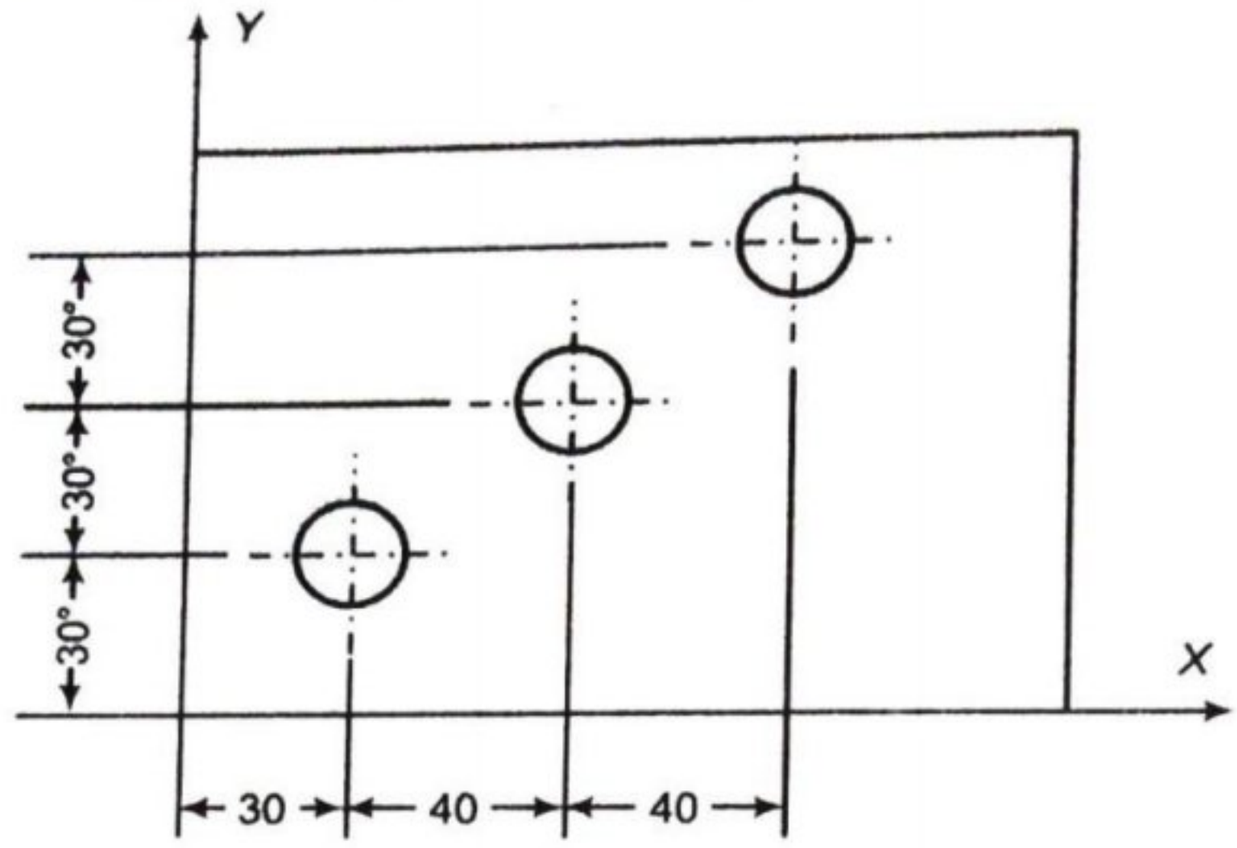
(iii) Fixed zero and floating point zero co-ordinate system.

(i) Absolute co-ordinate system—इसमें सभी स्थितियाँ एक नियत बिन्दु से प्रारम्भ होती हैं। यह प्रारम्भ या शून्य बिन्दु की स्थिति मशीन टूल टेबिल के अंदर ही होती है। इससे प्रारम्भ या शून्य बिन्दु की स्थिति मशीन टूल टेबिल के अन्दर ही होती है। इससे प्रारम्भ या शून्य की स्थिति परिवर्तित हो सकती है।



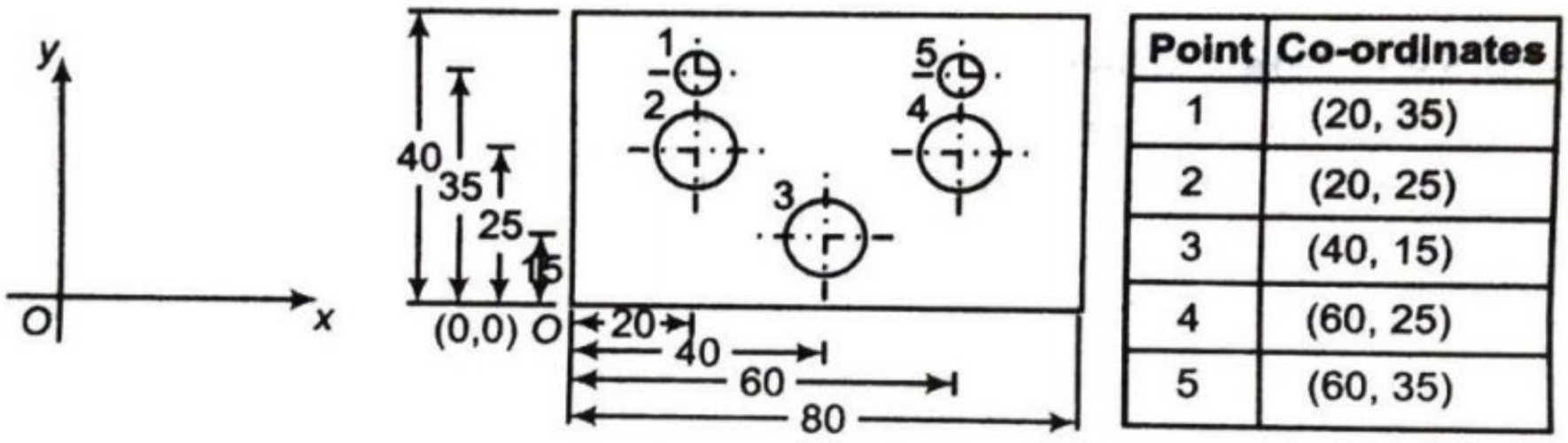
चित्र 3.6

(ii) Incremental co-ordinate system—इस तन्त्र में प्रारम्भ बिन्दु को सदैव प्रोसीडिंग बिन्दु के सापेक्ष स्थापित किया जाता है। टूल की स्थिति प्रक्रम के दौरान उसी बिन्दु के सापेक्ष मापी जा सकती है। इस तंत्र की मुख्य हानि यह है कि त्रुटि की कमियों को तुरन्त दूर नहीं किया जा सकता है।



चित्र 3.7

(iii) Fixed zero and Floating Point zero—जड़ शून्य (Fixed zero) में शून्य किसी भी मशीन टेबिल किसी एक स्थान पर नियत रहता है। दूसरे विकल्प में शून्य की स्थिति को टेबिल के किसी भी स्थान पर लिया जा सकता है इसलिए इसको तैरता शून्य या Floating zero कहते हैं।

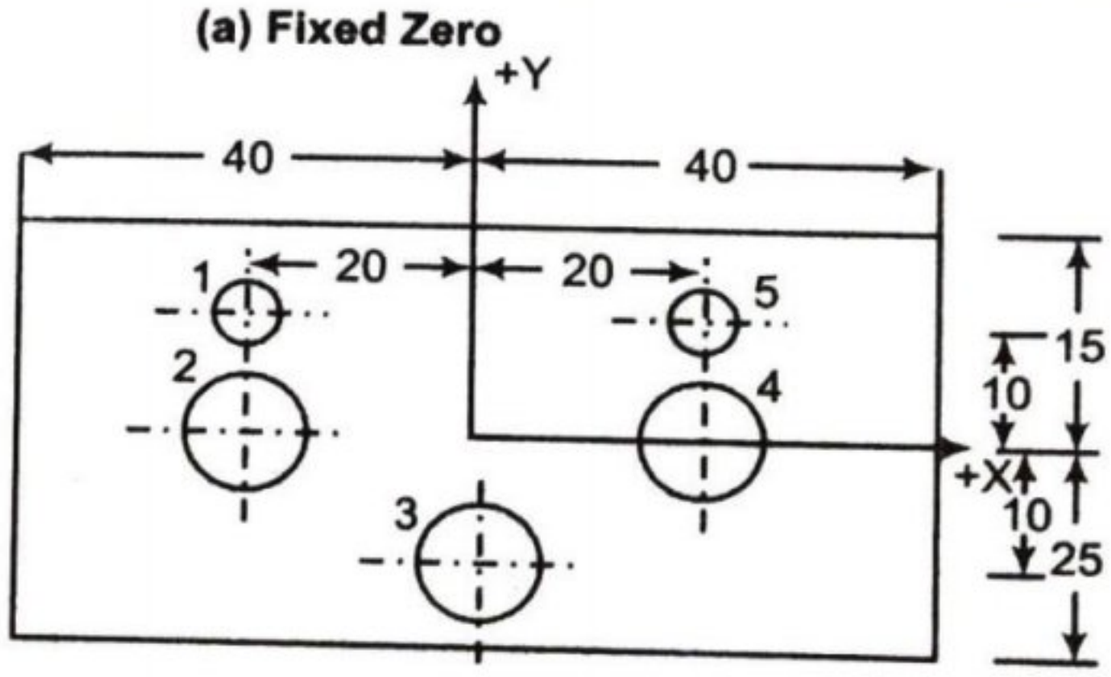


Point	Co-ordinates
1	(20, 35)
2	(20, 25)
3	(40, 15)
4	(60, 25)
5	(60, 35)

(a) Fixed Zero

Co-ordinates

Point	Co-ordinates
1	(– 20, 10)
2	(– 20, 10)
3	(0, – 10)
4	(20, 0)
• 5	(20, 10)



(b) Floating Zero

चित्र 3.8

3.4 चाल नियंत्रण विधियाँ (Motion Control Systems)

NC मशीन में प्रयोग में आने वाली चालन प्रणाली को निम्न वर्गों में बाँटा गया है—

(i) बिन्दु-से-बिन्दु (Point-to-Point)

(ii) सीधा काट (Straight cut)

(iii) कन्टूर काट (Contouring)

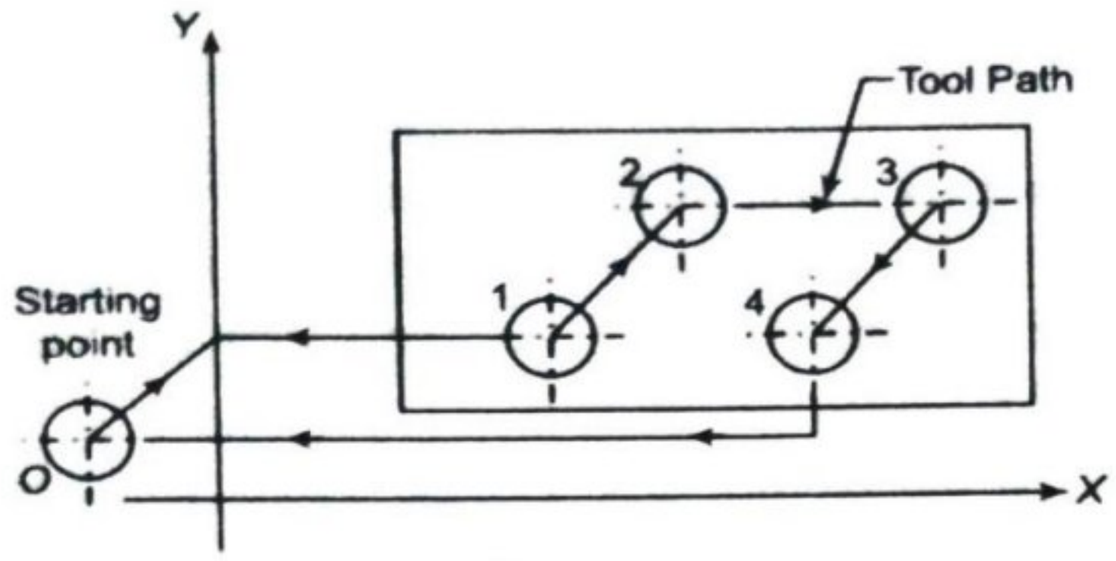
(i) बिन्दु-से-बिन्दु (Point to Point)—इसे PTP के नाम से जाना जाता है। यह सबसे सरलतम विधि है। इसकी प्रमुख विशेषताएँ हैं—

(a) टूल एक निश्चित स्थान से दूसरे निश्चित स्थान पर किसी मार्ग या गति से किया जा सकता है।

(b) इस दौरान टूल कटिंग प्रक्रिया नहीं करता है।

(c) मशीनों की बनावट साधारण तथा सस्ती होती है।

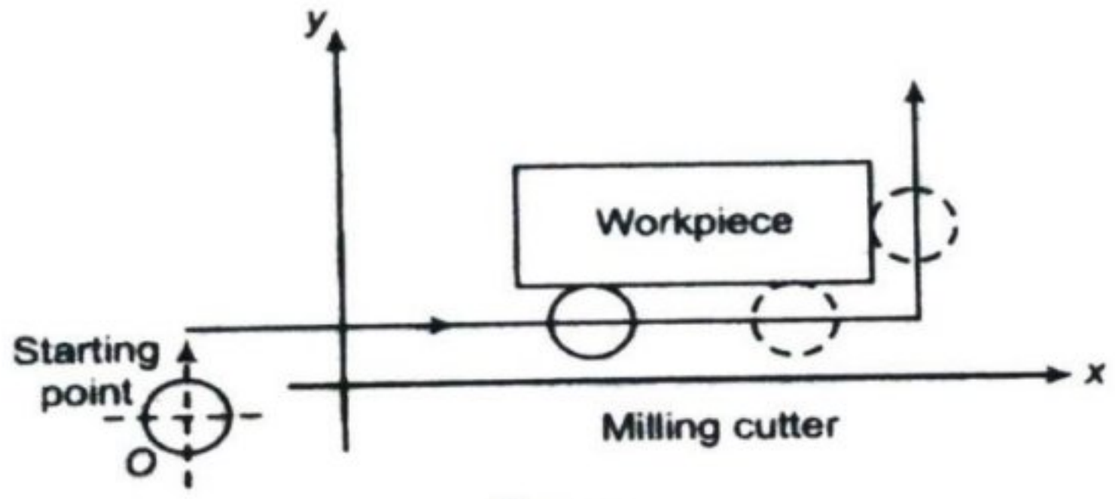
e.g. – NC Drill Machine



चित्र 3.9

(ii) सीधा काट (Straight cut Method)—इसमें टूल को किसी भी अक्ष के समान्तर एक नियंत्रित गति में चलाया जाता है। इसमें वक्राकार कटिंग नहीं की जा सकती है।

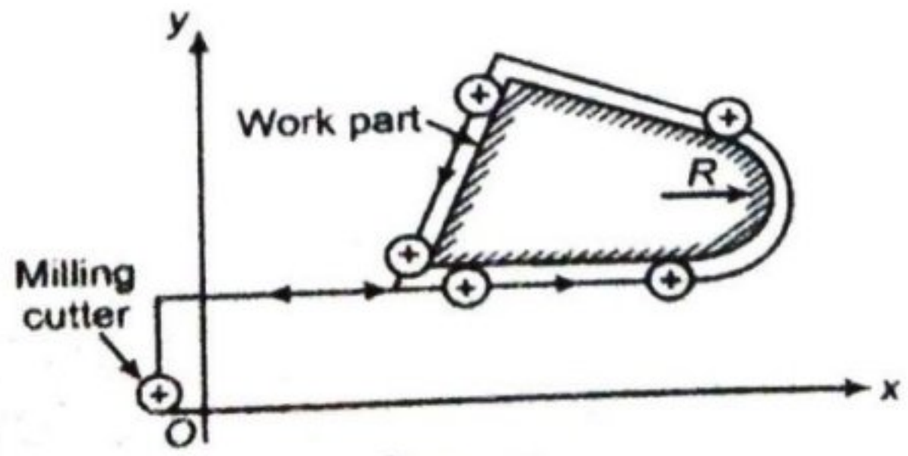
e.g.—आयताकार कार्यखण्ड में मिलिंग मशीन द्वारा मिलिंग प्रक्रम।



चित्र 10

(iii) कन्टूर विधि (Contouring Method)—

- यह सबसे जटिल, लचीली एवं महँगी विधि होती है।
- इसमें टूल की गति को एक से अधिक अक्षों के सापेक्ष नियंत्रित किया जा सकता है।
- इसमें किसी भी आकृति जैसे-सीधा, वृत्ताकार, शंकु की आकृति बनाई जा सकती है।



चित्र 3.11

3.5 NC मशीन का अर्थशास्त्र (Economics of NC Machine)

- नॉन-प्रोडक्टिव टाइम में कमी (Reduction in Non-productive Time)
- जिग व फिक्सचर में कमी (Reduction in Jigs and Fixtures)
- लीड समय में कमी (Reduction in Lead Time)
- अधिक उत्पादन नम्यता (High Production Flexibility)
- अधिक गुणवत्ता का उत्पादन (High Quality Production)
- इन्वेन्ट्री में कमी (Less Inventory)

3.6 NC Part प्रोग्रामिंग

परिचय—पार्ट प्रोग्रामिंग की सहायता से एक पंच टेप तैयार किया जाता है। यह टेप NC मशीन पर टेप रीडर में फीड किया जाता है। टेप रीडर एक बार में केवल एक निर्देश आगे बढ़ता है। जब मशीन निर्देश का पालन कर रही होती है तो कन्ट्रोल यूनिट के डाटा बफर में अगला निर्देश पढ़ा जा रहा होता है और अंतिम निर्देश के समय टेप रीडर रिवाइन्ड होकर अगले कार्यखण्ड के लिए तैयार हो जाता है।

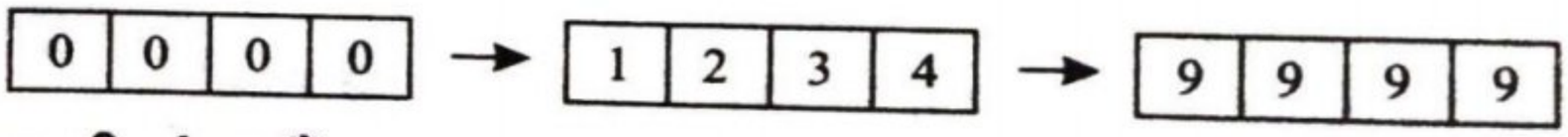
पंच टेप—NC मशीन में निर्देश सेटों को फीड करने का सबसे प्रचलित माध्यम पंच टेप है। इस पंच टेप में निर्देश सांकेतिक भाषा (coded langauge) में भरा जाता है। विभिन्न प्रकार के टेप हैं—

- कागज पंच टेप
- प्लास्टिक कोटेड पेपर
- माइलर ऐल्युमिनियम कोटेड पेपर

कागज या पेपर टेप का प्रयोग अधिक होता है क्योंकि यह सस्ता है परन्तु इसकी आयु कम होती है। इसका प्रयोग टैस्टिंग के लिए किया जाता है।

पंच टेप में कोडिंग—पंच टेप में बाइनरी कोडिंग की जाती है। बाइनरी सिस्टम में मात्र दो ही अंकों का प्रयोग किया जाता है। '0' तथा '1' वह दो अंक हैं जिनको क्रमश: OFF/ON स्थिति के द्वारा दर्शाया जा सकता है। NC मशीनों में 10 या 1 को क्रमश: पंच टेप पर बने Hole तथा No Hole के द्वारा दर्शाया जा सकता है। 0 या 1 बाइनरी डिजिट को प्रदर्शित करते हैं जिसे हम BIT के द्वारा जानते हैं किसी चिन्ह (symbol), अक्षर (letter) अथवा संख्या (number) को प्रदर्शित करने के लिए पंच टेप में एक पंक्ति में 8 होल (holes) हो सकते हैं। इसे हम Character कहते हैं जिसे byte के द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

दशमलव प्रणाली—इसमें 0 से 9 तक 10 संख्याओं का प्रयोग किया जाता है। इस सिस्टम को हम विद्युत सर्किट में इनपुट मीडिया के रूप में प्रयोग नहीं कर सकते हैं। उदाहरण के लिए किसी स्कूटर/मोटर में लगा स्पीडोमीटर दूरी को दशमलव प्रणाली में दर्शाता है।



दशमलव तथा बाइनरी संख्याएँ

Decimal	Binary
0000	0000
0001	0001
0002	0010
0003	0011

0004	0100
0005	0101
0006	0110
0007	0111
0008	1000
0009	1001
0010	1010
0011	1011
0012	1100
0013	1101
0014	1110
0015	1111

बाइनरी से दशमलव संख्या में बदलना

$954786 = ?$

9	5	4	7	8	6

$10^5 10^4 10^3 10^2 10^1 10^4$

अर्थात्

$$= 9 \times 10^5 + 5 \times 10^4 + 4 \times 10^3 + 7 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 6 \times 10^0$$

$$= 900000 + 50000 + 4000 + 700 + 80 + 6$$

$$= 954786$$

0	1	0	1	0	1

$2^5 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0$

$$= 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$$

$$= 42$$

दशमलव संख्या से बाइनरी संख्या में बदलना

2	42	
2	21	0
2	10	1
2	5	0
2	2	1
2	1	0
	0	1

बाइनरी संख्या

1 0 1 0 1 0

बाइनरी कोडेड डेसीमल (Binary Coded Decimal, BCD)—Electronic Industries Association (EIA) द्वारा इस कोड को पेपर टेप पर प्रयोग किया जाता है।

कम्प्यूटर एवं इलेक्ट्रॉनिक निकाय में बाइनरी कोडेड डेसीमल बाइनरी इनकोडिंग का वर्ग होता है जिसमें डेसीमल संख्या बिट को प्रदर्शित करता है जो निश्चित होता है। यह सामान्यत: चार या आठ अंकों का होता है।

डेसीमल संख्या	BCD (8421)
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001

उदाहरण के लिए : 4,2

"4" → 0100

"2" → 0010

दो प्रकार के कोड प्रयोग किए जाते हैं—

- EIA Code
- ISO/ASCII Code

EIA Code → इस कोड में आठ होल होते हैं जिनकी सहायता से हम विभिन्न प्रकार की सूचनाएँ टेप पर हस्तानान्तरित करते हैं।

कोड की प्रमुख विशेषताएँ निम्नलिखित हैं—

- ट्रैक (track) 1, 2, 3 तथा 4 के द्वारा संख्यात्मक डेटा (Numerical data) दिया जाता है, जैसे कार्यखण्ड की विमाएं (Dimensions of work piece), स्पिण्डल की चाल (speed of spindle) तथा फीड (feed) आदि।
- टेप को आगे बढ़ाने तथा रिवाइन्ड (Rewind) करने के लिए '3' तथा '4' के मध्य बराबर दूरी पर स्प्रोकेट होल (sprocket hole) बनाए जाते हैं। इनको टेप होल की गणना में नहीं लिया गया है।
- '5' ट्रैक पैरिटी बनने के लिए उपयोग किया जाता है। ETA सिस्टम में प्रत्येक कैरेक्टर (Character) में पंच किए होलों की संख्या विषम रखी जाती है अत: किसी कैरेक्टर में छिद्रों की संख्या कम आने पर पाँचवे ट्रैक में छिद्र और कर दिया जाता है। EIA प्रणाली में किसी भी कैरेक्टर में सम संख्या आने पर टेप रीडर रुक जाता है।
- मात्र छठे ट्रैक (6th Track) में एक छिद्र (Hole) होने से शून्य (zero) को दर्शाया जाता है। इसके अतिरिक्त कुछ अक्षरों (Alphabets) के लिए 6th ट्रैक में होल पंच किया जाता है।
- सातवें ट्रेक (7th track) को विभिन्न प्रकार की मशीनिंग प्रक्रियाओं के लिए पंच किया जाता है। जैसे ड्रिलिंग, बोरिंग, रीमिंग आदि। (A से I) तक के ऑपरेशनों के लिए मात्र सातवाँ ट्रैक 1, 2, 3, 4 ट्रैक के साथ पंच किया जाता है।
- S से Z तक के लिए 1-4 ट्रैकों के साथ, मात्र ट्रैक 6th पंच किया जाएगा।
- आठवाँ ट्रैक, पंच टेप के प्रारम्भ में अथवा एक ब्लॉक की सूचनाओं के अन्त में पंच किया जाता है।

टैब (TAB), पंच टेप की रिवाइंडिंग को प्रदर्शित करता है। इसके लिए ट्रैक (Track) 2, 3, 4, 5 तथा 6 को पंच किया जाता है। टेप रिवाइंडिंग से पहले प्रक्रिया बन्द हो जाती है तथा मशीन इसकी प्रक्रिया के लिए तैयार हो जाती है । इसी प्रकार

DELETE को प्रदर्शित करने के लिए सभी सातों होल पंच किए जाते हैं। जब कोई कोड गलत पंच हो जाता है, तब उसको निष्प्रभावी (undo) करने के लिए डिलीट (Delete) का प्रयोग किया जाता है। इससे टेप प्रयोग से टेप रीडर पहले करेक्टर को नहीं पढ़ता है, वह सीधे ही अगले करेक्टर का पढ़ता है।

ISO/ASCII CODE : इनका पूरा नाम International Standard Organization/American Standard Code for Information Interchange है।

इसमें 7 Bite तथा 8 छिद्रों का ट्रैक होता है। संख्यात्मक मान = 5th, 6th track में होते हैं। अक्षर = 7th track में होते हैं।

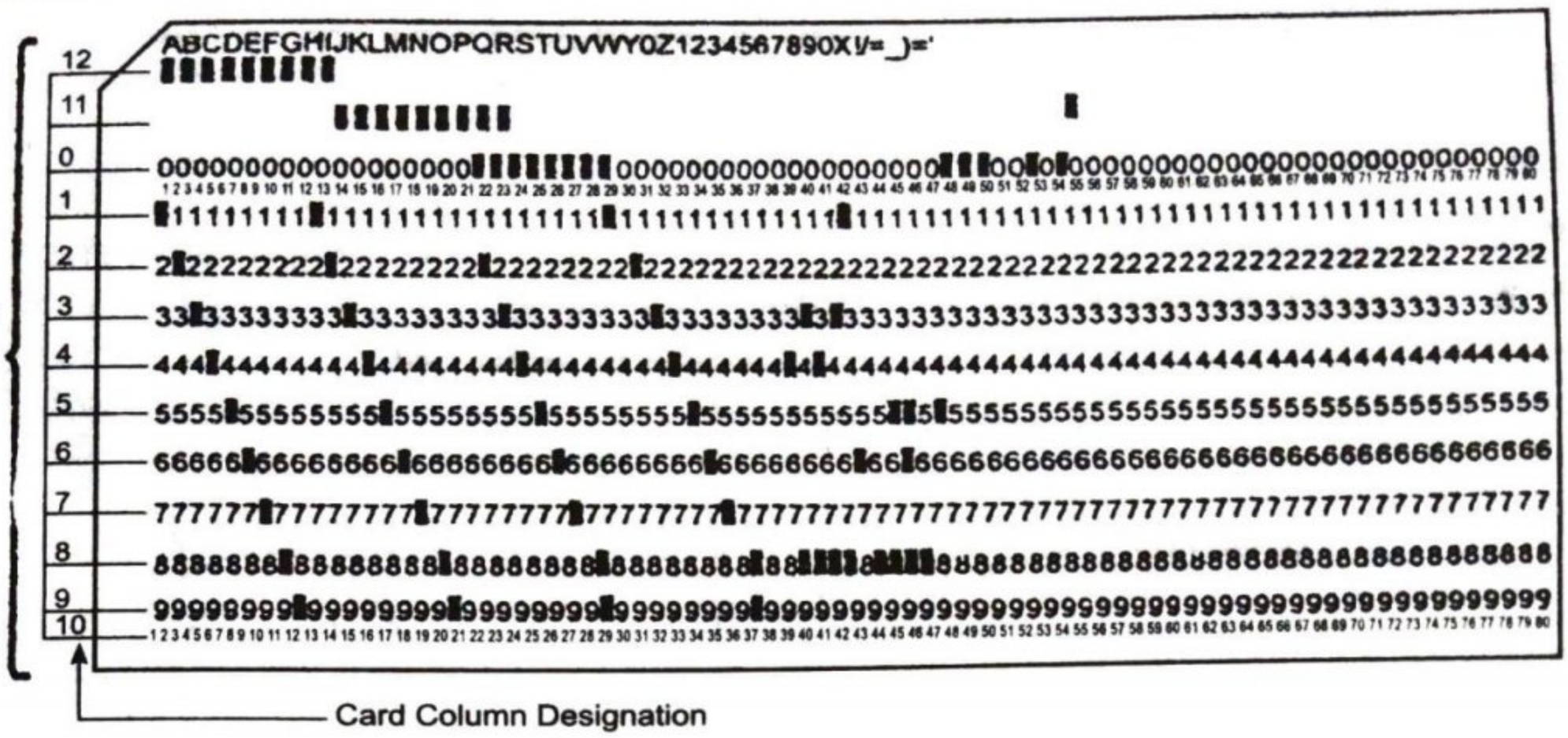
इसमें प्रत्येक Character में पंच किए Hole की संख्या सम होनी चाहिए।

Decimal Equiv.	Binary Representation							Representation in Punched Tape									Character Symbol	Name of Character
								8	7	6	P	4	F	3	2	1		
	b_1	b_4	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1	b_7	b_6	b_5		b_4		b_3	b_2	b_1		SPACE
0	0	0	0	0	0	0	0						●				SP	
1	0	0	0	0	0	0	1						●			●	1	
2	0	0	0	0	0	1	0						●		●		2	
3	0	0	0	0	0	1	1				●		●		●	●	3	
4	0	0	0	0	1	0	0						●	●			4	
5	0	0	0	0	1	0	1				●		●	●		●	5	
6	0	0	0	0	1	1	0				●		●	●	●		6	
7	0	0	0	0	1	1	1						●	●	●	●	7	
8	0	0	0	1	0	0	0						●				8	
9	0	0	0	1	0	0	1						●			●	9	
11	0	0	0	1	0	1	0				●		●	●	●	●	EOB	END OF BLOCK
16	0	0	1	0	0	0	1			●			●			●	O	
17	0	0	1	0	0	0	0			●	●		●				/	OPTICAL BLOCK
18	0	0	1	0	0	1	1			●	●		●		●		S	
19	0	0	1	0	0	1	0			●			●		●	●	T	
20	0	0	1	0	1	0	1			●	●		●	●			U	
21	0	0	1	0	1	0	0			●			●	●		●	V	
22	0	0	1	0	1	1	1			●			●	●	●		W	
23	0	0	1	0	1	1	0			●	●		●	●	●	●	X	
24	0	0	1	1	0	0	1			●	●	●	●				Y	
25	0	0	1	1	0	0	0			●		●	●			●	Z	
26	0	0	1	1	0	1	1			●		●	●		●		BS	BACK SPACE
27	0	0	1	1	0	1	0			●	●	●	●		●	●		COMMA
29	0	0	1	1	1	0	1			●	●	●	●	●		●	TAB	TABULATE
32	0	1	0	0	0	0	0		●				●				–	MINUS SIGN
33	0	1	0	0	0	0	1		●		●		●			●	J	
34	0	1	0	0	0	1	0		●		●		●		●		K	
35	0	1	0	0	0	1	1		●				●		●	●	L	
36	0	1	0	0	1	0	0		●		●		●	●			M	
37	0	1	0	0	1	0	1		●				●	●		●	N	
38	0	1	0	0	1	1	0		●				●	●	●		O	
39	0	1	0	0	1	1	1		●		●		●	●	●	●	P	
40	0	1	0	1	0	0	0		●		●	●	●				Q	
41	0	1	0	1	0	0	1		●			●	●			●	R	
43	0	1	0	1	0	1	1		●		●	●	●		●	●	%	PROGRAMME START
48	0	1	1	0	0	0	0		●		●		●				+	PLUS SIGN
49	0	1	1	0	0	0	1		●				●			●	A	
50	0	1	1	0	0	1	0		●				●		●		B	
51	0	1	1	0	0	1	1		●		●		●		●	●	C	
52	0	1	1	0	1	0	0		●				●	●			D	
53	0	1	1	0	1	0	1		●		●		●	●		●	E	
54	0	1	1	0	1	1	0		●		●		●	●	●		F	
55	0	1	1	0	1	1	1		●				●	●	●	●	G	
56	0	1	1	1	0	0	0		●			●	●				H	
57	0	1	1	1	0	0	1		●		●	●	●			●	I	
58	0	1	1	1	0	1	0		●		●	●	●		●			LOWER CASE
60	0	1	1	1	1	0	0		●		●	●	●	●				UPPER CASE
63	0	1	1	1	1	1	1		●		●	●	●	●	●	●	DEL	DELETE
64	1	1	0	0	0	0	0	●					●				CR	CARRIAGE RETURN
													●					

चित्र 3.12 EIA Code Punch Tape

Decimal Equiv.	Binary Representation							Representation in Punched Tape									Character Symbol	Name of Character
	b_1	b_4	b_3	b_4	b_3	b_2	b_1											
0	0	0	0	0	0	0	0						O				NUL	NULL
8	0	0	0	0	0	0	0	O					O				BS	BACKSPACE
9	0	0	0	0	0	0	0						O			O	TAB	TABULATION
10	0	0	0	0	0	0	0						O		O		LF	END OF BLOCK
13	0	0	0	1	0	0	1	O					O	O		O	CR	CAR RETURN
62	0	1	0	0	0	0	0	O		O			O				SP	SPACE
37	0	1	0	0	0	0	1	O		O			O	O		O	%	PROGRAM START
40	0	1	0	1	0	0	0			O			O				(	CONTROL OUT
41	0	1	0	1	0	0	1	O		O			O			O	)	CONTROL IN
43	0	1	0	1	0	1	1			O			O		O	O	+	PLUS SIGN
45	0	1	0	1	0	0	0			O			O	O		O	–	MINUS SIGN
47	0	1	0	1	1	1	0	O		O			O	O	O	O	/	OPTICAL BLOCK SK
48	0	1	1	0	0	0	0	O		O	O		O				0	
49	0	1	1	0	0	0	1			O	O		O			O	1	
50	0	1	1	0	0	1	0	O		O	O		O		O		2	
51	0	1	1	0	0	1	1			O	O		O		O	O	3	
52	0	1	1	0	1	0	0	O		O	O		O	O			4	
53	0	1	1	0	1	0	1			O	O		O	O		O	5	
54	0	1	1	0	1	1	0			O	O		O	O			6	
55	0	1	1	0	1	1	1	O		O	O		O	O	O	O	7	
56	0	1	1	1	0	0	0	O		O	O	O	O				8	
57	0	1	1	1	0	0	1			O	O	O	O			O	9	ALIGNMENT FUN.
58	0	1	0	1	0	1	0			O	O	O	O		O			
65	1	0	0	0	0	0	1		O				O			O	A	
66	1	0	0	0	0	1	0		O				O		O		B	
67	1	0	0	0	0	1	1	O	O				O		O	O	C	
68	1	0	0	0	1	0	0		O				O	O			D	
69	1	0	0	0	1	0	1	O	O				O	O		O	E	
70	1	0	0	0	1	1	0	O	O				O	O			F	
71	1	0	0	0	0	0	1		O				O	O		O	G	
72	1	0	0	1	0	0	0		O			O	O				H	
73	1	0	0	1	0	0	1	O	O			O	O			O	I	
74	1	0	0	1	0	1	0	O	O			O	O		O		J	
75	1	0	0	1	0	1	1		O			O	O		O	O	K	
76	1	0	0	1	1	0	0	O	O			O	O	O			L	
77	1	0	0	1	1	0	1		O			O	O	O		O	M	
78	1	0	0	1	1	1	0		O			O	O	O	O		N	
79	1	0	0	1	1	1	1	O	O			O	O	O	O	O	O	
80	1	0	1	0	0	0	0		O		O		O				P	
81	1	0	1	0	0	0	1	O	O		O		O			O	Q	
82	1	0	1	0	0	1	0	O	O		O		O		O		R	
83	1	0	1	0	0	1	1		O		O		O		O	O	S	
84	1	0	1	0	1	0	0	O	O		O		O	O			T	
85	1	0	1	0	1	0	1		O		O		O	O		O	U	
86	1	0	1	0	1	1	0		O		O		O	O	O		V	
87	1	0	1	0	1	1	1	O	O		O		O	O	O	O	W	
88	1	0	1	1	0	0	0	O	O		O	O	O				X	
89	1	0	1	1	0	0	1		O		O	O	O			O	Y	
90	1	0	1	1	0	1	0		O		O	O	O		O		Z	
127	1	1	1	1	1	1	1	O	O	O	O	O	O	O	O	O	DEL	DELETE

चित्र 3.13 : ISO/ASCI Code



चित्र 3.14 Punched Card

प्रमुख तंत्र निम्नलिखित हैं—

(i) पंच कार्ड (Punch Card)

(ii) पंच टेप (Punch Tape)

(iii) मैग्नेटिक टेप (Magnetic Tape)

(iv) फ्लॉपी डिस्क (Floppy Disk)

(i) पंच कार्ड (Punch Card)—यह $7\frac{3}{8}'' \times 3\frac{1}{4}''$ का होता है। इसकी आकृति भारतीय पोस्ट कार्ड के समान होती है। यह मजबूत पेपर का बना होता है तथा इसमें 12 Rows और 80 Columns होते हैं।

(ii) पंच टेप (Punch Tape)—यह 1" या 25·4 mm चौड़ाई का होता है। इसमें 8 चैनल होते हैं। यह 8" व्यास के रोल में उपलब्ध होता है। इसमें 1 लाख कैरेक्टर रिकार्ड किए जाते हैं। पंच टेप बनाने के लिए निम्न पदार्थ का प्रयोग किया जाता है—

- पेपर (Paper)
- माइलर (Mylar)
- फॉयल (Foil)

पेपर (Paper)—सबसे सस्ता होता है।

कई रंगों में उपलब्ध होता है।

कलर कोडिंग भी किया जा सकता है।

दो प्रकार का होता है—तेलीय (Oiled)

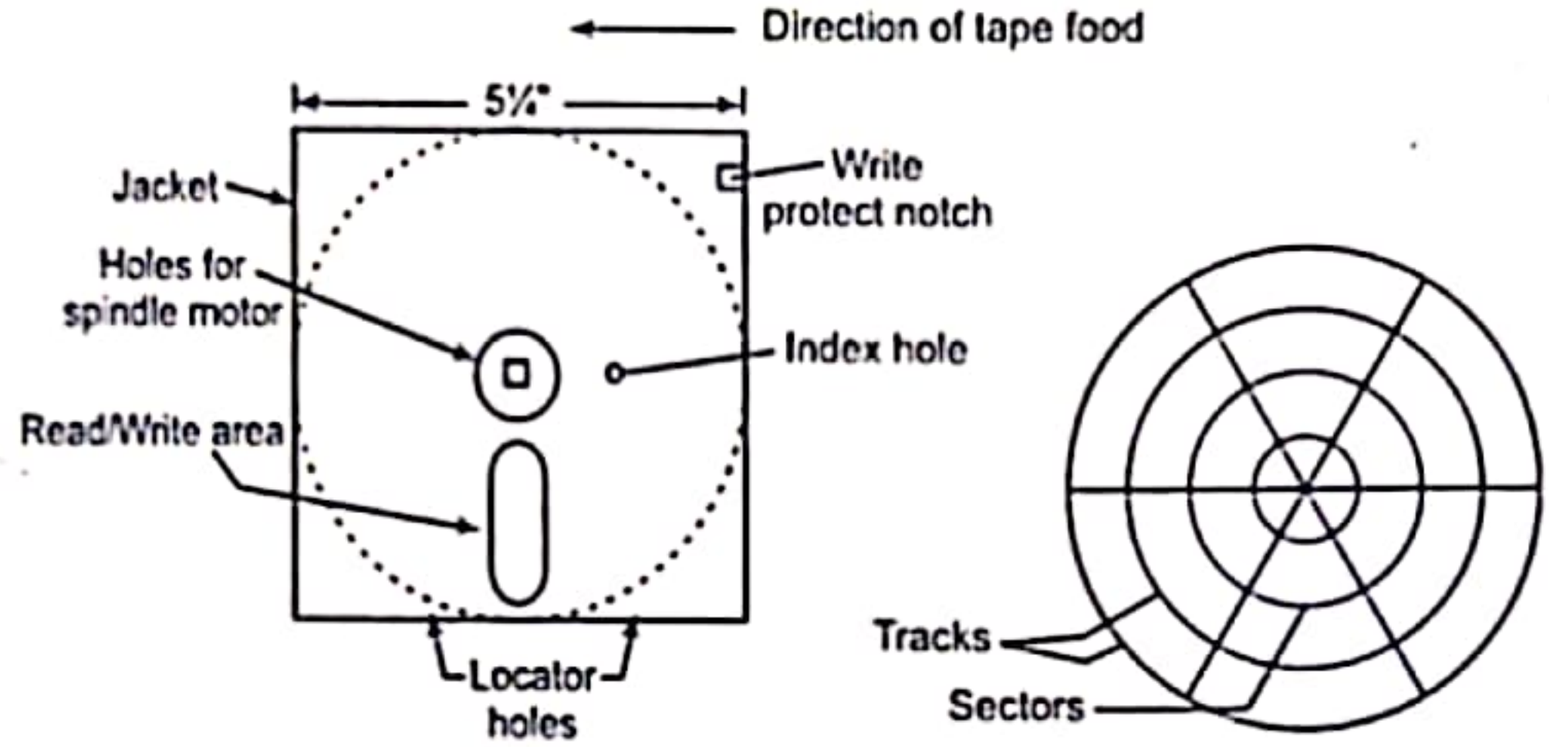
अतेलीय (Non-oiled)

माइलर (Mylar)—यह प्लास्टिक जैसा पदार्थ होता है। टेप को मजबूती प्रदान करने के लिए प्रयोग किया जाता है।

फॉयल (Foil)—जिन मशीनों में Optical Reader लगे होते हैं वहाँ फॉयल का प्रयोग किया जाता है। सामान्यत: ऐल्यूमिनियम फॉयल का प्रयोग किया जाता है। यह अपेक्षाकृत महँगी होती है।

(iii) मैग्नेटिक टेप (Magnetic Tape)—प्लास्टिक टेप पर ब्राउन कलर (Brown Colour) के गामा ऑक्साइड (Gamma Ferric Oxide) की परत चढ़ाकर मैग्नेटिक टेप तैयार किया जाता है। इसमें छोटे-छोटे चुम्बकीय बनाकर डेटा रिकार्ड किया जा सकता है।

(iv) फ्लॉपी डिस्क (Floppy Disk)—यह माइलर की एक डिस्क होती है जिस पर चुम्बकीय ऑक्साइड (Magnetic Ferric Oxide) की एक परत चढ़ी होती है जिसमें डेटा रिकार्ड किए जाते हैं। यह सैक्टरों में विभ होती है जिस पर ट्रैक बना होता है। इसमें समय की बचत अधिक होती है।

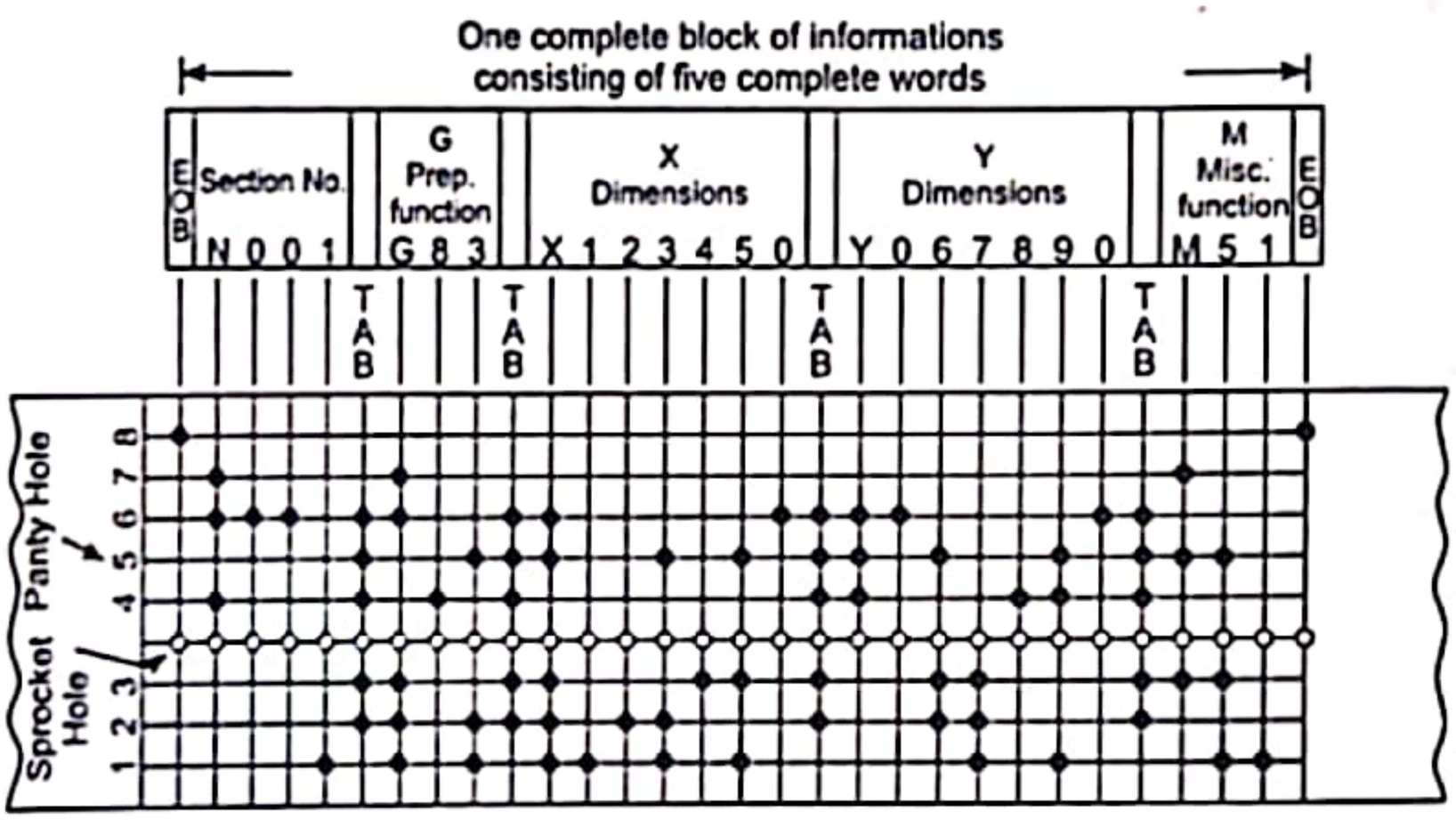


चित्र 3.15

सूचना का ब्लॉक (Block of Information)

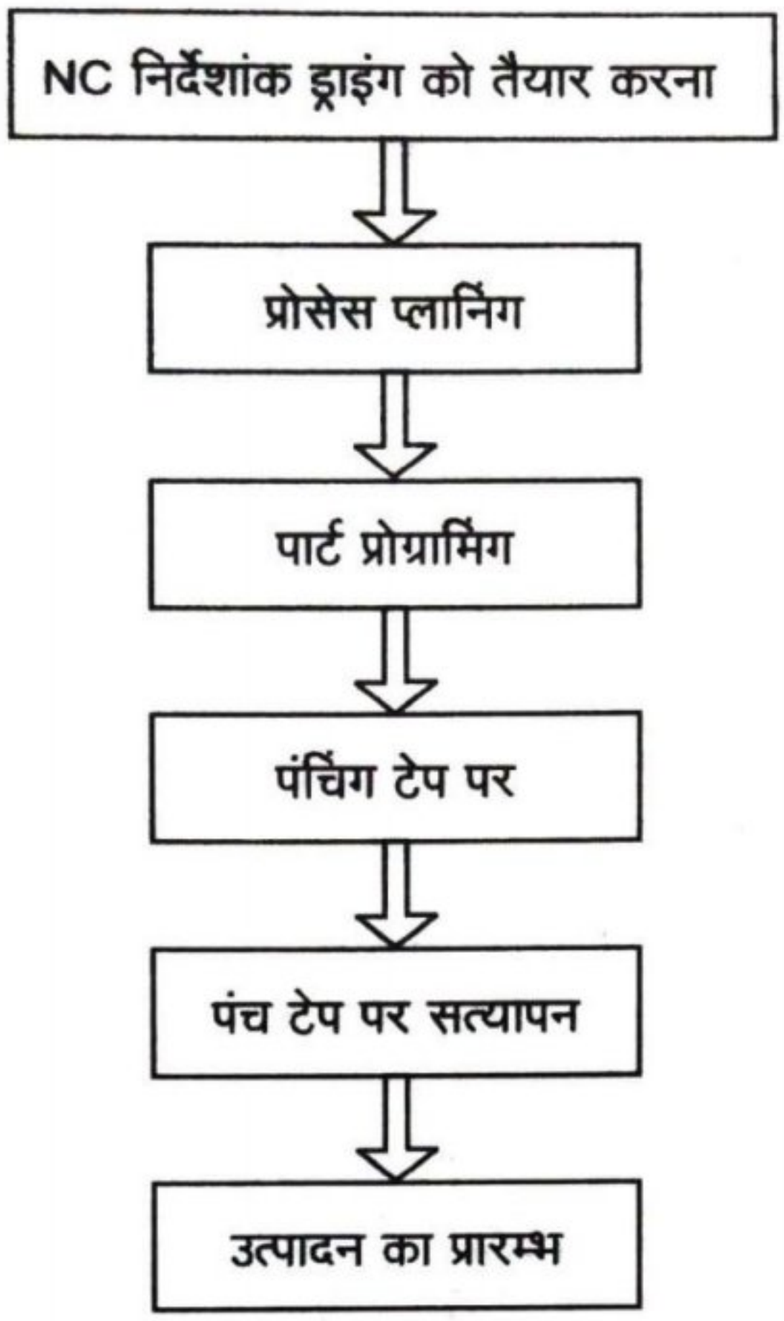
ब्लॉक का निर्माण मशीनों के बारे में सम्पूर्ण जानकारी देने के लिए किया जाता है। ब्लॉक विभिन्न शब्दों का संयुक्त होता है। ब्लॉक में कम-से-कम 5 शब्द आवश्यक होते हैं।

व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 3.16 Block of Information Punched on Tape

3.7 पार्ट प्रोग्रामिंग में प्रयुक्त चरण (Steps in Part Programming)



चित्र 3.17

3.8 पार्ट प्रोग्रामिंग के प्रकार (Types of Part Programming)

पार्ट प्रोग्राम निर्देशों का क्रम होता है। पार्ट प्रोग्राम कटाई प्रक्रमों का क्रम होता है जिसे क्रियान्वित किया जाता है। पार्ट प्रोग्राम को मशीन कंट्रोल यूनिट (MCU) में भेजा जाता है जिससे मशीन टूल प्रक्रमों को सम्पन्न करता है।

विभिन्न मशीनिंग डाटा हैं—

- ➤ कटाई प्रक्रम का क्रम
- ➤ टूल स्टार्ट करने की स्थिति
- ➤ कटाई की गहराई
- ➤ टूल पथ
- ➤ स्पिण्डल स्पीड
- ➤ फीड रेट
- ➤ कूलेन्ट का प्रवाह दर
- ➤ कटाई टूल का चयन आदि।

पार्ट प्रोग्रामिंग के प्रकार—

(i) मैनुअल पार्ट प्रोग्रामिंग (Manual Part Programming)

(ii) कम्प्यूटर एडेड पार्ट प्रोग्रामिंग (Computer Aided Part Programming)

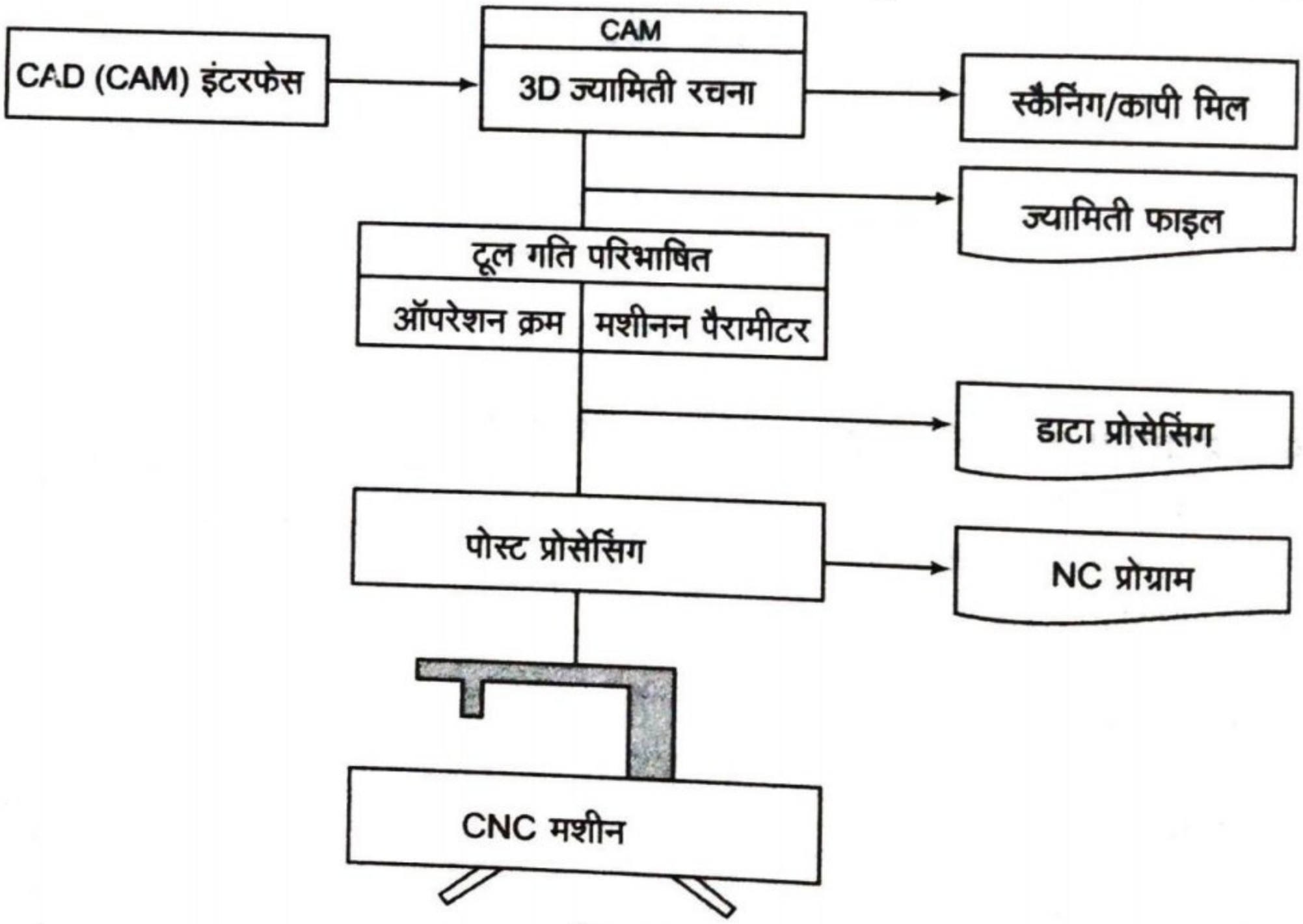
(i) मैनुअल पार्ट प्रोग्रामिंग (Manual Part Programming)—इसमें प्रोग्राम की सहायता से पार्ट प्रोग्राम को मैनुअल विधि से स्टैण्र्ड रूप में तैयार किया जाता है। इस प्रोग्राम को फ्लेक्सो राइटर (Flexo writer) की सहायता से तैयार किया जाता है। यह प्रोग्रामिंग बिन्दु-से-बिन्दु (point to point) मशीन टूल तंत्र के लिए उपयोगी है। इसमें प्रोग्रामर को कटाई प्रक्रम के सभी प्रचालन आँकड़ों का ज्ञान आवश्यक होता है।

(ii) कम्प्यूटर एडेड पार्ट प्रोग्रामिंग—इसमें सॉफ्टवेयर की सहायता से प्रोग्रामिंग की जाती है। प्रोग्रामर कम्प्यूटर पर कम्प्यूटर की भाषा में प्रोग्रामिंग करता है जो मशीन कंट्रोल यूनिट को भेजी जाती है। कम्प्यूटर की भाषा शब्दों पर आधारित होती है।

विभिन्न कम्प्यूटर भाषा निम्नलिखित है—

- APT (Automatically Programmed Tools)
- AUTSPOT
- SPLIT
- ADAPT

इसमें प्रोग्रामर केवल ज्यामिति निर्धारित करता है, बाकी सभी गणना कम्प्यूटर सॉफ्टवेयर स्वयं कर लेता है।

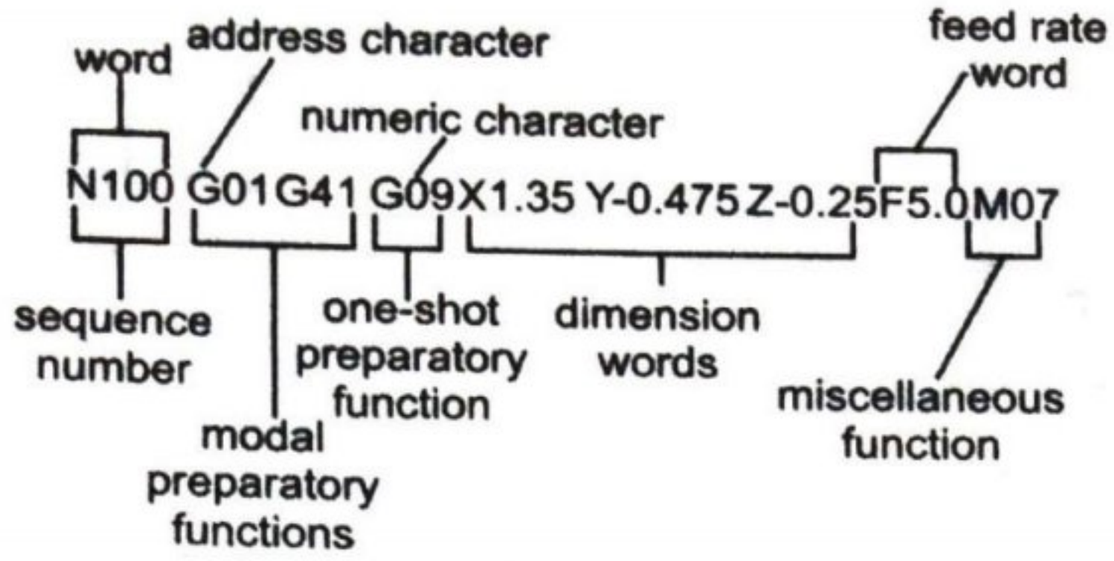


चित्र 3.18

3.9 पार्ट प्रोग्रामिंग फॉरमेट (Part Programming Format)

सभी NC प्रोग्राम को कोड की लाइनों में तैयार करते हैं जिसे हम ब्लॉक कहते हैं।

NC ब्लॉक का आरेख निम्न है—



चित्र 3.19

ब्लॉक में प्रयुक्त विभिन्न शब्द निम्नलिखित हैं—

(i) **N-शब्द**—N-शब्द का प्रयोग ब्लॉक को संख्या प्रदान करने के लिए किया जाता है। उदाहरण के लिए पहले ब्लॉक को N_1 से तथा दूसरे ब्लॉक को N_2 से प्रदर्शित किया जाता है। प्रोग्राम करते समय दो ब्लॉक के बीच दूरी (गैप) आवश्यक होता है जिससे प्रोग्राम में बदलाव की सम्भावना बनी रहे।

(ii) **G-Words**—यह Preparatory codes होते हैं। यह मशीनिंग प्रक्रम को नियंत्रित करने के लिए प्रयोग की जाती है।

उदाहरण के लिए—

GO3 = Circular interpolation in counterclockwise direction.

(iii) **X, Y, Z Words**—यह टूल की स्थिति के निर्देशांक को प्रदर्शित करता है। यह absolute co-ordinate होता है।

(iv) **I, J, K Words**—इन शब्दों का प्रयोग incremental positions or coordinates को परिभाषित करने के लिए किया जाता है।

(v) **F-Words**—इसका उपयोग टूल की भरण दर (feed rate) को परिभाषित करने में किया जाता है। इसका मात्रक mm/min, inch/min, mm/rev, inch/rev होता है।

(vi) **S -Words**—यह स्पिण्डल के घुमाव को प्रदर्शित करता है। उदाहरण S 100 अर्थात् स्पिण्डल की गति 1000 rpm है।

(vii) **T-Words**—यह टूल को परिभाषित करता है। उदाहरण के लिए T_1, T_2, T_3 अलग-अलग तीन टूल हैं।

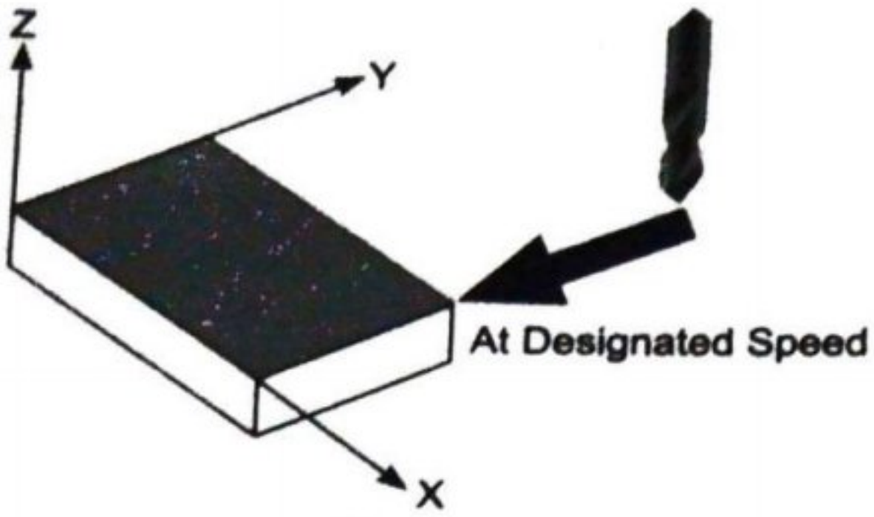
(viii) **M-Words**—Miscellaneous मशीन प्रक्रम को M-शब्द द्वारा परिभाषित किया जाता है।

उदाहरण के लिए—MO3 = Turning of Machine Spindle

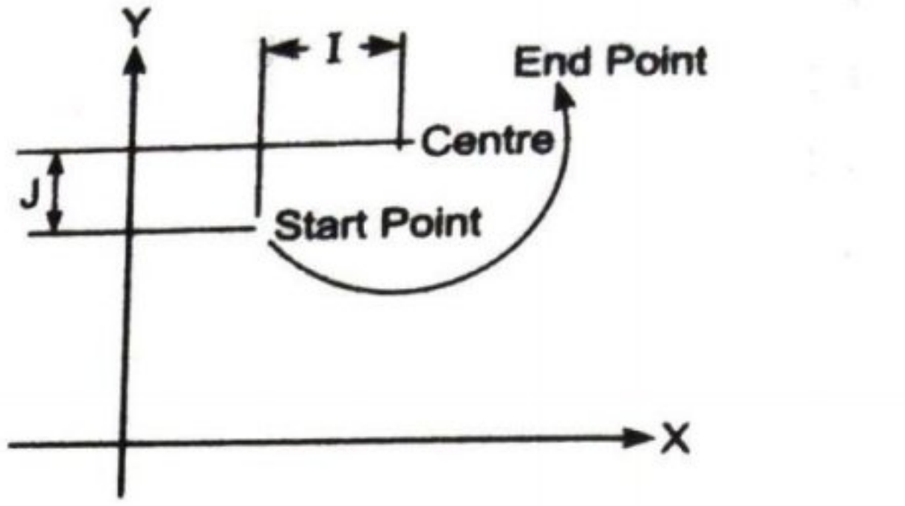
(ix) **EOB**—यह End of Block होता है। इसका मतलब एक ब्लॉक के अंत से होता है।

(x) **Semi Colon (;)**—EOB के स्थान पर कभी-कभी ; का प्रयोग किया जाता है।

रेखीय इन्टरपोलेशन (Linear Interpolation)



चित्र 3.20



चित्र 3.21 Counter Clockwise Ciruciar Interpolation

G-शब्दों की सूची

G00	—	Positioning at rapid speed
G01	—	Linear interpolation (machining a straight line)
G02	—	Circular interpolation clockwise (machining arcs)
G03	—	Circular interpolation, counterclockwise
G04	—	Dwell or rest period
G09	—	Exact stop
G10	—	Setting offsets in the program
G12	—	Circular pocket milling, clockwise
G13	—	Circular pocket milling, counterclockwise
G17	—	X-Y plane for arc machining
G18	—	Z-X plane for arc machining
G19	—	Z-Y plane for arc machining
G20	—	Inch units
G21	—	Metric units
G27	—	Reference return check
G28	—	Automatic return through reference point
G29	—	Move to location through reference point
G31	—	Skip function
G32	—	Thread cutting
G33	—	Thread cutting
G40	—	Cancel diameter offset or Cancel tool nose offset
G41	—	Cutter compensation left or Tool nose radius compensation left
G42	—	Cutter compensation right or Tool nose radius compensation right
G43	—	Tool length compensation

G44	—	Tool length compensation cancel; Mill (sometimes G 49)
G50	—	Set coordinate system and maximum RPM
G52	—	Local coordinate system setting
G53	—	Machine coordinate system setting
G54~G59	—	Workpiece coodinate system settings #1 to #6
G61	—	Exact stop check
G65	—	Custom macro call
G70	—	Finish cycle
G71	—	Rough turning cycle
G72	—	Rough facing cycle
G73	—	Irregular rough turning cycle
G73	—	Chip break drilling cycle
G74	—	Left hand tapping
G74	—	Face grooving or chip break drilling
G75	—	OD groove pecking
G76	—	Fine boring cycle
G76	—	Threading cycle
G80	—	Cancel cycles
G81	—	Drill cycles
G82	—	Drill cycles with dwell
G83	—	Check drilling cycle
G84	—	Tapping cycle
G85	—	Bore in, bore out
G86	—	Bore in, rapid out
G87	—	Back boring cycle
G90	—	Absolute programming
G91	—	Incrermental programming
G92	—	Reposition origin point
G92	—	Thread cutting cycle
G94	—	Per minute feed; Mill
G95	—	Per revolution feed; Mill
G96	—	Constant surface speed control; Lathe
G97	—	Constant surface speed cancel
G98	—	mm per minute feed; Lathe
G99	—	mm per revolution feed; Lathe

M-शब्दों की सूची

M00	—	Program stop
M01	—	Optional program stop
M02	—	Program end
M03	—	Spindle on clockwise
M04	—	Spindle on counterclockwise
M05	—	Spindle off
M06	—	Tool change
M08	—	Coolant on
M09	—	Coolant off
M10	—	Chuck or rotary table clamp
M11	—	Chuck or rotary table clamp off
M13	—	Spindle start in clockwise direction and turn coolant ON
M14	—	Spindle start in counterclockwise direction and turn coolant ON
M17	—	Both spindle and coolant off
M19	—	Orient spindle
M30	—	Program end, return to start
M37	—	Mirror image about X-axis
M38	—	Mirror image about Y-axis
M39	—	Mirror image off
M60	—	Pallet change
M97	—	Local sub-routine call; Lathe and Mill
M98	—	Sub-program call; Lathe and Mill
M99	—	End of sub-program; Lathe and Mill

3.10 G-कोड का विवरण (Description of G-codes)

विभिन्न G कोड निम्नलिखित हैं—

(i) GOO—इसे Rapid Transverse कहते हैं। इसका उपयोग टूल को निश्चित लोकेशन पर Rapidly (तेजी से) जाने में किया जाता है।

उदाहरण के लिए—किसी टूल को यदि निम्न (5, 10, 5) को निर्देशांक में भेजना हो तो निम्न प्रकार से G कोड को प्रदर्शित करेंगे—

GOO×5, Y10, Z5

(ii) GO11—इसे रेखीय interpolation के लिए प्रयोग किया जाता है।

उदाहरण के लिए -किसी tool को भरण पर 50 के लिए निम्न कमान्ड दिया गया है—

$$x = 5,\ y = 10, z = 5$$

GO1 X5, Y10, Z5, F50

(iii) GO2 & GO3—इसे Circular एवं Helical Interpolation के लिए प्रयोग किया जाता है।

GO_2 Clockwise Circular Interpolation के लिए प्रयोग किया जाता है।

GO_3 Counter Clockwise Circular Interpolation के लिए प्रयोग किया जाता है।

(iv) GO4—इसे DWELL CODE कहा जाता है। यह मशीन ऑपरेशन में Delay के लिए प्रयोग किया जाता है। उदाहरण के लिए किसी मशीन में 3 sec का Delay है तो— GO4 × 3

(v) यह code setting tool offset के लिए प्रयोग किया जाता है।

यह निम्न कार्यों के लिए प्रयोग किया जाता है—

- Tool wear डाटा को अंकित करने के लिए।
- कार्य निर्देशांक निकाय में परिवर्तन के लिए।

(vi) G20, G21—यह measure units होती है।

G20 Inch command के लिए प्रयोग किए जाते हैं।

G 21 Metric command के लिए प्रयोग किए जाते हैं।

(vii) G40-G42—इन कोडों को cutter compensation कोड कहते हैं। इन कोडों का प्रयोग दो प्रयोजनों के लिए किया जाता है—

(a) इसका प्रयोग तब किया जाता है जब प्रोग्राम की विमायें तथा पार्ट सतह समान होता है। इसमें निकाय व्यवस्थित टूल-पथ की गणना करता है जिसके लिए पार्ट सतह तथा टूल व्यास सूचनाओं का प्रयोग किया जाता है।

(b) Cutter compensation टूल के प्रदत्त तथा वास्तविक व्यास के अंतर को सही करता है।

- **Cutter compensation off**

इसके लिए G40 का प्रयोग किया जाता है।

- **Cutter compensation left**

इसके लिए G41 का प्रयोग किया जाता है।

- **Cutter compensation right**

इसके लिए G42 का प्रयोग किया जाता है।

(viii) G43, G44, G49—यह tool length offset के लिए प्रयोग किया जाता है।

G43 : Positive tool length compensation

G44 : Negative tool length compensation

G49 or H00 : Used for immediately cancels the offsets.

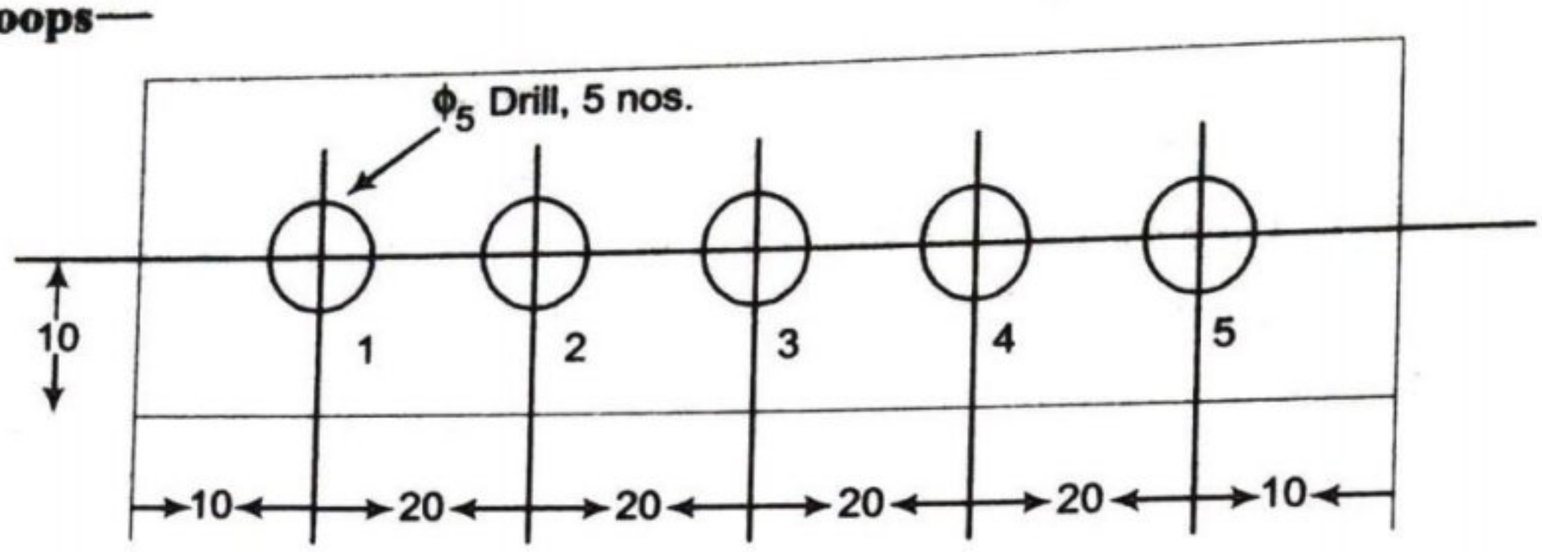
(ix) Fixed Cycle/Canned Cycle—यह मशीनों की गति का संयुक्त रूप होता है जिसके द्वारा विभिन्न मशीनन प्रक्रम जैसे ड्रिलिंग, बोरिंग, मिलिंग, टेपिंग आदि, canned cycle प्रोग्रामर को उपरोक्त मशीनन प्रक्रम G-कोड की सहायता से सम्पन्न करने में मदद करता है। जिससे विभिन्न command से छुटकारा मिल जाता है। canned cycle बहुत लचीला होता है जिससे प्रोग्राम को किसी भी समय पर टोका या परिवर्तित किया जा सकता है।

उदाहरण के लिए G-81 मिलिंग तथा ड्रिलिंग के लिए प्रयुक्त होता है।

(x) Macro Programming—इसके अन्तर्गत shorting code आते हैं जो पुनरावृत्ति task को त्वरित सम्पन्न करता है। सभी canned प्रक्रम macro programming के अन्तर्गत आते हैं।

(xi) Subroutine—यह प्रोग्राम का हिस्सा होता है जो अपने आप में पूर्ण होता है। जिसमें विभिन्न डाटा को स्टोर करता है।

(xii) Do Loops—



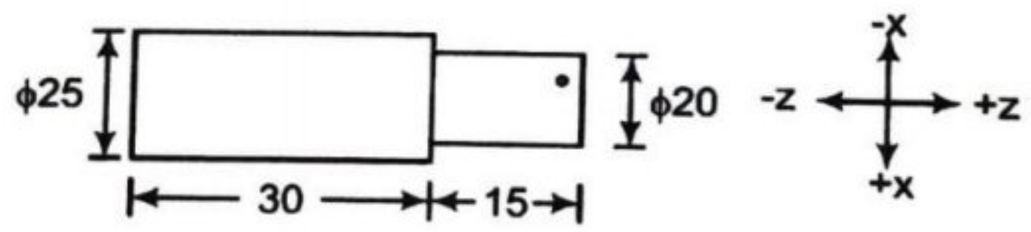
चित्र 3.23

यह इन्क्रीमेन्टल मोड में कार्य करता है तथा धनात्मक विस्थापन करता है।

(xiii) Tool wear compensation—हम जानते हैं कि क्रिया के दौरान टूल में टूट-फूट होती है जिस कारण से टूल की आयु घटती है। जिस कारण से टूल को कम्पन्सेशन प्रदान किया जाता है। सामान्यत: टूल वियर ऑफसेट को ''T'' द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। इसकी सहायता से टूल की गति, फीड आदि नियन्त्रित किया जाता है।

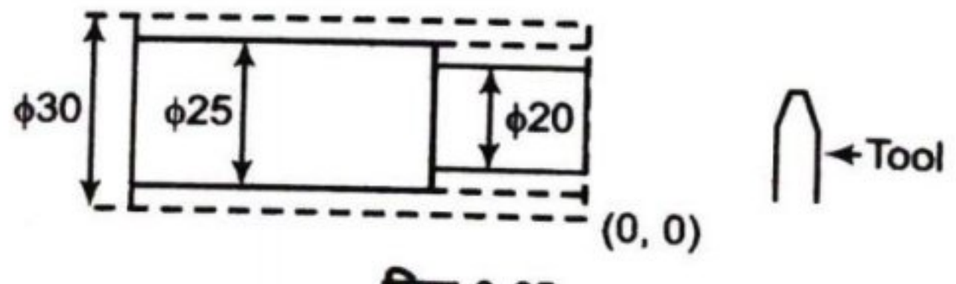
हल सहित उदाहरण

1. 30 mm diameter के एक शाफ्ट से स्टेप्ड शाफ्ट दिए गए विमाओं के अनुसार बनाइए। भरण 30 mm/min तथा चाल = 200 rpm लीजिए। पार्ट प्रोग्राम भी लिखिए।



चित्र 3.24

हल—टूल की प्रारम्भिक स्थिति है—



चित्र 3.25

NC Part Programming निम्न हैं—

N01	G21	G90	G92 × 5·0	Z5·0
N02	M03	S2500		
N03	G00	X 0·0	Z 2·0	
N04	G01	X – 1·0	Z – 45·0	F30
N05	G00	X 0·0	Z2·0	
N06	G01	X – 2·0	Z - 45·0	

N07	G00	X 0·0	Z 2·0
N08	G01	X – 2·5	Z – 45·0
N09	G00	X0·0	Z2·0
N10	G01	Z – 3·5	Z – 15·0
N11	G00	X 0·0	Z 2·0
N12	G01	X – 4·5	Z – 15·0
N13	G00	X 0·0	Z 2·0
N14	G01	X – 5·0	Z – 15·0
N15	G00	X 5·0	Z 5·0
N16	M05	M30	

Part Programming का विवरण निम्न है—

N01 → Absolute dimensioning in mm, define axis

N02 → Spindle start clockwise

N03 → Rapid transverse of tool to Z = 2 mm for clearance

N04 → Make depth of cut = 1·0 mm

N05 → Tool retrieves back to start position

N06 → Make depth of cut = 1·0 mm

N07 → Tool retrieves back to start

N08 → Depth of cut = 0·5 mm

N09 → Tool retrieves back to start position

N10 → Make depth of cut = 1·0 for 15 mm length

N11 → Tool retrieves back to start

N12 → Depth of cut for 15 mm length

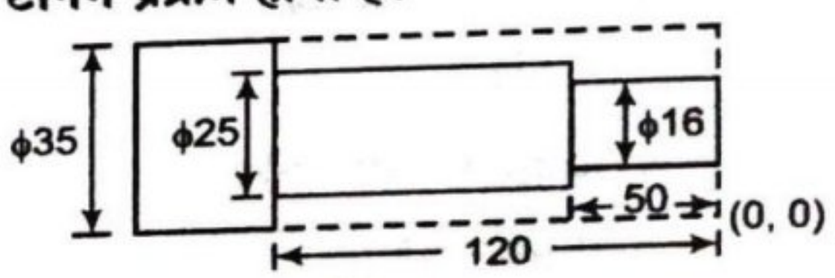
N13 → Tool retrieves back to start

N14 → Make final cut for dia. 20 mm

N15 → Rapid movement of tool to start position

N16 → Spindle steps, end of program, machine strips

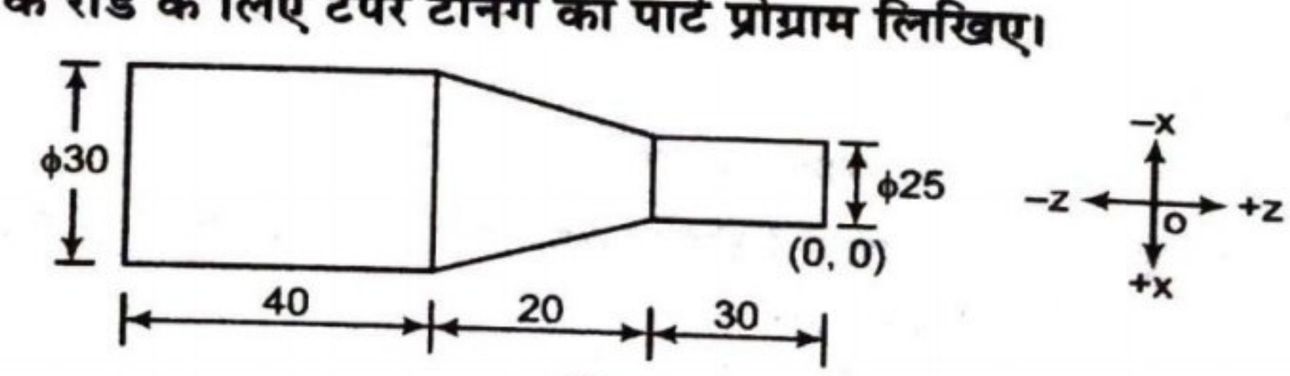
2. दिए गए आरेख की सहायता से पार्ट प्रोग्राम लिखिए यदि रॉड का व्यास 35 mm है तथा चाल 1000 rpm तथा 10 mm/min भरण है। रॉड पर टर्निंग प्रक्रम होना है।



चित्र 3.26

N01	G90	G11 G94;	Absolute dimensioning
N02	M03	1000;	Spindle starts
N03	G01	X – 17·5 Z0 F10;	Facing operation with feed
N04	G00	X0 Z0;	Retrieval of tool
N05	G01	X0 Z – 120;	First cut along length
N06	G00	X1 Z1;	Retrieval of tool
N07	G00	X – 2;	Move tool for depth of cut = 2 mm
N08	G01	Z – 120;	Make depth of cut along length = 120 mm
N09	G00	X0 Z0;	Retrieval of tool back
N10	G01	X – 4;	Move tool for depth of cut = 2 mm
N11	G01	X – 120;	Depth out along length 120 mm
N12	G00	X0 Z0;	Rapid retrieval of tool
N13	G01	X – 5;	Move tool for depth for cut = 1 mm
N14	G01	X – 120 ;	Make depth of cut along 120 mm
N15	G00	X0 Z0;	Retrieval of tool back
N16	G01	X – 7;	Prepare tool for depth of cut = 2 mm
N17	G01	Z – 50;	Make depth of cut along 50 mm
N18	G00	X0 Z0;	Retrieval of tool
N19	G01	X – 9;	Move tool for depth cut = 2 mm
N20	G01	Z – 50;	Make depth of cut along 50 mm
N21	G00	X0 Z0;	Retrieval of tool
N21	G01	X – 9·5;	Final cut tool movement
N22	G01	X – 50;	Final turning of length = 50 mm
N23	G00	X2 Z2;	Rapid movement of tool for clearance
N24	M05	M30;	Spindle and M/C ships

3. 30 cm व्यास के रॉड के लिए टेपर टर्निंग का पार्ट प्रोग्राम लिखिए।



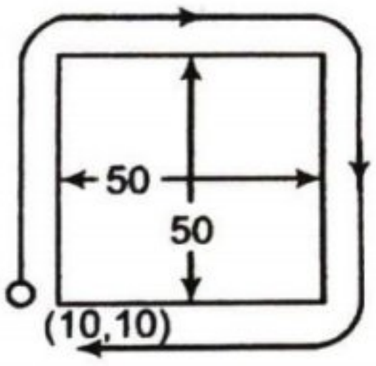
चित्र 3.27

N01	G90	G71 G94;	Absolute dimensions
N02	M03	S1000;	Spindle starts
N03	G00	X–15 Z0 F10;	Facing operation with feed = 10
N04	G00	X5;	Rapid movement for clearance

```
N05   G01   X–2·5   Z0;      Move tool for depth cut = 2·5 mm
N06   G01   Z–30;            Depth of cut along 30 mm length
N07   G01   X0  Z–50;        Taper turning operation
N08   G01   Z–90;            Turning for remaining 40 mm
N09   G00   X5 Z5;           Retrieval of tool
N10   M05   M30;             Spindle and mk stops
```

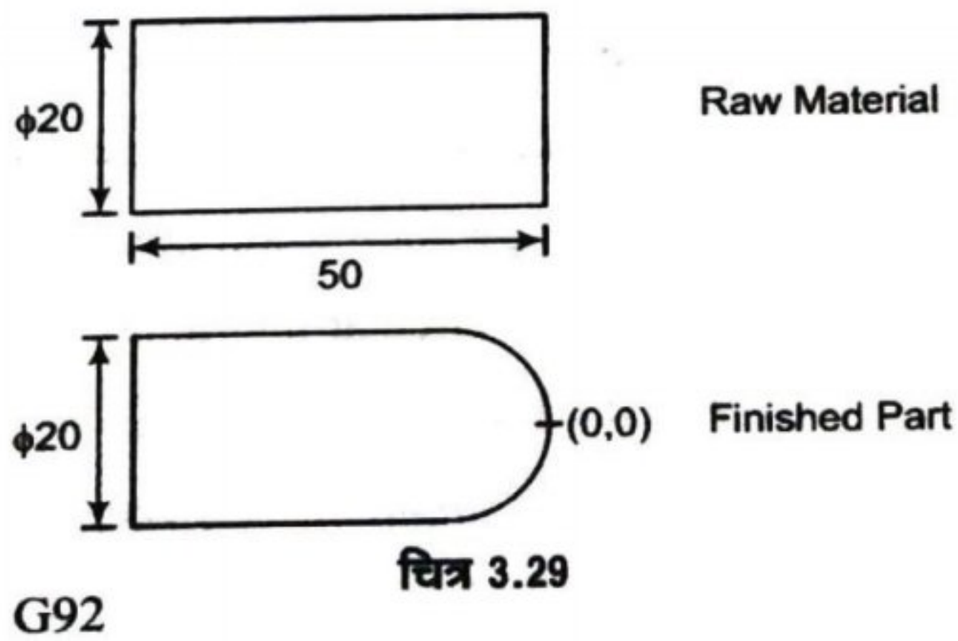
4. 50 × 50 mm वर्गाकार में मिलिंग प्रक्रम होना है 10 mm अंत वाले मिलिंग कटर की सहायता से। ड्राइंग आरेख द्वारा प्रदर्शित है। पार्ट प्रोग्राम लिखिए।

```
N01   G90   G41;              Absolute dimension, tool cutter compensation
N02   M03   S1000   F10;      Spindle on, feed and speed
N03   G00   X10·0   T10·0;   Move to lower left corner
N04   G01   Z–10·0;          Move tool downwards
N05   G01   Y60·0;           Cut to upper left corner
N06   G01   X60·0;           Cut to upper right corner
N07   G01   Y10·0;           Move to lower right corner
N08   G01   X10·0;           Move to lower left corner
N09   Z100;                  Lift the tool
N10   G40;                   End tool radius compensation
N11   M30;                   Ship M/C
```



चित्र 3.28

5. दिए गए आरेख का पार्ट प्रोग्राम लिखिए।



चित्र 3.29

```
N010   G21   G90   G92
N020   M03   S1000
N030   G01   Z2·0
N040   G02   X10·0   Z–10·0   R10·0   F20
N050   G01   X10·0   Z–50·0   F20
N060   G00   X0·0    Z2·0
N070   M05   M30
```

Part Programming का विवरण—

N010 → Dimensioning in mm. absolute

N020 → Spindle start with speed 1000 rpm

N030 → Tool moves to Z = 2·0

N040 → Circular interpolation clockwise with R = 10

N050 → Linear interpolation for turning

N060 → Rapid transverse to target point

N070 → Spindle and machine stops, end of program.

6. एक कार्यखण्ड में अंत:मिलिंग प्रक्रम सम्पन्न हो रहा है। प्रक्रम के दौरान निम्न आँकड़े प्राप्त हो रहे हैं—

अंत: मिलिंग का व्यास = 25 mm

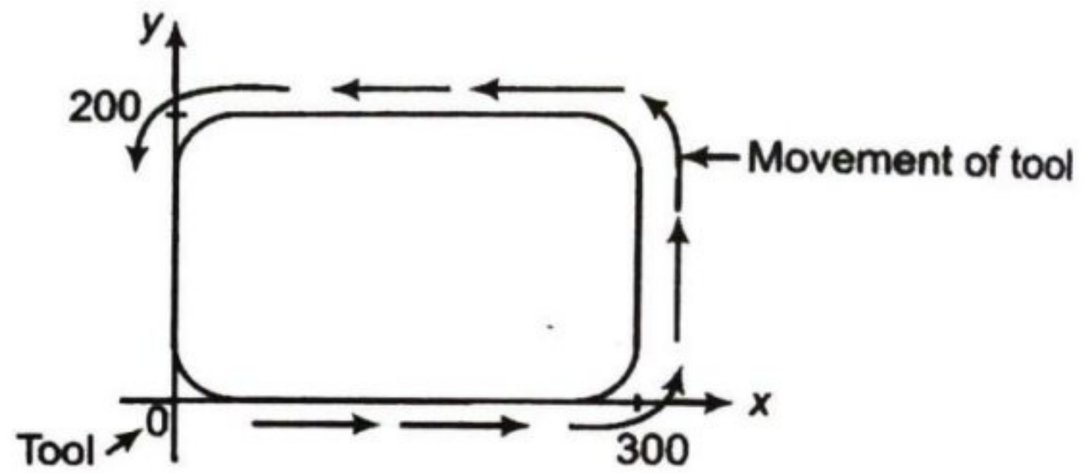
भरण दर = 50 mm/min

$x = -20$ mm

$y = -20$ m

$z = 10$ mm

उपरोक्त का पार्ट प्रोग्राम लिखिए।

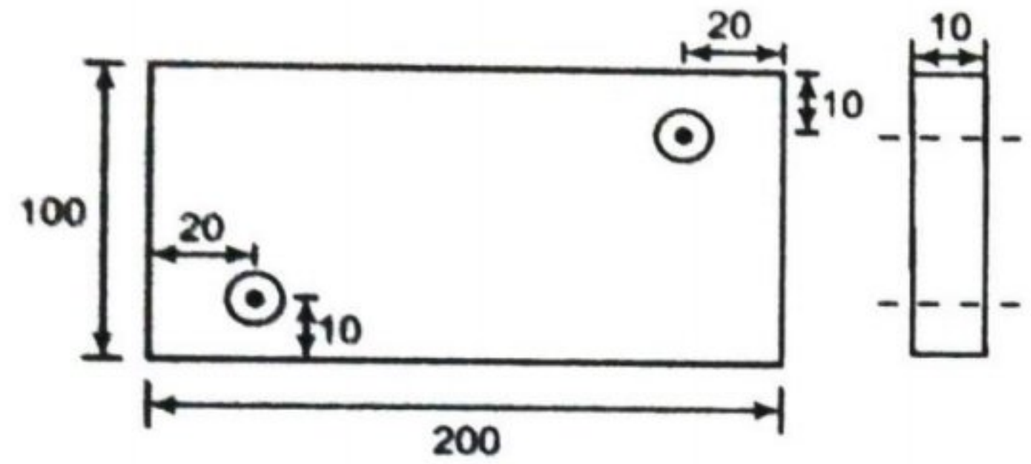


चित्र 3.30 End milling operation

Solution :

Part Program	Explanation of Program
N010 G21 G90	Absolute dimensioning in mm
N020 G92 X–20 Y–20 Z10	Defining origin point
N030 G00 Z–20 S1000 M03	Rapid movement to depth, spindle starts with $S = 1000$ rpm
N040 G01 G94 G4 X275 Y0 D4 F50	Cutter starting point, save cutter diameter in register no. 4
N050 G01 X275 Y0·0	Milling operation lower edge
N060 G17 G03 X300 Y25 R25	XY plane, circular interpolation in counterclockwise direction
N070 G01 X300 Y175	Milling for right edge
N080 G17 G03 X275 Y200 R25	XY plane, circular interpolation in anticlockwise direction
N090 G01 X25 T200	Milling for top edge
N100 G17 G03 X0 Y175 R25	XY plane, circular interpolation in anticlockwise direction
N110 G01 X0 Y25	Milling of left edge
N120 G17 G03 X25 Y0 R25	Circular interpolation in XY plane in anticlockwise direction
N130 G00 G40 X0 Y–20	Rapid exit from part with cancel offset compensation
N140 M05 M30	Spindle strip, end of program mill stops

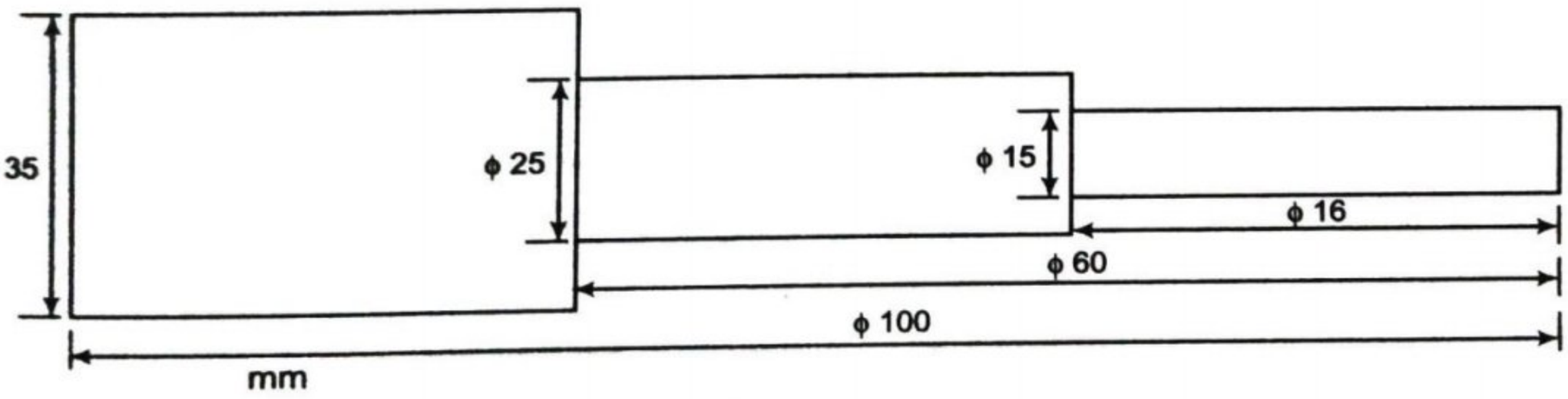
7. एक कार्यखण्ड की विमाएँ हैं 200 mm × 10 mm × 10 mm। इस कार्यखण्ड पर ड्रिलिंग मशीन की सहायता से दो छिद्र करना है जिसका व्यास 10 mm है तथा टूल की स्थिति (–20, – 20, 10) है।



चित्र 3.31 Drilling workpiece

Solution :

Part Program	Explanation of Program
N00 G21 G90	Absolute dimensioning in mm
N05 G92 X–20 Y–20 Z10	Defining axis origin
N10 M03 S1000	Spindle start
N15 G01 X20 Y10 Z10	Move tool to first hole location 10 mm above W/P
N20 G01 G95 Z–20 F0·20	Feed in per revolution drill hole by moving tool downwards
N25 G01 Z10	Move tool upwards
N30 G00 X180 Y80	Move tool to second hole location
N35 G01 G95 Z–20 F0·20	Drill hole by moving tool downwards
N40 G01 Z10	Retrieve tool upwards
N45 G00 X–20 Y–20	Rapid transverse to target point
N50 M05 M30	Spindle strip, machine stop and of program tape



चित्र 3.32

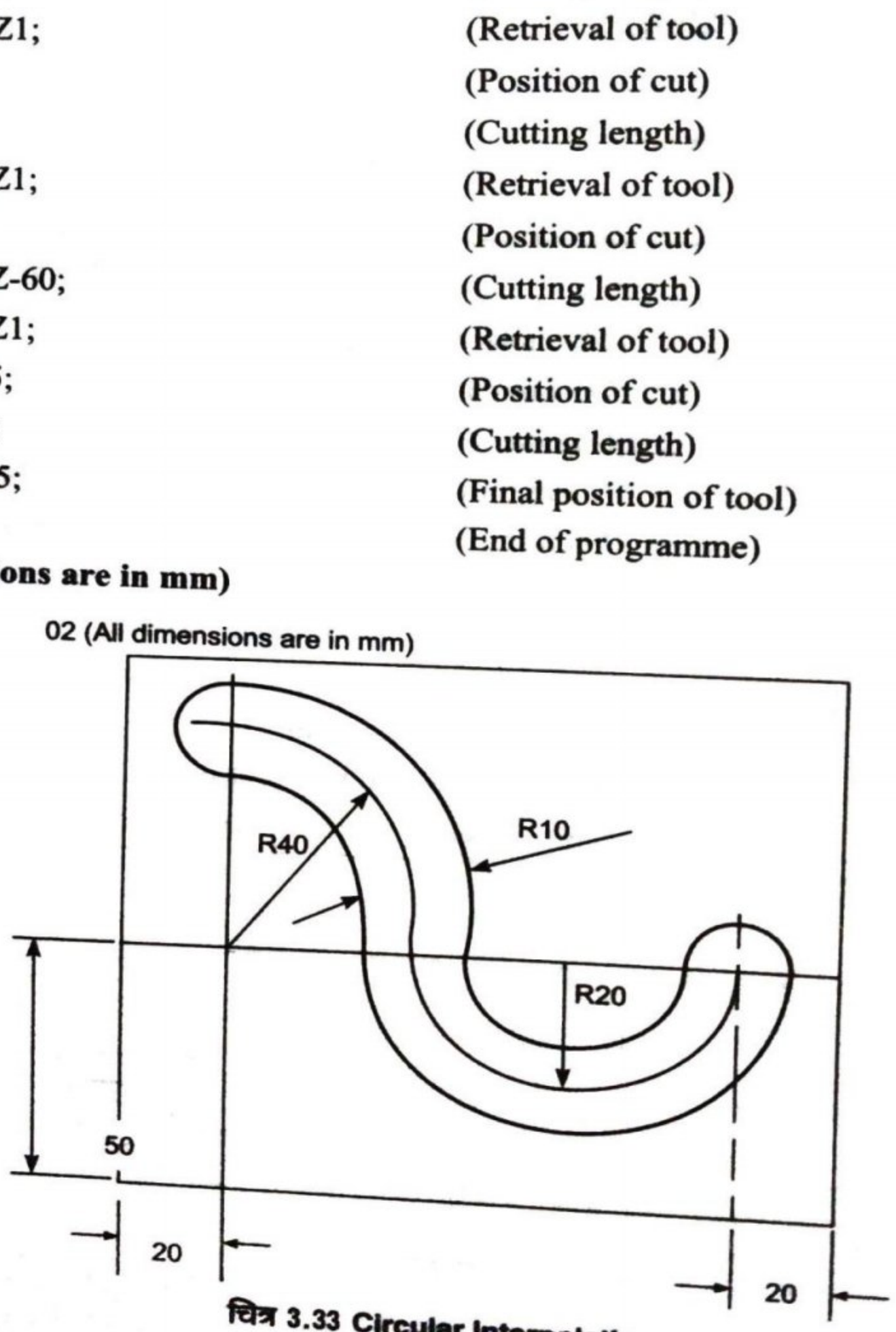
टर्निंग संक्रियाएँ

% 1000;	(Main program)
N01, G54, G90, G71, G94, MO3, 5800;	(Parameter setting)
N05, G01, X-12·5, Z0, F_2	(Facing the sob)

N10, G00, Z1; (Retrieved of tool)
N15, G00, X00; (Tool clearance)
N20, G01, Z-100; (Cut starting)
N25, G00, X1, Z1; (Clearance position)
N30 G00 X-2; (Position of cut)
N35 G01 Z-60; (Cutting length)
N40 G00 X-1 Z1; (Retrieval of tool)
N45 G00 X-3; (Position of cut)
N50 G00 X-3; (Cutting length)
N55 G00 X-2 Z1; (Retrieval of tool)
N60 G00 X-4; (Position of cut)
N65 G00 X-1 Z-60; (Cutting length)
N70 G00 X-3 Z1; (Retrieval of tool)
N75 G00 X-4.5; (Position of cut)
N80 G00 Z-60; (Cutting length)
N85 G00 X5 Z5; (Final position of tool)
N90 M02; (End of programme)

9. (All dimensions are in mm)

02 (All dimensions are in mm)



चित्र 3.33 Circular Interpolation

%01
N2 G17 G71 G90 G94 G54; (Main programme)
N4 T1 L90; (Parameters setting)
(Home position)

```
N6 G00 Z5 D5 M3 S500 X20 Y 90;        (Position of tool)
N8 G01 Z-2 F50;                       (Position of cut)
N10 G02 X80 Y50 120 J0;               (Circular interpolation clockwise -CW)
N12 G03 X80 Y50 120 J0;               (Circular interpolation clockwise-CCW)
N14 G00 Z100;                         (Find position of tool)
N16 M02;                              (End of programme)
```

9.11 APT (Automatically Programmed Tools)

MIT, USA द्वारा इसे विकसित किया गया था। यह Computer Aided Part Programming का स्वरूप होता है। इसका उपयोग बिन्दु-से-बिन्दु तथा सतत् पथ दोनों के लिए प्रयोग किया जाता है। APT निम्न को परिभाषित करता है—

- पथ ज्यामिति (Path Geometry)
- टूल गति (Tool Motion)
- भरण दर (Feed Rate)
- स्पिण्डल गति (Spindle Speed)

APT, 3-dimensional तंत्र होता है जो निम्न चार तर्कों को दर्शाता है—

- ज्यामिति (Geometric Statement)
- गति (Motion Statement)
- पोस्ट प्रोसेस (Post process Statement)
- उपसाधन (Accessories or Auxiliary Statement)

APT Geometric Statement—इसका प्रयोग प्रीमिटिव अवयव (Primitive Element) के रूप में किया जाता है। प्रमुख अवयव हैं—बिन्दु, रेखा, समतल, वृत्ताकार आदि।

बिन्दु की विशिष्टियाँ

अक्षांश की सहायता से—बिन्दु को तीनों अक्षों की सहायता से ज्ञात किया जा सकता है—

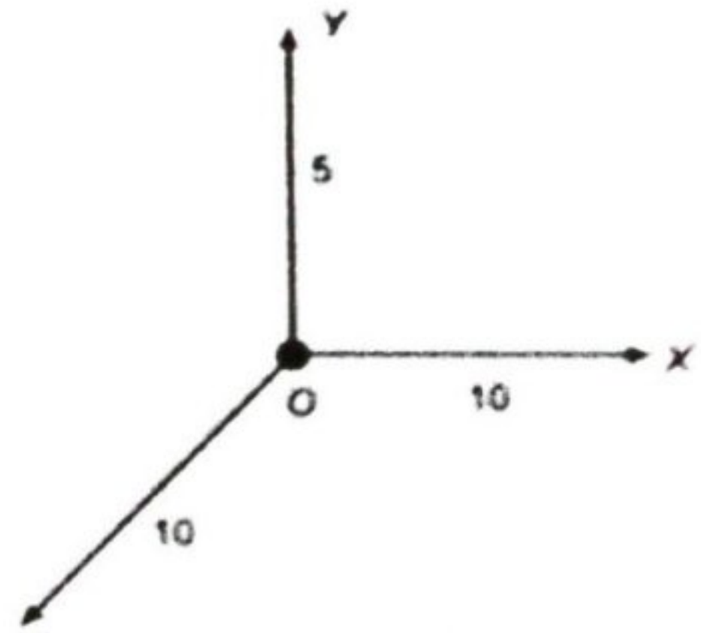
उदाहरण के लिए—(10, 5, 10)

$X = 10$

$Y = 5$

$Z = 10$

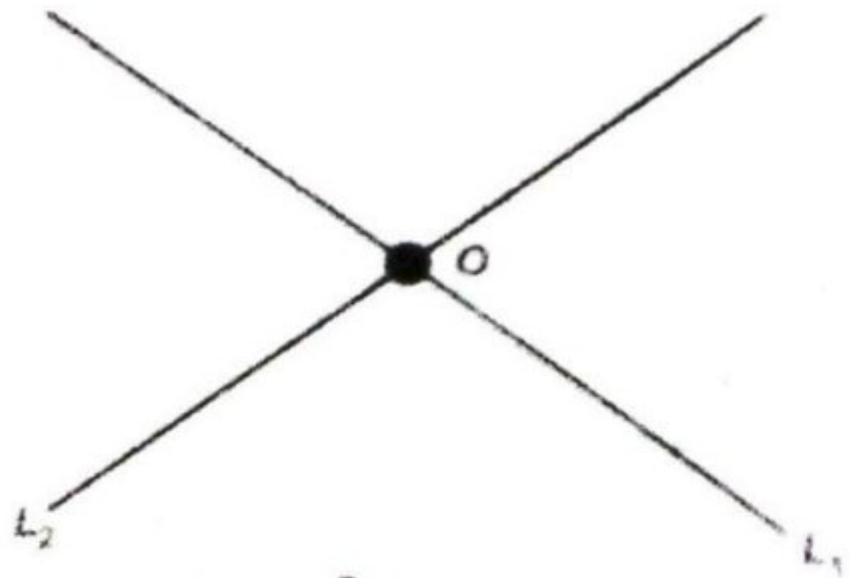
O = बिन्दु



चित्र 3.34

- दो रेखाओं के कटान पर

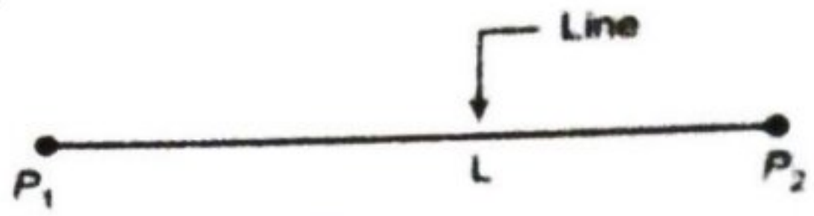
बिन्दु = O



चित्र 3.35

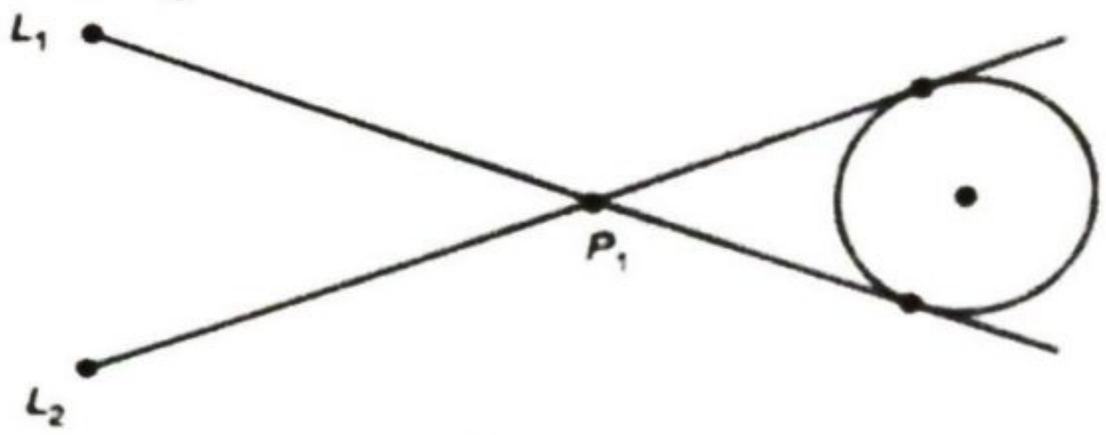
लाइन की विशिष्टियाँ

➤ दो बिन्दुओं को जोड़ने पर



चित्र 3.36

➤ वृत्त के स्पर्शी से किसी बिन्दु की सहायता से



चित्र 3.37

हल सहित उदाहरण

उदाहरण 1. दिए गए कार्यखण्ड का APT Program लिखिए।

हल—

MACHINE/MILL

P0 = POINT/0, –5, 0

P1 = POINT/20, 5, 0

P2 = POINT/0, 0, 0

P3 = POINT/20, 0, 0

P4 = POINT/5, 15, 0

L1 = LINE/*P2*, *P3*

C1 = CIRCLE/CENTER, *P1*, RADIUS, 5

L2 = LINE/*P4*, LEFT, TANTO, *C1*

L3 = LINE/*P2*, *P4*

PL1 = PLANE/*P2*, *P3*, *P4* FROM/*P0*

GO/TO, *L1*, TO, *PL1*, PAST, *L3*

GORGT/*L1*, TANTO, *C1*

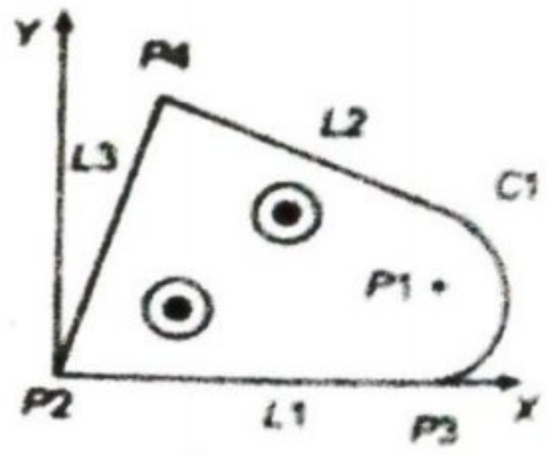
GOFWD/*C1*, PAST, *L2*

GOFWD/*L2*, PAST, *L3*

GOLFT/*L3*, PAST, *L1*

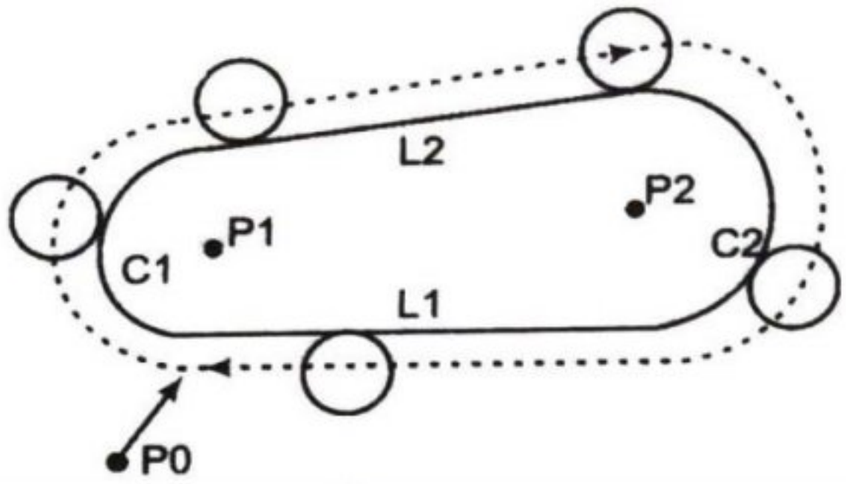
GOTO/*P0*

FINI



चित्र 3.38

Q.2. दिए गए आरेख का APT part program लिखिए। यदि part की मोटाई 15 mm है, कटर का व्यास 15 mm, स्पिण्डल गति 1000 rpm, भरण दर 50 mm/minute है।



चित्र 3.39

*P*0 = POINT/0, –10, 0

*P*1 = POINT/1, 1, 0

*P*2 = POINT/5, 2, 0

*C*1 = CIRCLE/CENTER, *P*1, RADIUS 0·5

*C*2 = CIRCLE/CENTER, *P*2, RADIUS, 1

*L*2 = LINE/RIGHT, TANTO, *C*2, RIGHT, TANTO, *C*1

*L*1 = LINE/LEFT, TANTO, *C*2, LEFT, TANTO, *C*1

*PL*1 = PLANE/*P*0, *P*1, *P*2

MILL = MACRO/DIA

FROM/*P*0

GO/TO, *L*1, TO, *PL*1, TO, *C*2

GOLFT/*L*1, PAST, *C*1

GOFWD/*C*1, PAST, *L*2

GOFWD/*L*2, PAST, *C*2

GOFWD/*C*2, PAST, *L*1

GOTO/*P*0

TERMAC

CALL MILL/DIA = 1·0

END

FINI

सारांश

संख्यात्मक नियंत्रण

संख्याओं का नियंत्रण, संख्यात्मक नियंत्रण कहलाता है।

N.C. मशीन के अवयय हैं—

- मशीन कन्ट्रोल यूनिट
- पार्ट प्रोग्राम
- मशीन टूल

NC प्रोसेस

निम्न हैं—

- प्रक्रम आयोजन
- पार्ट प्रोग्रामिंग
- टेप की तैयारी
- उत्पादन

निर्देशांक तन्त्र

स्लाइड की गति को दायें हाथ के नियम की सहायता से निर्धारित किया जाता है। इसके अनुसार यदि दायें हाथ में अंगूठे को रेखीय अक्ष की धनात्मक दिशा में रखें तो अन्य दो अंगुलियों की दिशा धनात्मक दिशा को दर्शाएगी।

विभिन्न निर्देशांक तन्त्र निम्न हैं—

(i) Absolute co-ordinate system.
(ii) Incremental co-ordinate system.
(iii) Fixed zero & floating point zero co-ordinate.

चाल नियंत्रण विधियाँ

(i) बिन्दु-से-बिन्दु नियंत्रण
(ii) सीधा काट नियंत्रण
(iii) कन्टूर काट नियंत्रण

पंच टेप

NC मशीन में निर्देश सेटों को फीड करने के लिए प्रयोग किया जाता है।

टेप के प्रकार निम्न हैं—

- कागज पंच टेप
- प्लास्टिक कोटेड पेपर
- माइलर प्लास्टिक कोटेड पेपर
- माइलर ऐल्यूमिनियम कोटेड पेपर

सूचना प्रदत्त तंत्र

प्रमुख तंत्र निम्न हैं—

- पंच कार्ड
- पंच टेप
- मैग्नेटिक टेप
- फ्लॉपी डिस्क

पार्ट प्रोग्रामिंग के प्रकार

निम्न हैं—

- मैनुअल पार्ट प्रोग्रामिंग
- कम्प्यूटर एडेड पार्ट प्रोग्रामिंग

पार्ट प्रोग्रामिंग फॉरमेट

NC program को कोड की लाइनों में तैयार करते हैं जिसे हम ब्लॉक कहते हैं।

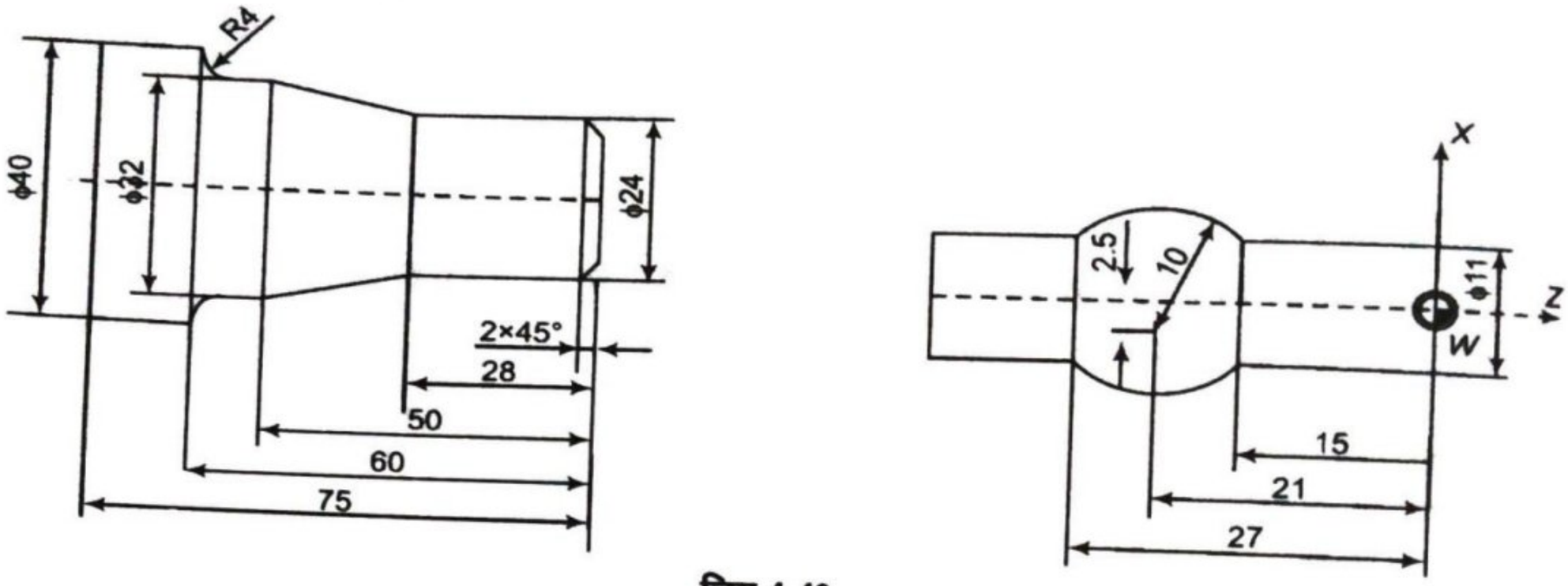
ब्लॉक में प्रमुख शब्द निम्न हैं—

- N-शब्द
- G-शब्द
- X, Y, Z शब्द
- I, J, K शब्द
- F-शब्द
- S-शब्द
- T-शब्द
- M-शब्द
- EOB
- Semi Colon (;)

प्रश्नावली

1. संख्यात्मक नियंत्रण को परिभाषित कीजिए।
2. NC के अवयय का विस्तृत वर्णन कीजिए।
3. मशीन कंट्रोल यूनिट को विस्तार से समझाइए।
4. NC प्रक्रम को समझाइए।
5. निर्देशांक तंत्र को परिभाषित कीजिए।
6. निम्न को समझाइए—
   (a) Absolute co-ordinate
   (b) Incremental co-ordinate
   (c) Fixed zero & floating point zero co-ordinate
   (d) Point-to-point control
   (e) Straight cut control
   (f) Contouring
7. NC मशीन के अर्थशास्त्र को समझाइए।
8. पंच टेप को परिभाषित कीजिए।
9. EIA तथा ISO/ASCII Code को समझाइए।
10. सूचना प्रदत्त तंत्र को परिभाषित कीजिए।
11. विभिन्न प्रकार के पार्ट प्रोग्रामिंग को समझाइए।
12. पार्ट प्रोग्रामिंग में प्रयुक्त शब्दों का वर्णन कीजिए।
13. APT को परिभाषित कीजिए।

14. निम्न का पार्ट प्रोग्राम लिखिए—



चित्र 4.40

15. सांख्यिकी नियंत्रित मशीन टूल क्या है? उसकी कार्य प्रणाली तथा उपयोग समझाइये।
16. APT तथा Computer Automated Part Programming को समझाइये।
17. बिन्दु-से-बिन्दु, सतत् तथा कन्टूर कन्ट्रोल निकायों की तुलना कीजिए।
18. NC मशीन में इन्टरपोलेटर का क्या कार्य है?
19. NC तंत्रों के विभिन्न प्रकार क्या हैं? उनको समझाइये।
20. Computer Aided Part Programming समझाइये।
21. CAD/CAM प्रयुक्त NC पार्ट प्रोग्रामिंग का वर्णन कीजिए।
22. APT की प्रमुख विशेषताओं को लिखिए।
23. NC उत्पादन तंत्र में निर्देशांक पद्धति और यंत्र चलन क्या है?
24. संख्या नियंत्रित मशीन की कोडिंग से क्या अभिप्राय है? इन मशीनों की द्विआधारी कोडिंग प्रणाली का वर्णन कीजिए।
25. विभिन्न प्रकार की पार्ट प्रोग्रामिंग विधियों के नाम लिखिए।
26. NC की वर्तमान पद्धतियाँ लिखिए।
27. MCU में NC का उपयोग समझाइये।
28. पार्ट प्रोग्रामिंग क्या है? पार्ट प्रोग्रामिंग की विधियों की विवेचना कीजिए।
29. APT भाषा को समझाइये।
30. निम्न को समझाइये—
(a) NC प्रणाली के प्रकार (b) पार्ट प्रोग्रामिंग
31. NC उत्पादन तंत्र में निर्देशांक पद्धति और यंत्र गति क्या है?
32. NC Part Programming, APT को समझाइये।
33. मशीन टूल उपयोगों व NC इकोनोमिक्स की विस्तारपूर्वक चर्चा करें।
34. टेप व टेप फार्मेट समझाइये।
35. कम्प्यूटर-सहयोगिता पार्ट-प्रोग्रामिंग क्या है?

वस्तुनिष्ठ प्रश्नावली

1. पंचटेप रीडर होता है—
   (a) यांत्रिक टेप रीडर
   (b) वायुवीय टेप रीडर
   (c) ऑप्टिकल टेप रीडर
   (d) सभी
2. डेटा बफर होता है—
   (a) स्थाई मैमोरी
   (b) अस्थाई मैमोरी
   (c) (a) और (b)
   (d) इनमें से कोई नहीं
3. प्रोसेसर किसका अंग होता है?
   (a) मशीन कंट्रोल यूनिट
   (b) टेप रीडर
   (c) कोड रीडर
   (d) रीडर यूनिट
4. पल्स की आवृत्ति बढ़ाने के लिए प्रयोग किया जाता है—
   (a) प्रोसेसर
   (b) सर्वोमीटर
   (c) एक्चुएटर
   (d) एम्पलीफायर
5. कौन-सा चरण NC प्रोसेस के लिए सही है?
   (a) उत्पादन → टेप की तैयारी → पार्ट प्रोग्रामिंग → प्रक्रम आयोजन
   (b) टेप की तैयारी → पार्ट प्रोग्रामिंग → प्रक्रम आयोजन → उत्पादन
   (c) पार्ट प्रोग्रामिंग → टेप की तैयारी → उत्पादन → प्रक्रम आयोजन
   (d) प्रक्रम आयोजन → पार्ट प्रोग्रामिंग → टेप की तैयारी → उत्पादन
6. निर्देशांक तन्त्र में Z-अक्ष होता है—
   (a) स्पिण्डल गति
   (b) कार्यखण्ड
   (c) कार्य मेज
   (d) मुख्य स्पिण्डल
7. X-अक्ष होता है—
   (a) क्षैतिज एवं कार्य मेज के समान्तर
   (b) उर्ध्वाधर एवं कार्य मेज के समान्तर
   (c) क्षैतिज एवं कार्य मेज के लम्बवत्
   (d) उर्ध्वाधर एवं कार्य मेज के लम्बवत्
8. Y-अक्ष होता है—
   (a) Y-अक्ष के समान्तर
   (b) X-अक्ष के समान्तर
   (c) Z-अक्ष के समान्तर
   (d) (b) एवं (c)
9. X-अक्ष होता है—
   (a) क्षैतिज
   (b) कार्य मेज के समान्तर
   (c) क्षैतिज एवं कार्य मेज के समान्तर
   (d) इनमें से कोई नहीं
10. स्लाइड की गति को निर्धारित करते हैं—
    (a) बाएँ हाथ का नियम
    (b) दाएँ हाथ का नियम
    (c) (a) और (b)
    (d) इनमें से कोई नहीं

11. घूर्णी मेज अथवा इन्डैक्सिंग टेबिल का अक्ष होता है—
(a) $+x, +y, +z$ (b) $x, -y, -z$ (c) $-x, -y, -z$ (d) $-z, +y, -z$

12. सीधा काट द्वारा निम्न की कटाई नहीं होती है—
(a) आयताकार कटिंग (b) वर्गाकार कटिंग (c) वक्राकार कटिंग (d) सभी

13. पंच टेप बना होता है—
(a) प्लास्टिक कोटेड (b) माइलर प्लास्टिक कोटेड
(c) माइलर ऐल्युमिनियम कोटेड (d) सभी

14. पंच टेप की एक पंक्ति में होता है—
(a) 6 (b) 7 (c) 8 (d) 9

15. पंच कार्ड का साइज होता है—
(a) $\frac{3''}{8} \times \frac{1''}{4}$ (b) $7\frac{3''}{8} \times 3\frac{1''}{4}$ (c) $7'' \times 3''$ (d) $1'' \times 1''$

16. पंचकार्ड में होते हैं—
(a) 12 row × 80 column (b) 10 row × 80 column
(c) 80 row × 10 column (d) 10 column × 80 row

17. फ्लॉपी डिस्क बनी होती है—
(a) फैरिक ऑक्साइड (b) मैग्नेट (c) ऑक्साइड (d) चुम्बकीय फैरिक ऑक्साइड

18. T परिभाषित करता है—
(a) भरण दर को (b) टूल की स्थिति को (c) टूल को (d) टूल की संख्या को

19. G85 प्रदर्शित करता है—
(a) Bore in (b) Bore out (c) Bore in, Bore out (d) All

20. M00 प्रदर्शित करता है—
(a) Program stop (b) Optional program stop (c) Program end (d) All

वस्तुनिष्ठ प्रश्नों के उत्तर

1. (d), 2. (b), 3. (a), 4. (c), 5. (d), 6. (d), 7. (a), 8. (d), 9. (c), 10. (b),
11. (a), 12. (c), 13. (d), 14. (c), 15. (b), 16. (a), 17. (d), 18. (c), 19. (c), 20. (a)

4 निकाय उपकरण (System Device)

4.1 नियंत्रण निकाय

नियंत्रण निकाय को निम्न प्रकार से परिभाषित किया गया है—

"इस निकाय में भौतिक अवयय इस प्रकार व्यवस्थित होते हैं जिससे सभी अवयय निर्देश द्वारा स्वयं को अथवा अन्य निकाय को नियंत्रित करते हैं।"

"A control system is an arrangement of Physical components connected or related in such a manner as to command direct or regulate itself or another system."

नियंत्रण निकाय के प्रमुख अवयय निम्न हैं—

(a) नियंत्रण चर राशि (Directly controlled variable)

(b) अप्रत्यक्ष नियंत्रण चर राशि (Indirectly controlled variable)

(c) निर्देश या संकेत (Instruction or command)

(d) संदर्भ आगत (Reference input)

(e) सक्रिय सिग्नल (Actuating signal)

(f) विघ्न (Disturbance)

(g) निकाय त्रुटि (System error)

अवययों की क्रियाविधि का वर्णन निम्न है—

(a) नियंत्रण चर राशि (Directly Controlled Variable)—यह वह भौतिक चर राशि है जिसे सीधे तौर पर मापा जा सकता है तथा नियंत्रण किया जा सकता है।

(b) अप्रत्यक्ष नियंत्रण चर राशि (Indirectly controlled variable)—यह वह भौतिक राशि है जिसे सीधे तौर पर मापा नहीं जा सकता है या नियंत्रण नहीं किया जा सकता है।

(c) निर्देश या संकेत (Instruction or command)—यह प्रदान किये गये संकेत होते हैं जिनकी सहायता से निकाय क्रियान्वित होते हैं।

(d) संदर्भ आगत (Reference input)—यह बन्द लूप निकाय (Closed Loop System) में मानक के रूप में प्रयोग किया जाता है।

(e) सक्रिय सिग्नल (Actuating signal)—यह फीडबैक सिग्नल तथा सन्दर्भ सिग्नल का अन्तर होता है।

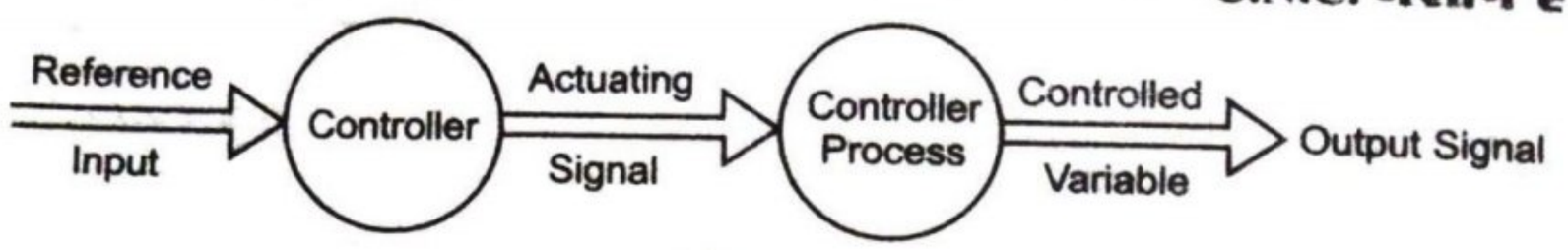
(f) विघ्न (Disturbance)—वह signal जो सन्दर्भ सिग्नल से अलग होती है व निकाय की निष्पादन को प्रभावित करती है, विघ्न कहलाती है।

(g) निकाय त्रुटि (System error)—वास्तविक तथा आदर्श मानों का अन्तर निकाय त्रुटि कहलाता है।

4.2 नियंत्रण निकाय के प्रकार (Type of Control System)

(i) खुला नियंत्रण निकाय (ii) बंद नियंत्रण निकाय

1. खुला नियंत्रण निकाय—इसे non-feedback system भी कहते हैं। इस नियंत्रण निकाय में नियंत्रण क्रिया आउटपुट से स्वतंत्र रहती है। सक्रिय सिग्नल (Actuating signal) केवल इनपुट निर्देशों या संकेतों पर निर्भर करता है तथा इस पर output सिग्नल पर कोई नियंत्रण नहीं होता है।



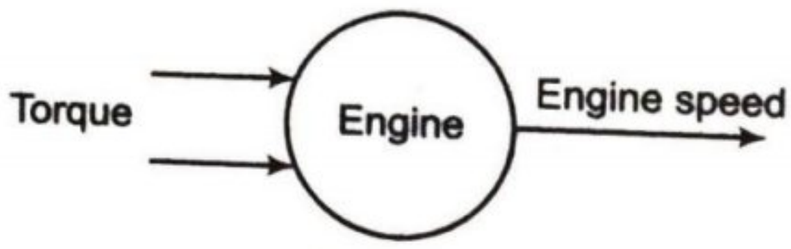
चित्र 4.1

प्रमुख अवयय निम्न हैं—

(i) Controller (for example-Amplifier, linkage, filter or other control elements).

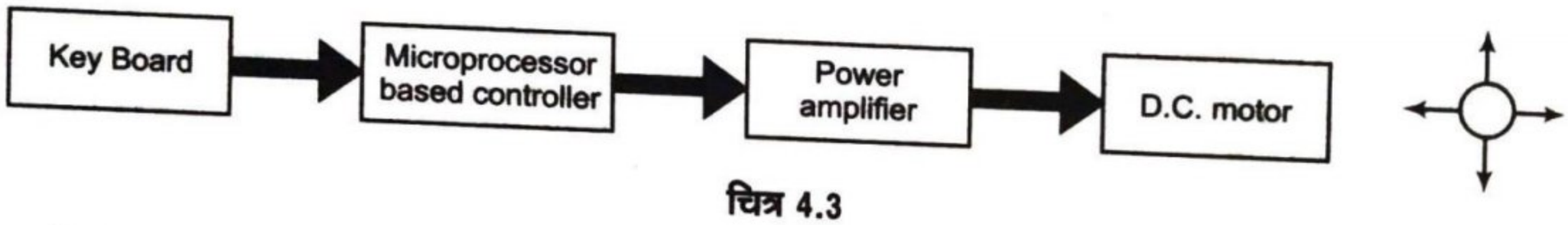
(iii) Controlled process.

उदाहरण— (a) ऑटोमोबाइल में प्रयुक्त Idle speed control system.



चित्र 4.2

(b) Printwheel control system



चित्र 4.3

खुला नियंत्रण निकाय के लाभ एवं हानियाँ

लाभ

(i) सरल रचना एवं संरचना होती है।

(ii) अनुरक्षण आसान एवं कम होता है।

(iii) सस्ता नियंत्रण निकाय होता है।

(iv) स्थिर होता है।

हानियाँ

(i) Output अपेक्षित मान से कम आता है।

(ii) यथार्थ निष्कर्ष तथा परिणाम प्राप्त नहीं होते हैं।

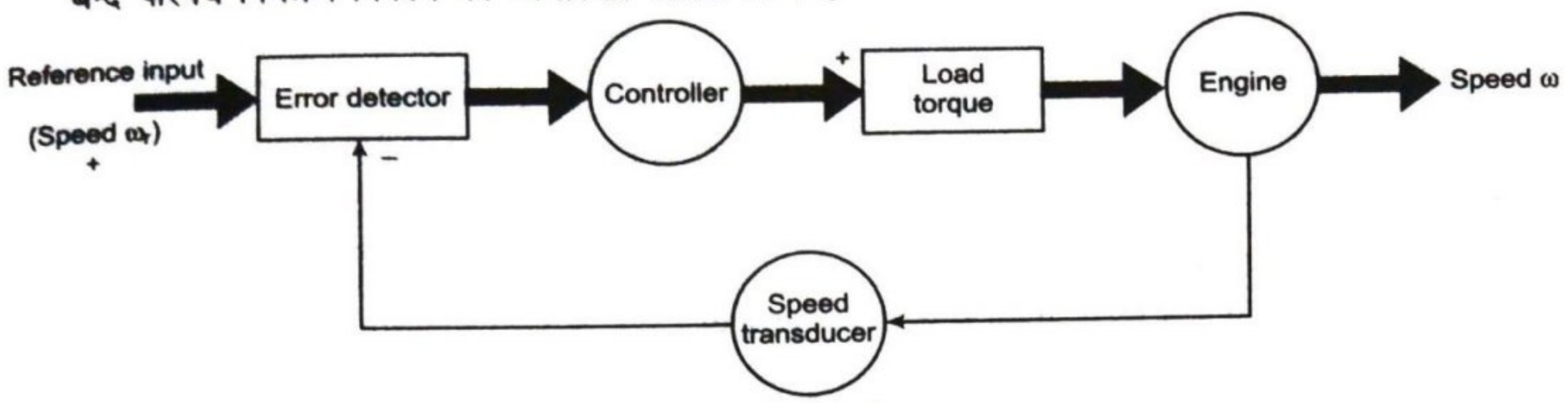
(iii) नियंत्रण निकाय में परिवर्तन स्वत: नहीं होते हैं।

(iv) Malfunctioning की सम्भावना अधिक होती है।

(2) बन्द परिपथ नियंत्रण निकाय (Closed Circuit Control System)—इस नियंत्रण निकाय में नियंत्रण क्रिया output सिग्नल पर निर्भर करती है। इस निकाय को फीडबैक निकाय (Feedback system) भी कहते हैं। इस निकाय में output को फीडबैक अवयय की सहायता से सन्दर्भ Input (Reference Input) से तुलना किया जाता है। तब Actuating signal (सक्रिय सिग्नल) निकाय में भेजा जाता है।

सक्रिय सिग्नल अपेक्षित O/p तथा सन्दर्भ I/p का अन्तर होता है।

बन्द परिपथ नियंत्रण निकाय का व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 4.4

फीडबैक बंद परिपथ निकाय का गुण होता है जिसकी सहायता से o/p सिग्नल की तुलना i/p signal से करते हैं।

बन्द परिपथ नियंत्रण निकाय की विशेषताएँ

(i) Bondwith में बढ़ोत्तरी (ii) यथार्थ में बढ़ोत्तरी (iii) अस्थिरता तथा दोलन में कमी (iv) विकृति (distortion) प्रभाव में कमी (v) o/p में बढ़ोत्तरी।

हानियाँ

(i) जटिल संरचना

(ii) उच्च लागत

(iii) अधिक शक्ति की आवश्यकता होती है।

4.3 सेन्सर (Sensor)

Sensors sense the condition, state or value of the process variable and produce an output which reflects this condition, state or value.

इंजीनियरिंग में सभी नॉन-विद्युत राशियों (Non-electric variables) जैसे-बल, वेग, दाब, त्वरण, बल, आघूर्ण, तापमान आदि को मापने के लिए इन्हें पहले विद्युत राशि जैसे—धारा वृद्धि, वोल्टेज प्रतिरोध, चुम्बकीय फ्लक्स वृद्धि, प्रेरकत्व या धारिता में रूपान्तरित किया जाता है। वह युक्ति जिसकी सहायता से नॉन-विद्युत राशियों को विद्युत राशि में परिवर्तित किया जाता है ट्रान्सड्यूसर (Transducer) कहा जाता है।

The transducers transform the energy of the process variable to an output of some other type of energy which is able to operate some control device.

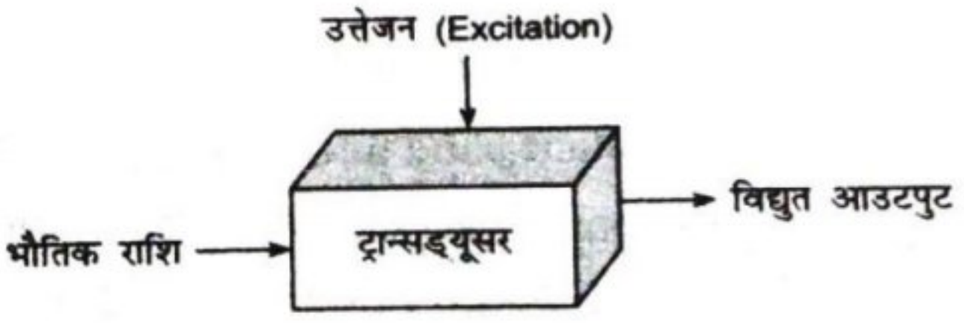
Transdueer को सामान्यत: pick up, prime sensor या Signal generator भी कहा जाता है।

Transducer दो प्रकार के होते हैं—

(i) प्राथमिक ट्रान्सड्यूसर (Primary transducer)

(ii) द्वितीयक ट्रान्सड्यूसर (Secondary transducer)

(i) प्राथमिक ट्रान्सड्यूसर (Primary transducer)—वे ट्रान्सड्यूसर जो किसी भौतिक राशि के अधिग्रहण के लिए प्रयोग किए जाते हैं, प्राथमिक ट्रान्सड्यूसर कहलाते हैं। इन्हें Detector भी कहा जाता है।



चित्र 4.5

(ii) द्वितीयक ट्रान्सड्यूसर (Secondary transducer)— वे ट्रान्सड्यूसर जो प्राथमिक ट्रान्सड्यूसर से प्राप्त o/p signal को दूसरे उपयोगी output signal में परिवर्तित करते हैं secondery transducer कहलाते है—

उदाहरण—बर्डन दाब गेज (Bourdon pressure gauge)

4.4 ट्रान्सड्यूसर का वर्गीकरण (Classification of Transducer)

ट्रान्सड्यूसर का वर्गीकरण निम्न आधार पर किया गया—

(i) प्रतिरोधी टाइप ट्रान्सड्यूसर (Resistive Type Transducer)
- (a) स्ट्रेन एवं दाब गेज (Strain & pressure gauge)
- (b) थर्मिस्टर एंव प्रतिरोध थर्मोमीटर (Thermistor and Resistant Thermometer)
- (c) फोटो चालन सेल (Photo Drive cell)
- (d) सम्पर्क मोटाई गेज (Contact thickness gauge)
- (e) रासायनिक चालन मीटर (Chemical Drive meter)

(ii) प्रेरकत्वीय टाइप ट्रान्सड्यूसर (Inductive Type Transducer)
- (a) रेखीय परिवर्तीय डिफरेंशियल ट्रान्सफॉर्म (Linear Variable differential transformer LVDT)
- (b) भंवर धारा गेज (Eddy current gauge)
- (c) रिलक्टेन्स पिकअप (Reluctance Pick-up)

(iii) धारिता टाइप ट्रान्सड्यूसर (Capacitive Type Transducer)
- (a) दाब गेज (Pressure gauge)
- (b) परावैद्युत गेज (Paraelectric gauge)
- (c) धारिता माइक्रोफोन (Capacitive microphone)

(iv) वोल्टेज विभाजक टाइप ट्रान्सड्यूसर (Voltage Divider Type Transducer)
- (a) दाब उत्तेजक वोल्टेज विभाजक
- (b) विभवमापी स्थिति सेन्सर

(v) वोल्टेज उत्पादक टाइप ट्रान्सड्यूसर (Voltage Productive Type Transducer)
- (a) थर्मोकपल (Thermocouple)
- (b) घूर्णन मोटर टेकोमीटर (Rotary motor Techometer)
- (c) फोटो वोल्टाइक सेल/सोलर सेल (Photovoltaic cell/Solar cell)
- (d) पीजो-इलेक्ट्रिक पिक-अप (Piezo-electric Pick-up)

4.5 Performance Terminology

प्रमुख निष्पादन पद निम्नलिखित हैं—

1. Range/span (प्रसार/अवधि)
2. Errors and accuracy (त्रुटि एवं यथार्थता)
3. Non-linearity (अरेखीय)
4. Hysteresis (हिस्टेरेसिस)
5. Constant band and Saturation (स्थिर तरंग एवं संतृप्ति)
6. Output Impedance (उपलब्ध प्रतिबाधा)
7. Repeatability (दोहराए जाने योग्य)

8. Reliability (विश्वनीयता)
9. Sensitivity (संवेदनशीलता)
10. Resolution (रिजल्यूशन)
11. Pregxency Response (आकृति प्रतिक्रिया)
12. Calibration (अंशांकन)

(i) प्रसार और अवधि (Range & Span)—उद्दीपन के न्यूनतम एवं उच्चतम मान को प्रसार कहते हैं।

Highest & lowest value of stimulus is known as range.

उच्चतम एवं न्यूनतम मान के अंकगणितीय अंतर को अवधि (Span) कहते हैं। जिसे हमें sense करना होता है।

Input full Scale (IFS) = Span

Output Full Scade (OFS) = Difference between the upper and lower ranges as the output of the Sensors.

Dynamic Range : Ratio between the upper and lower limit is known as dynamic range. It is expressed in 'b'.

उदहारण : एक सेन्सर का डिजाइन निम्न विशिष्टियों पर किया गया है—

$-30°C$ to $+80°C$ से Output 25 V to 0.2 V

Range : $-30°C$ से $80°C$ तक

TFS : $2{\cdot}5V - 1{\cdot}2V = 1{\cdot}3V$

db : $20 \log (140/30) = 13{\cdot}38$ db

(ii) त्रुष्टि एवं यथार्थता (Error and Accuracy)—त्रुटि मानक मान तथा मापे गये मान के अंतर को कहते हैं।

Error is the difference between the result of measurement and the true value of quantity being measured.

Error = Measured value – True value

Accuracy उस गुणधर्म को कहते हैं जिसमें मापे गये मान में गलतियों की सम्भावना को नगण्य करते हैं।

Accuracy is the deviation of the sensors output at any given point when approached from two different directions.

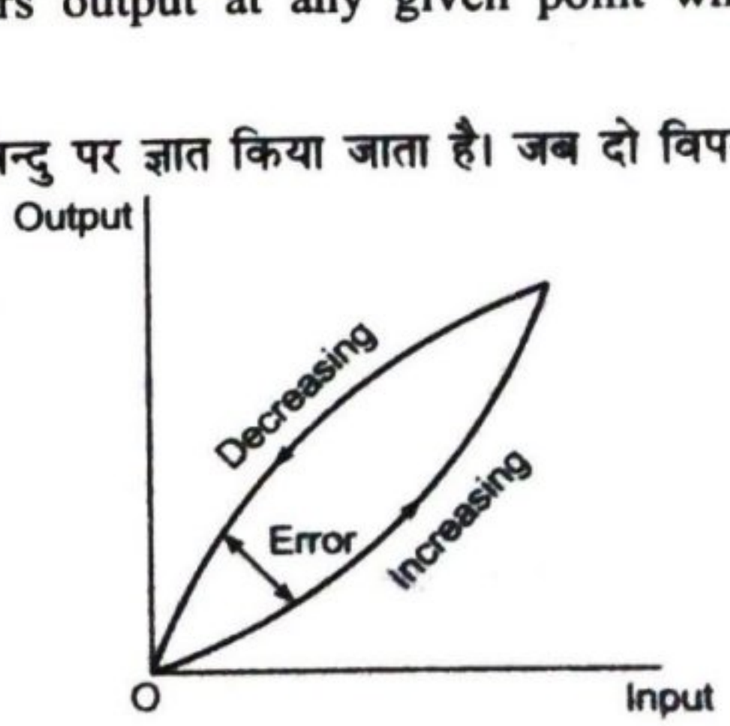
(iii) Hysteresis—Hysteresis is the deviation of the sensors output at any given point when approached from two different directions:

Hysteresis सेन्सर आउटपुट का विचलन होता है जो किसी दिए गये बिन्दु पर ज्ञात किया जाता है। जब दो विपरीत दिशाओं से बिन्दु पर पहुँचा जाता है।

यह विद्युत एवं यांत्रिक निकायों द्वारा उत्पन्न होता है।

सामान्यत: इसके निम्न गुण होते हैं—

- Magnetization
- Thermal properties
- Loose linkage



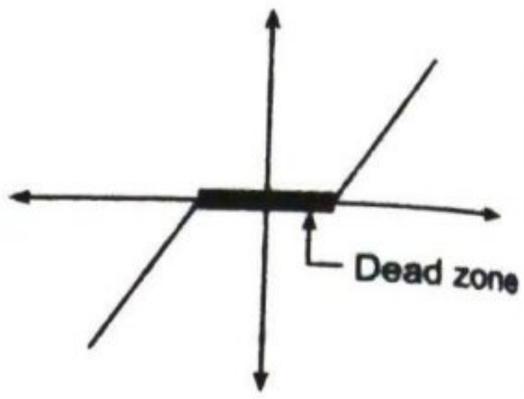
चित्र 4.6

(iv) अरेखीयता (Non-linearity)—Non-linearity is the maximum deviation from the ideal linear transfer function.

अरेखीयता किसी निकाय का अधिकतम विचलन होती है जिसे हम आदर्श रेखीय स्थानान्तरण मान से लेते हैं।

(v) Dead band : It is the lack of response or insensitivity of a device over a specific range of the input.

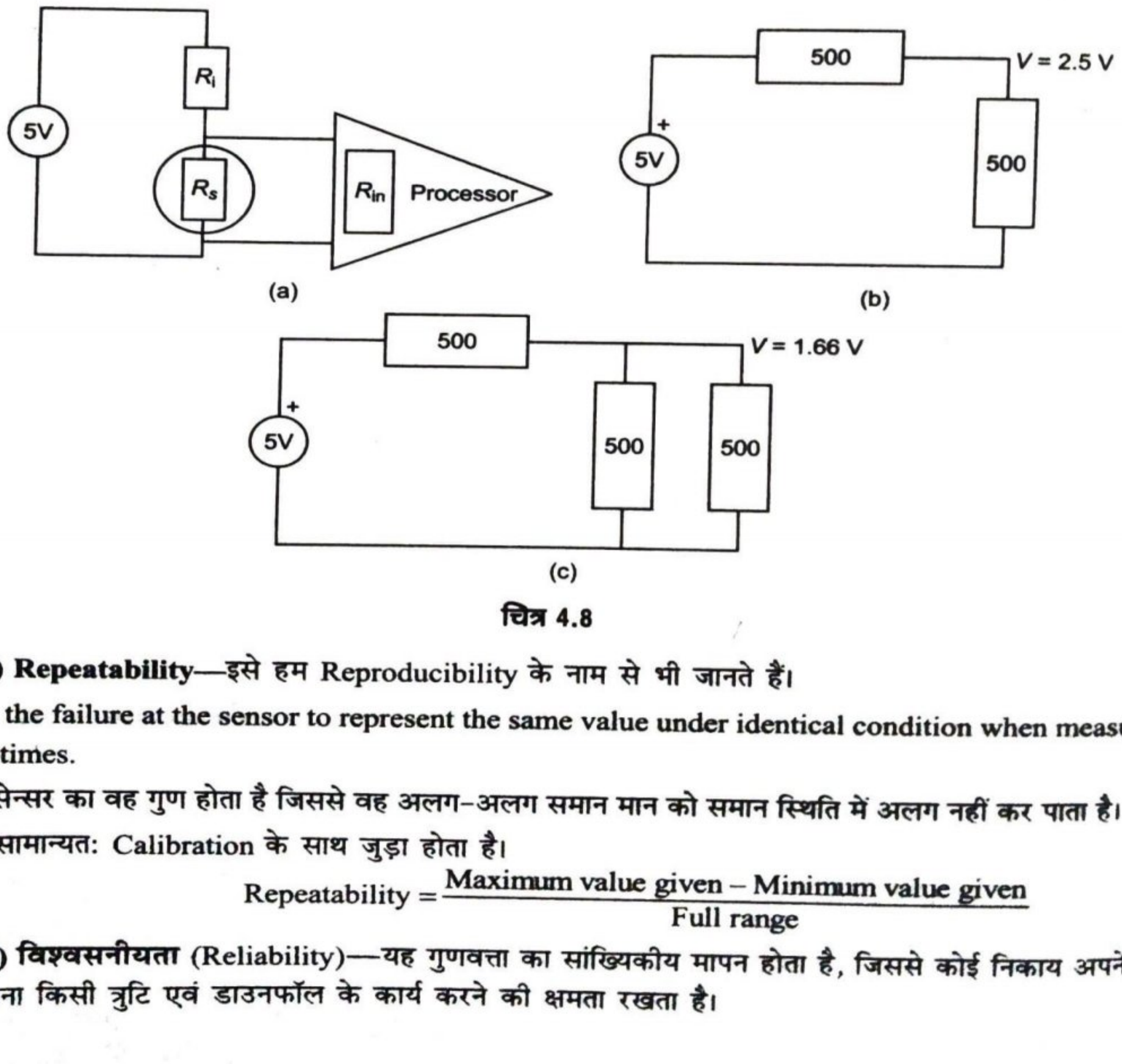
यह प्रक्रिया में अभाव या उपकरण की असंवेदनशीलता को दर्शाता है जो किसी विशिष्ट प्रसार के Input के लिए होता है। इस रेन्ज में कोई निकाय कार्य नहीं करता है।



चित्र 7

(vi) उपलब्ध प्रतिबाधा (Output Impedance)—यह नियत आउटपुट वोल्टेज तथा शार्ट सर्किट विद्युत का अनुपात होता है जो किसी पोर्ट पर ज्ञात किया जाता है।

Output impedance is the ratio as the rated output voltage and short circuit current as the part (*i.e.*, current when the output is shorted). Output impedance is the important for interfacing.



चित्र 4.8

(vii) Repeatability—इसे हम Reproducibility के नाम से भी जानते हैं।

It is the failure at the sensor to represent the same value under identical condition when measured at different times.

यह सेन्सर का वह गुण होता है जिससे वह अलग-अलग समान मान को समान स्थिति में अलग नहीं कर पाता है।

यह सामान्यत: Calibration के साथ जुड़ा होता है।

$$\text{Repeatability} = \frac{\text{Maximum value given} - \text{Minimum value given}}{\text{Full range}}$$

(viii) विश्वसनीयता (Reliability)—यह गुणवत्ता का सांख्यिकीय मापन होता है, जिससे कोई निकाय अपने नियत मान पर बिना किसी त्रुटि एवं डाउनफॉल के कार्य करने की क्षमता रखता है।

Reliability is a statistical measure of quality of a device which indicates the ability of the device to perform its stated function under normal operating condition without failure for a stated period of time or number of cycles.

(ix) संवेदनशीलता (Sensitivity)—Sensitivity of a sensor is defined as the change in output for a given change in Input. Usually a unit sensitivity represents the stop of the transfer function.

किसी दिए गये प्रदत्त में बदलाव के कारण संवेदनशीलता निर्गत मे बदलाव को प्रदर्शित करता है। उदाहरण के लिए-प्रतिरोध मापन का तापमान के सापेक्ष में

$$\frac{dR}{dT} = a\left[\frac{\Omega}{^{\circ}C}\right]$$

(x) रिजल्यूशन (Resolution)—Increment in stimulus to which the sensors can response. It is the magnitude as the input change results in the smallest observable output.

यह उद्दीपन (stimulus) में न्यूनतम वृद्धि होती है जिसे सेन्सर प्रतिक्रिया करता है। यह इनपुट के परिणाम में बदलाव को दर्शाता है। जिसका परिणाम हम आउटपुट पर देख सकते है।

(xi) आवृत्ति प्रतिक्रिया (Frequency Response)—The ability as the device to response a harmonic Input (Sinusoidal Input) is known as Frequency response.

यह किसी उपकरण की वह क्षमता होती है जिसकी सहायता से वह समस्वरित इनपुट (Harmonic Input) का response करती है।

A plot of magnitude (power displacemat etc.) as a function of frequency indicate the range of stimulus in which the device is usable provides important design parameters.

(xii) Response time—किसी दिए गये इनपुट में परिवर्तन के दौरान वह प्रतिक्रिया समय होता है जिसके दौरान आउटपुट स्थिर अवस्था में पहुँचता है।

Response time indicates the time needed for the output to reach steady state for a step change in input.

(xiii) अंशांकन (Calibration)—Calibration is the experimental determination of the transfer function of a sensor or actuator.

यह किसी सेन्सर की प्रायोगिक व्याख्या होती है जो किसी Transfer function में सेन्सर द्वारा प्रयोग की जाती है।

4.5 Displacement, Position and Motion Sensors

Displacement sensors are concerned with the measurement of amount by which some object has moved.

विस्थापन सेन्सर का प्रयोग किसी वस्तु के स्थानान्तरण (गतिविधि) के मापन के लिए प्रयुक्त होता है।

Position sensors are concerned with the determination as the position of same objection with reference to some reference point.

स्थिति सेन्सर का प्रयोग वस्तु के पुन:संदर्भ बिन्दु मे परिवर्तन के लिए प्रयुक्त होता है।

सामान्यत: प्रयुक्त Displacement (विस्थापन) सेन्सर निम्न है—

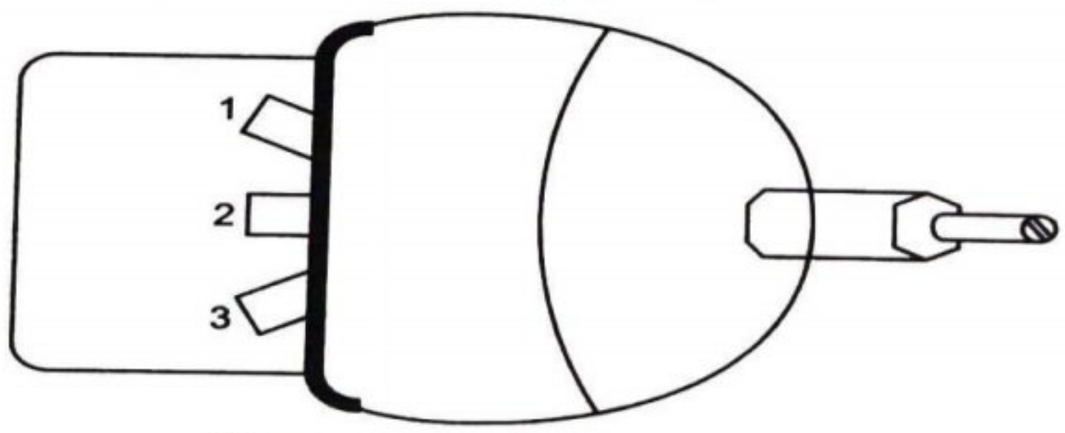
1. Potentiometer Sensors (पोटेन्शियोमीटर सेन्सर)
2. Strain Gauge Sensors (विकृति गेज सेन्सर)
3. Capacitive Element Sensor (संधारित्र अवयव सेन्सर)

Displacement, Position and Motion Sensor

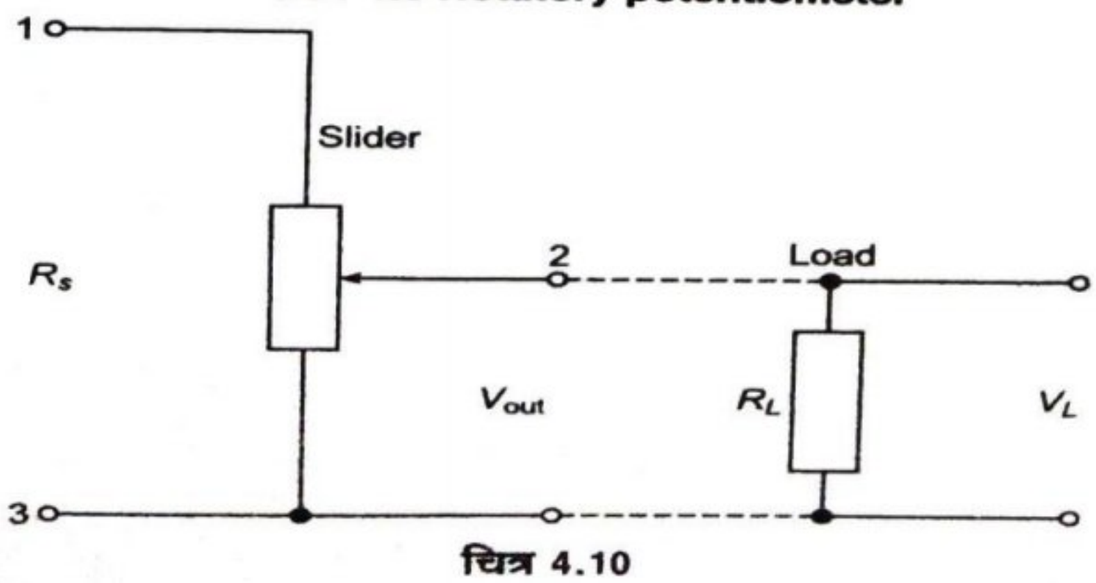
सम्पर्क सेन्सर (Contact Sensor)	असम्पर्क सेन्सर (Non-contact Sensor)
The movement of the sensor elements is used to cause a change in electrical voltage, resistance, capacitance, or mutual inductance.	The presence in the vicinity of the measured object cause change in air pressure or change in inductance or capacitance.
इस प्रकार के सेन्सर में सेन्सर के अवयय के आवागमन की सहायता से विद्युत वोल्टेज के परिवर्तन, प्रतिरोध, धारिता आदि में परिवर्तन को ज्ञात किया जाता है।	इस प्रकार के सेन्सर में परिवर्तन का मापन वायु की उपस्थिति के कारण होता है।

(i) Potentiometer Sensors—इस सेन्सर में एक सम्पर्क प्रतिरोध प्रति यूनिट लम्बाई में लगा हेाता है जिसके साथ विसर्पी सम्पर्क (Sliding Contact) लगा होता है, जो अवयय की दूरी लम्बाई पर घूमता है।

इसका प्रयोग हम रेखीय तथा घूर्णन विस्थापन के लिए करते हैं—



चित्र 4.9 Rotatory potentiometer



चित्र 4.10

उपरोक्त चित्र के आधार पर

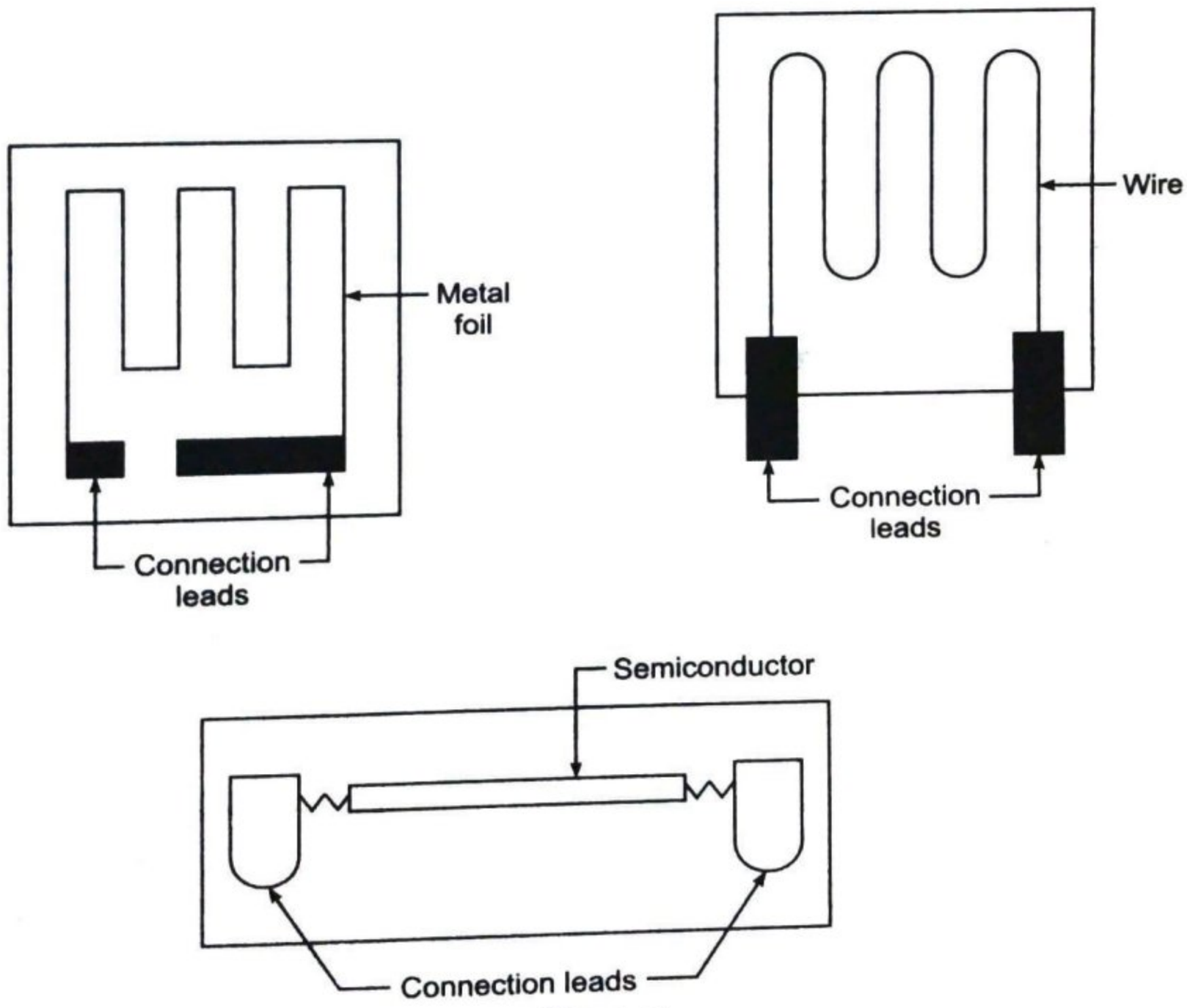
V_s = Constant Source Voltage

V_o = Output Voltage

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{R_{23}}{R_{13}}$$

(ii) Strain gauge element—यह एक धातु की तार, धातु की पत्तर (foil) या अर्द्ध-चालक के टुकड़े (strip) का बना होता है। यह अवयय मापन सतहों पर धंसे होते हैं। उदाहरण के लिए-पोस्टेज स्टैम्प इस सेन्सर में विकृति का मापन किया जाता है। हम जानते हैं कि दाब बढ़ाने से किसी अवयय में विकृति उत्पन्न होती है। मूलत: यह विकृति आकार में परिवर्तन (संपीडन या प्रसारण) के रूप में होती है।

Strain gauge द्वारा किसी निश्चित दूरी एवं दिशा में उत्पन्न विस्थापन अथवा संपीडन को मापा जा सकता है। सामान्यत: स्ट्रेन गेज विकृति में परिवर्तन को प्रतिरोध एवं चुम्बकीय परिवर्तन के पदों में रिकार्ड करती है। प्रतिरोध पर आधारित गेज को प्रतिरोध आधारित स्ट्रेज गेज (Resistance Wire Strain gauge) कहते हैं।



चित्र 4.11

Strain gauge के सम्बन्ध में—

$$\frac{\Delta R}{R} = G_F$$

जहाँ

R = प्रतिरोध

ΔR = प्रतिरोध में परिवर्तन

= 2 (For metal Foil)

= +100 (*P*-Type semiconductor)

= −100 (*N*-Type semiconductor)]

विकृति गेज के प्रकार (Types of Strain Gauge)

विकृति गेज चार प्रकार के होते हैं—

(i) Wire wound strain gauge

(ii) Foil type strain gauge

(iii) Semiconductor strain gauge

(iv) Capacitive strain gauge

Capacitive element Sensor—यह सेन्सर निम्न समीकरण पर आधारित है—

$$C = \frac{\varepsilon A}{d} = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_o A}{d}$$

जहाँ $\varepsilon = \varepsilon, \varepsilon_o$ = Permititivity of medium, F/m

ε_r = Relative permititivity (For Air $\varepsilon_r = L$)

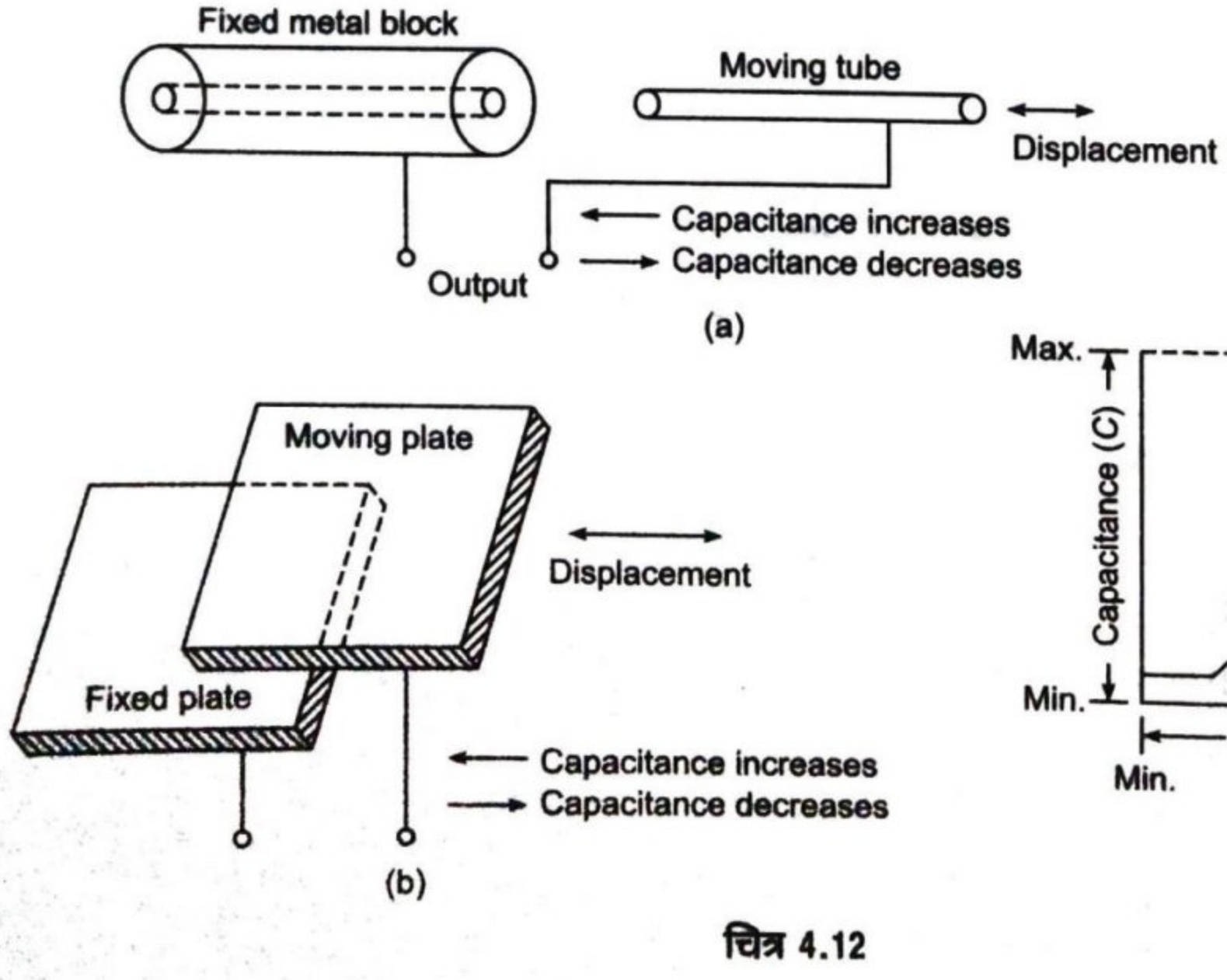
ε_o = Permittivity of free space ($8{\cdot}85 \times 10^{-12}$ F/m)

A = Overlapping area of plates

d = Distance between the two plates.

इसकी सहायता से निम्न का मापन किया जाता है—

- क्षेत्रफल में परिवर्तन
- प्लेटों के बीच दूरी में परिवर्तन।



चित्र 4.12

विस्थापन का मापन

रेखीय विस्थापन के मापन के लिए निम्न ट्रांसड्यूसर का प्रयोग किया जाता है—

- Resistive potentiometer
- Strain gauge
- Variable inductance transducer
- Linear variable differential transducers (LVDT)
- Capacitive transducers
- Piezoelectric transducers
- Hall effect transducers
- Electric transducers
- Ionization transducers
- Digital transducers
- Acoustic transducers.

कोणीय विस्थापन के लिए निम्न ट्रांसड्यूसर प्रयोग किए जाते हैं—

- Resistive potentiometer
- Variable Inductance transducer
- Syncronous
- Capacitive transducers
- Rotatory variable difference transformer (RVDT)
- Variable reluctance transducer.

4.7 गति सेन्सर (Speed Sensor)

The motion sensor is an infrared human detection sensor which as opposed to factory automation sensors that are used with factory equipment is designed to be incorporated into various devices that exist around as in daily life.

गति सेन्सर मनुष्य खोज का सेन्सर का अवरक्त रूप है जिसकी सहायता से मनुष्य की गतिविधियों तथा गति को Sense किया जाता है।

गति सेन्सर के प्रकार

1. निष्क्रिय अवरक्त सेन्सर (Passive Infrared Sensor)
2. क्षेत्रफल परावर्तक सेन्सर (Area Reflective Type Sensor)

4.8 इलेक्ट्रो-मैकेनिकल सेन्सर व ट्रान्सड्यूसर (Electromechanical Sensors and Transducer)

सामान्यत: आजकल इलेक्ट्रीकल सेन्सर में यांत्रिक संयोजन से निम्न लाभ प्राप्त होते हैं—

(i) कम शक्ति की खपत होती है तथा मापे जाने वाले यन्त्र पर कम भार आता है।

(ii) घर्षण तथा जड़त्व प्रभाव में कमी आती है।

(iii) अधिक सुगठित यंत्र विन्यास होती है।

(iv) Non-contacts मापन की सम्भावना बढ़ जाती है।

(v) उच्च आवृत्ति तथा क्षणिक मापन भी प्राप्त हो जाता है।

(vi) रिमोट सूचकांक तथा रिकॉर्डिंग की सम्भावना बढ़ जाती है।

(vii) प्रवर्धन (Amplification) क्षमता में वृद्धि हो जाती है।

(viii) गणितीय सिग्नल जैसे जोड़, एकीकरण आदि की सम्भावना बढ़ जाती है।

4.9 बल सेन्सर (Force Sensor)

Force is defined as any cause that produces stops or change the motion of a body or trends to produce these effects.

बल वह कारक है जिसकी सहायता से किसी पिण्ड की अवस्था में परिवर्तन, उसकी गति को बढ़ाया, घटाया या रोका जाता है।

बल का मान निम्न सिद्धान्तों की सहायता से ज्ञात किया जाता है—

(i) किसी मात्रक द्रव्यमान पर किसी बल को किसी ज्ञात बल के सापेक्ष मापा जाता है।

Balancing the of force against a known gravitational force on a standard mass. (SCALES and Balances)

(ii) बल को द्रवीय दाब के रूप में परिवर्तित करना तथा परिणामी दाब को मापना।

Translating the force to a fluid pressure and the measuring the resulting pressure.

(Hydraulic and Pneumatic Load cells)

(iii) बल को किसी अन्य अवयय पर स्थानांतरित करके विक्षेप (deflection) को मापना (Proving Ring)।

(iv) बल को किसी ज्ञात द्रव्यमान पर लगाकर परिणामी त्वरण ज्ञात करना।

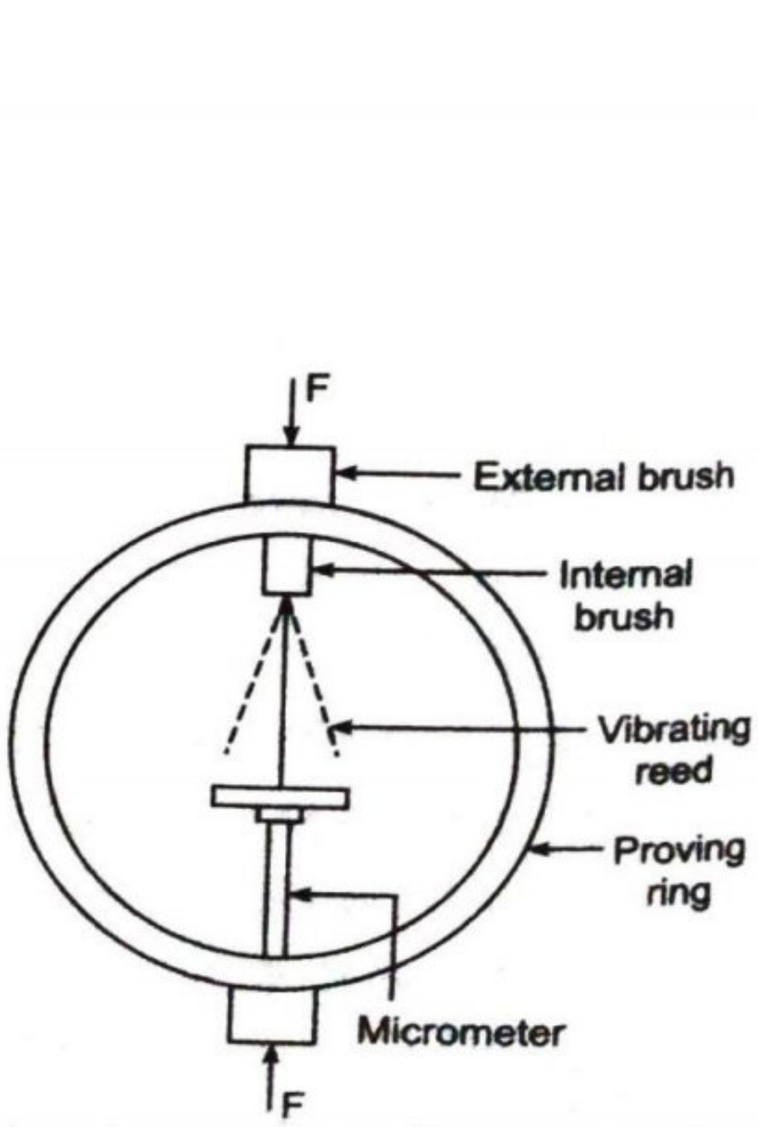
(v) बल को चुम्बकीय बल में परिवर्तित करना।

Scale and Balance— प्रमुख उपकरण निम्न हैं—

- Even-arm Balance and Even-arm scale
- Beam scale
- Pendulum scale

Springs—इनकी क्षमता कुछ ग्राम से लेकर 20,000 kg या उससे अधिक होती है। यह 0°C के मध्य कार्य करती है। इनकी यथार्थता 0.5 से 1.0% तक होती है।

Proving Ring—यह सामान्यत: स्टील रिंग होते हैं जिनकी सहायता से बल का मापन किया जाता है। इसमें LVDT की सहायता से मापन किया जाता है। 2kN से 2MN तक बल मापा जा सकता है जिसकी यथार्थता ±0·1% होती है।



चित्र 4.13

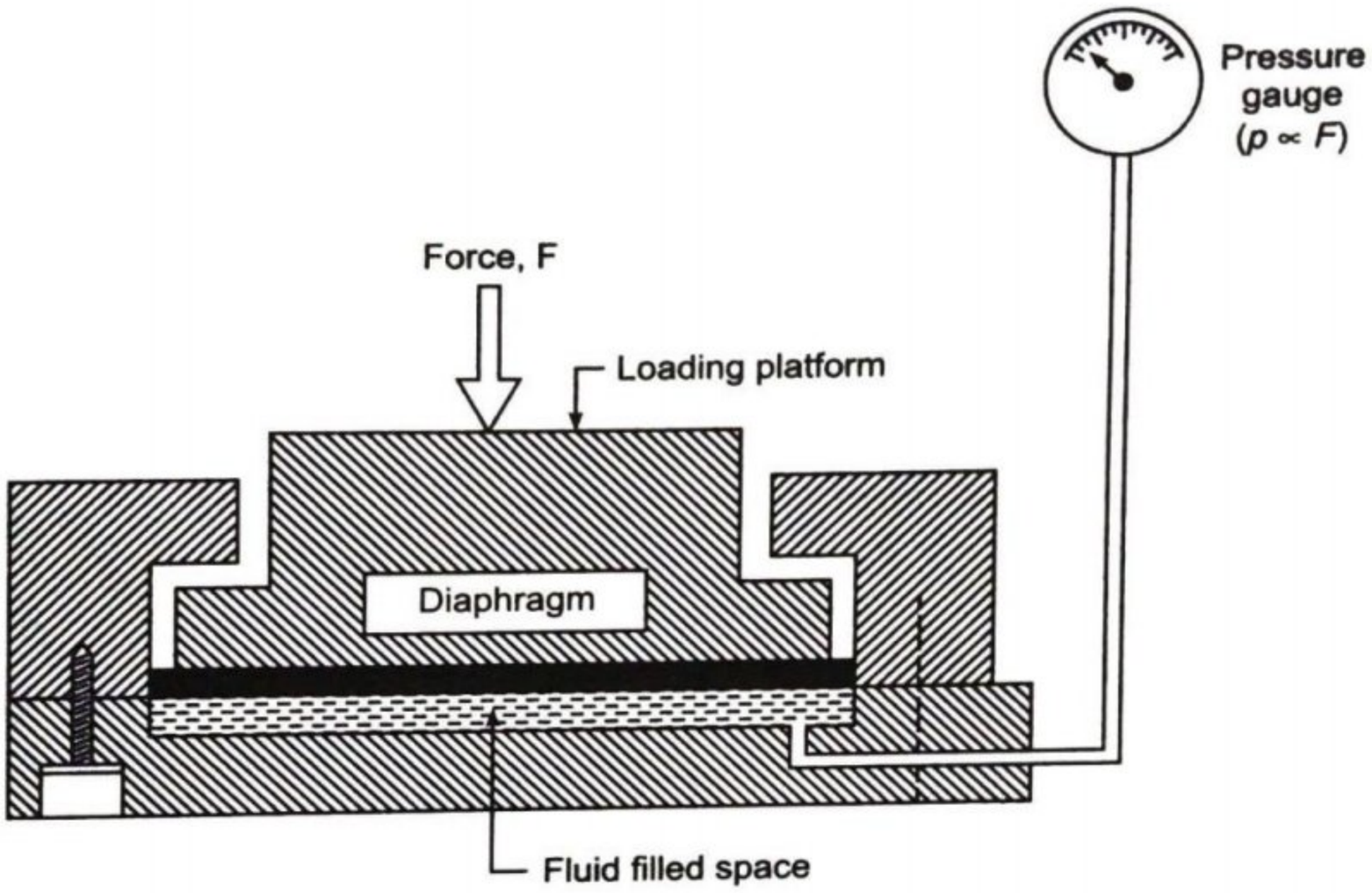
Load Cells—Load cells are elastic devices that can be used for measurement of secondary transducers.

Type of Load Cells

(i) Hydraulic Load Cell

(ii) Pneumatic Load Cell

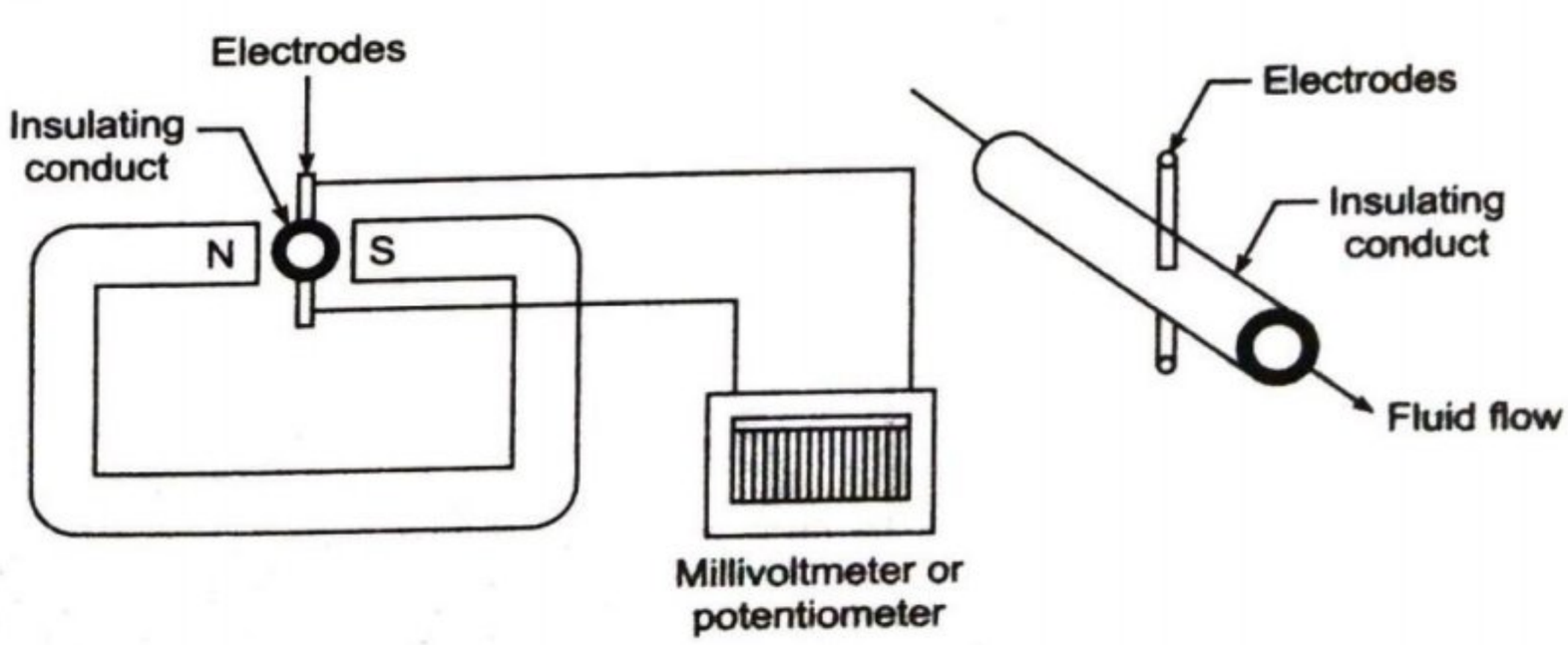
(iii) Strain Gauge Load Cell



चित्र 4.14 : Hydraulic Load Cell

4.10 द्रव प्रवाह सेन्सर (Liquid Flow Sensor)

द्रव प्रवाह सेन्सर के रूप में इलेक्ट्रो-मैग्नेटिक प्रवाह मीटर (Electro-magnetic flow meter) का प्रयोग किया जाता है। Electromagnetic flow meter का व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 4.15 : Electromagnetic flow meter

इसमें सर्वप्रथम द्रव प्रवाह को Electrically conducting liquid flow में बदलते हैं जिसे हम इलेक्ट्रोड सेट के दोनों ओर उत्पन्न हुए emf की सहायता से मापते हैं।

4.11 Liquid Level Sensor

द्रव तल से तात्पर्य द्रव की स्थिति, ऊँचाई से है। इसे हम डेटम लाइन (Datum Line) से मापते हैं। द्रव तल को दो विधियों से मापा जाता है—

(i) प्रत्यक्ष विधि (Direct method)

(ii) अप्रत्यक्ष विधि (Indirect method)

(i) प्रत्यक्ष विधि—प्रत्यक्ष विधि के अन्तर्गत निम्न गेज आते हैं—

(a) Sight glass level gauge

(b) Float gauges— Float and tape liquid level gauge

Float and shaft liquid level gauge.

(ii) अप्रत्यक्ष विधि—अप्रत्यक्ष विधि के अन्तर्गत निम्न गेज आते हैं—

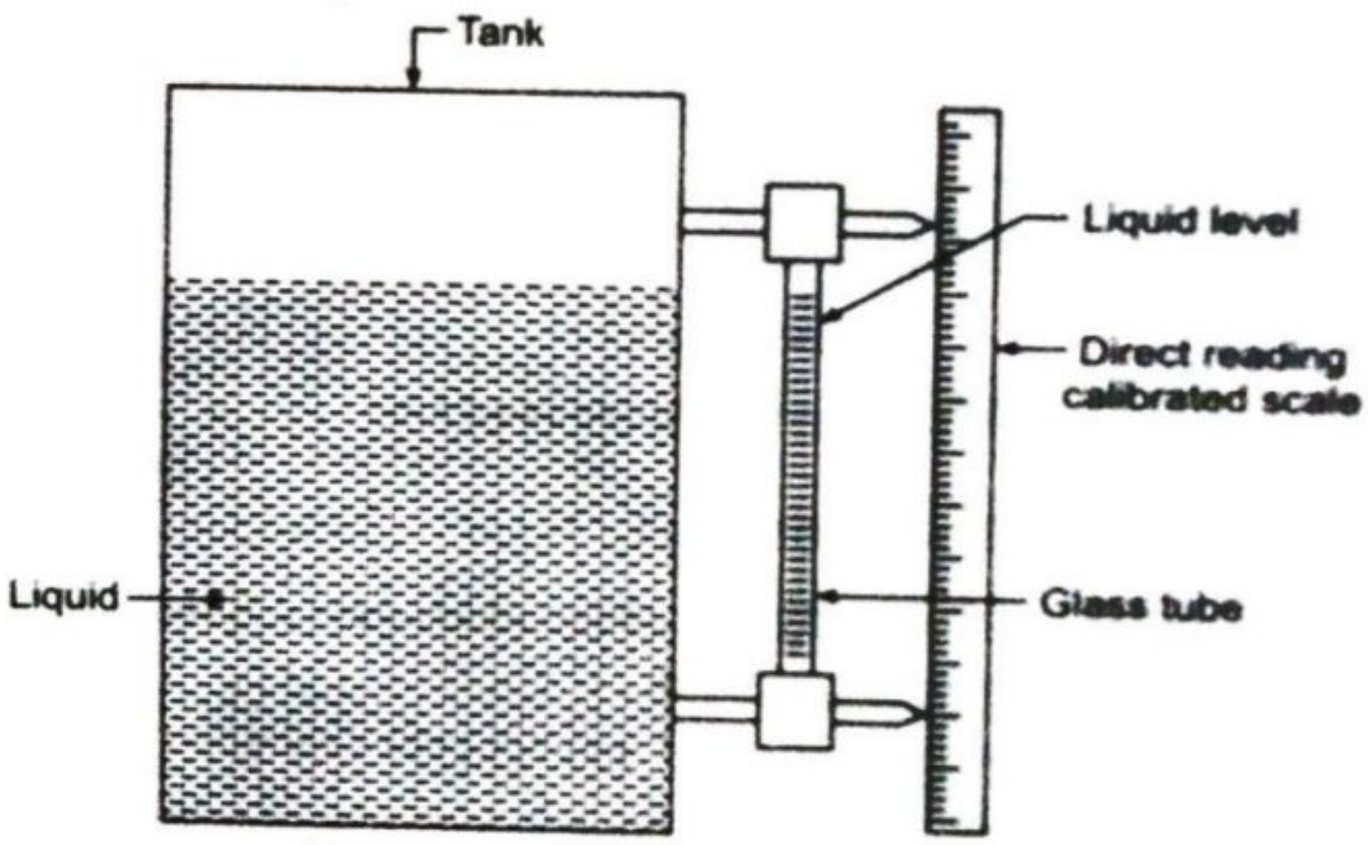
(a) Hydrostatic pressure device

(b) Capacitance type level gauge

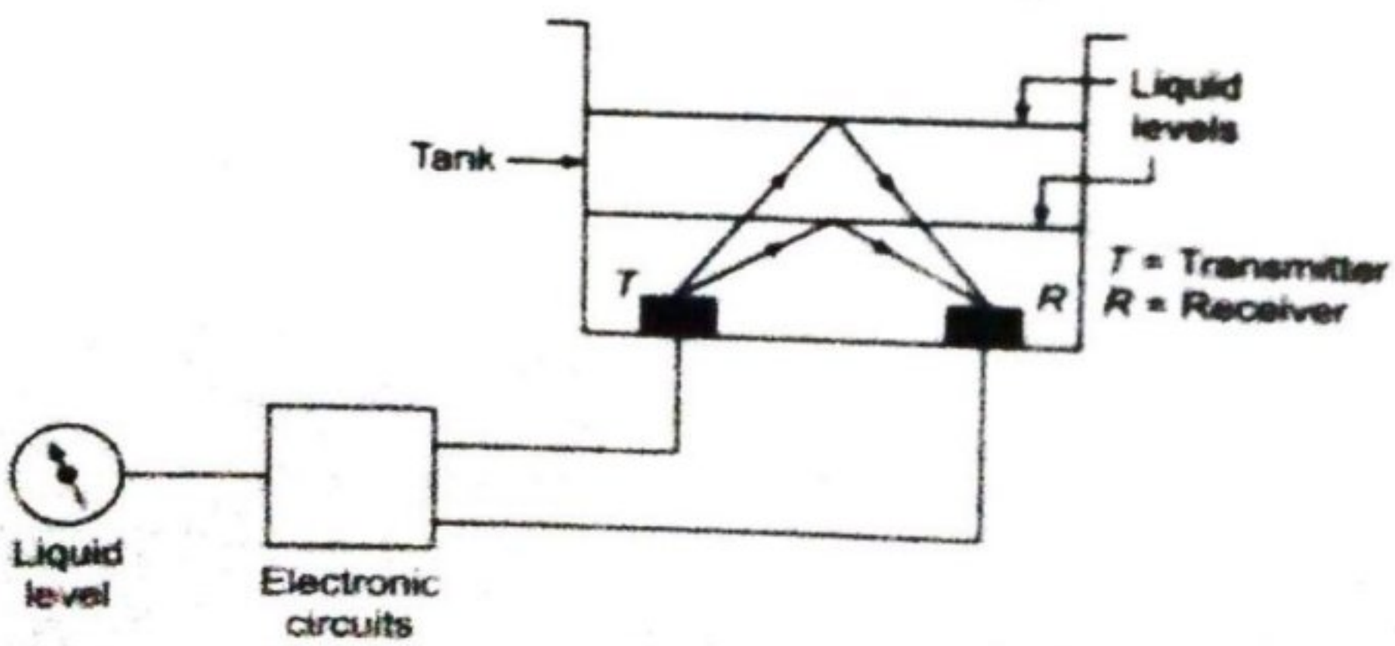
(c) Gamma rays liquid level gauge

(d) Ultrasonic liquid level gauge.

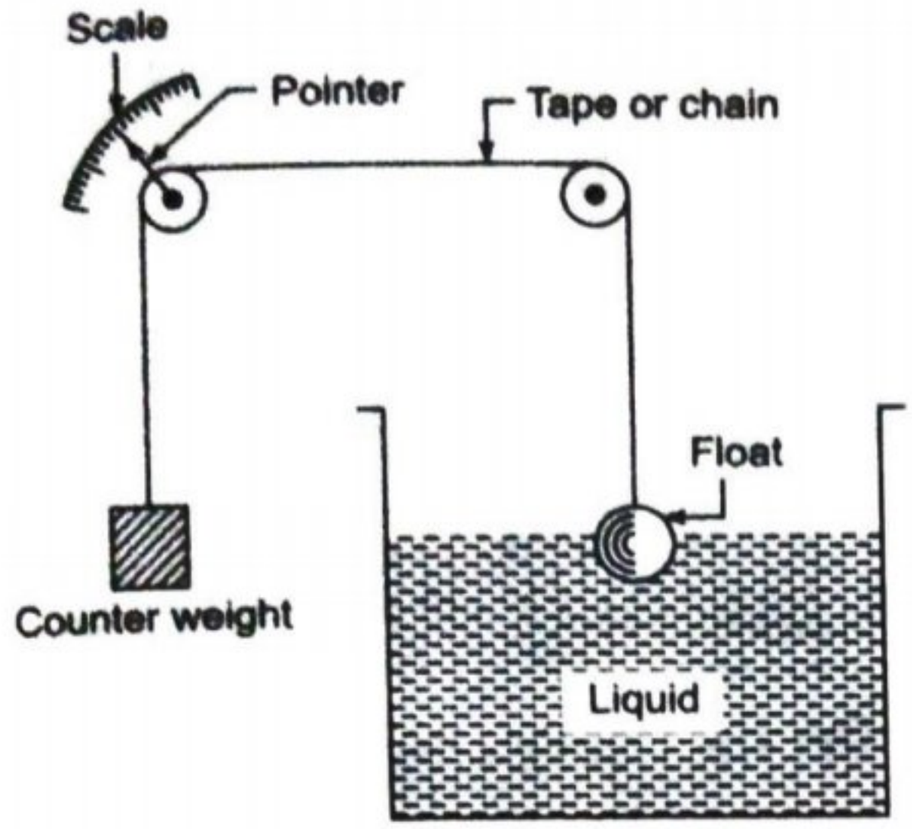
प्रमुख Gauges के आरेख नीचे दिए गये हैं—



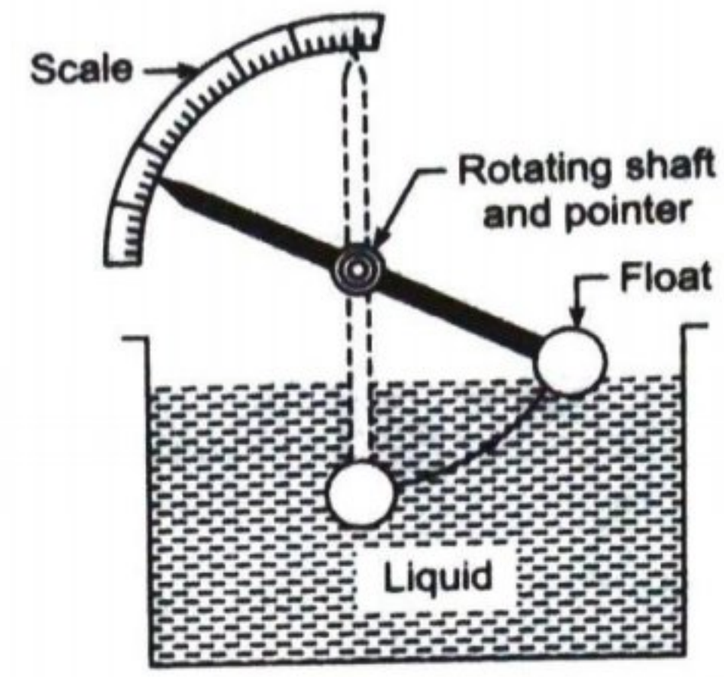
चित्र 4.16 : Sight Glass Level Gauge



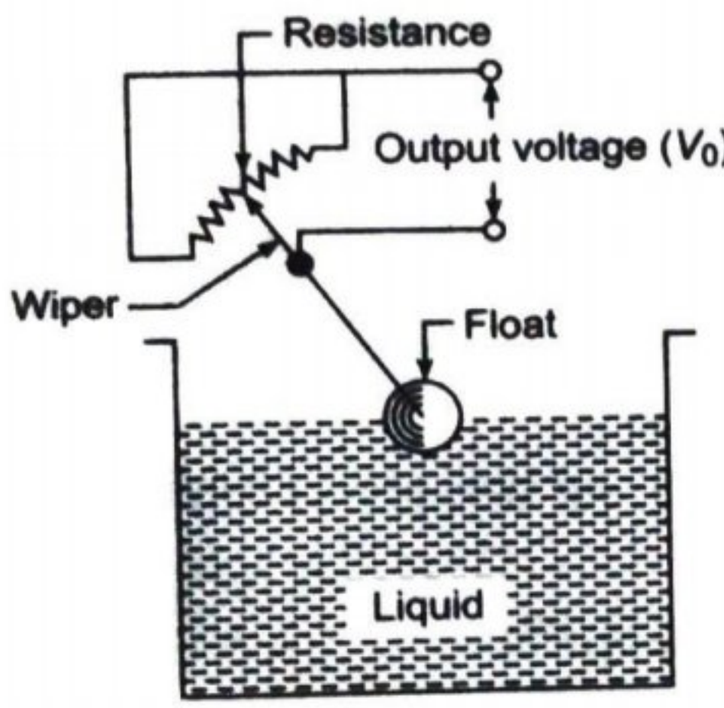
चित्र 4.17 : Ultrasonic Liquid Level Gauge



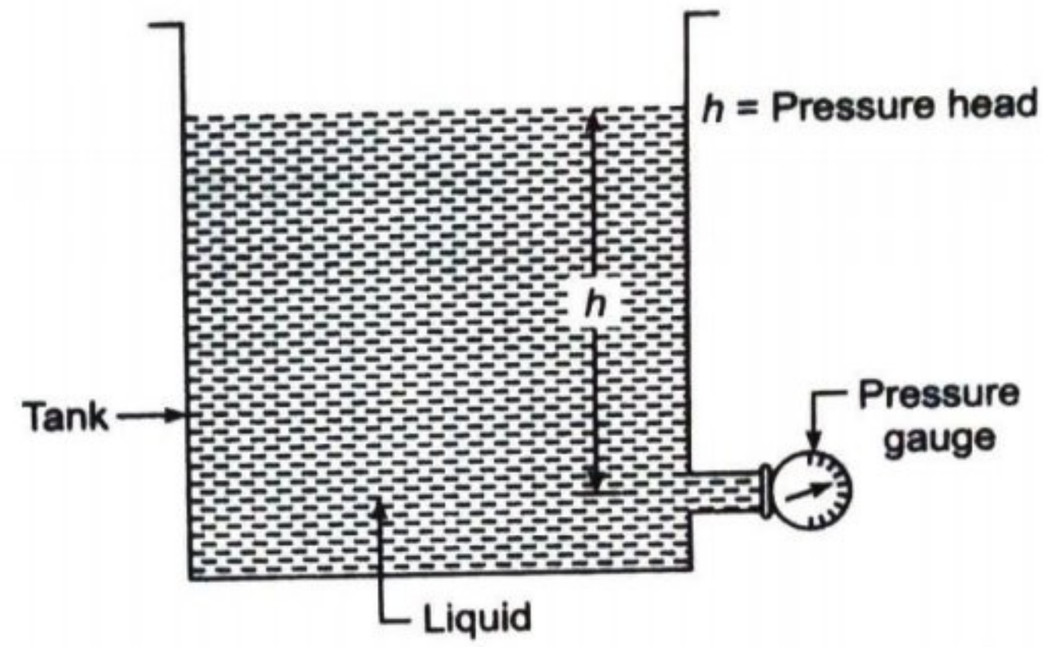
चित्र 4.18 : Float and Tape Liquid Level Gauge



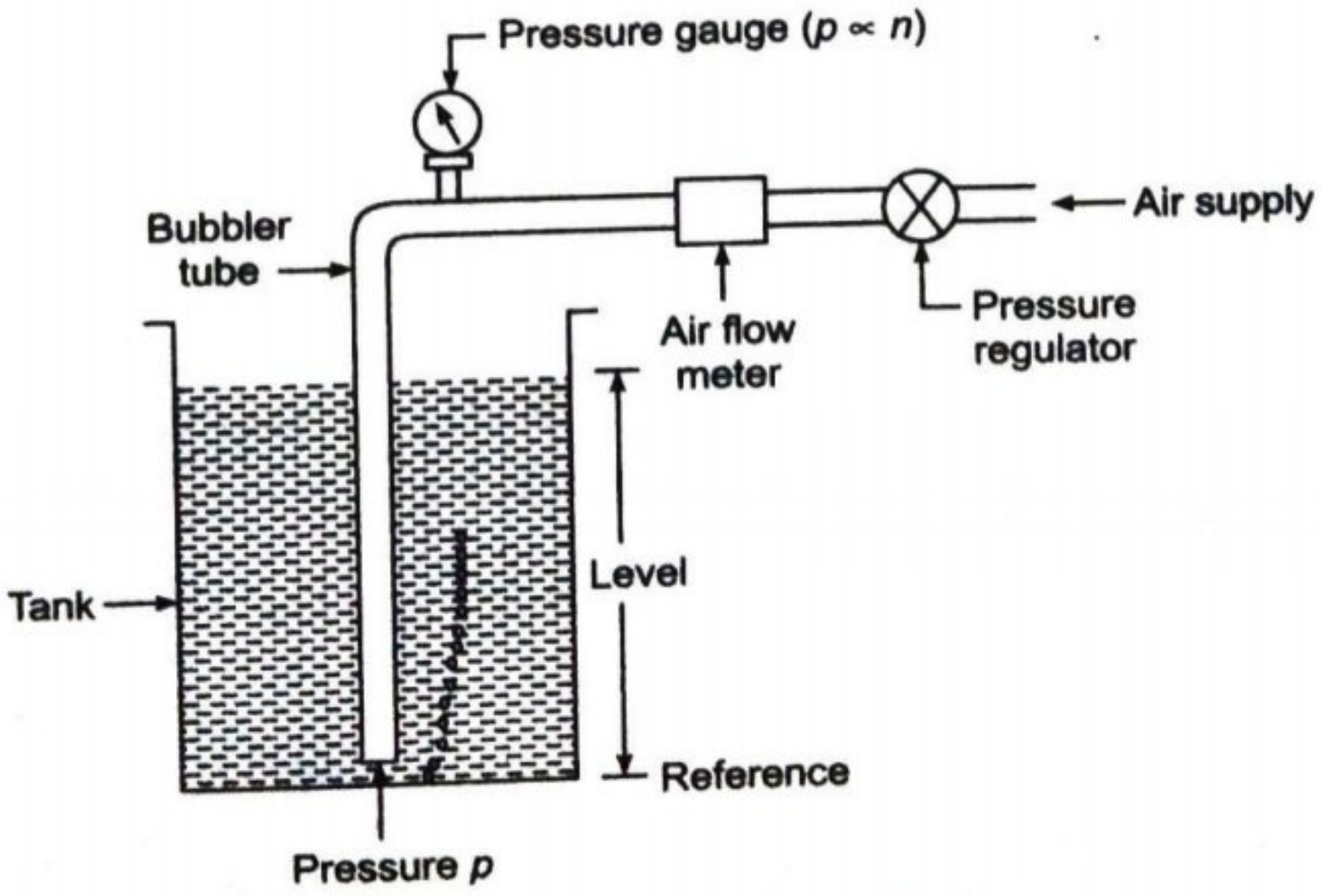
चित्र 4.19 : Float and Shaft Liquid Level Gauge



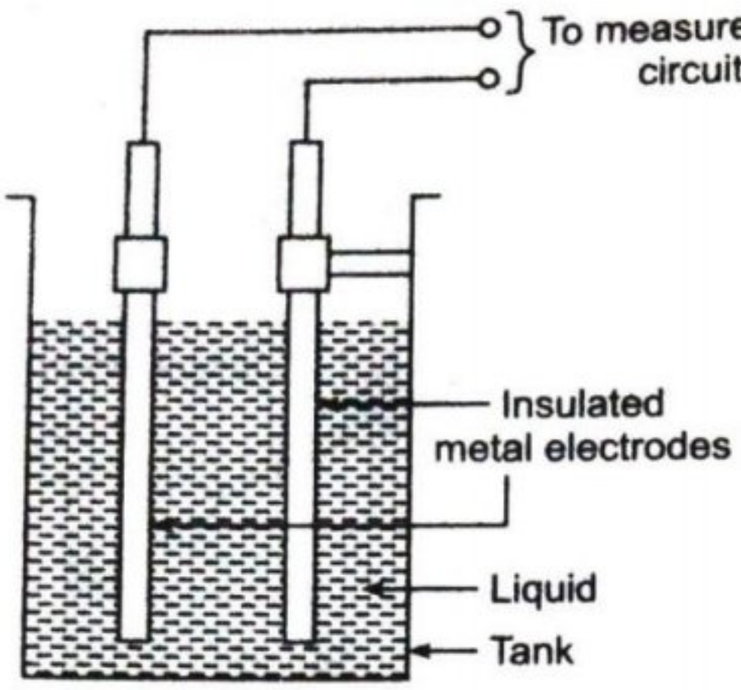
चित्र 4.20 : Float Operated Potentiometer



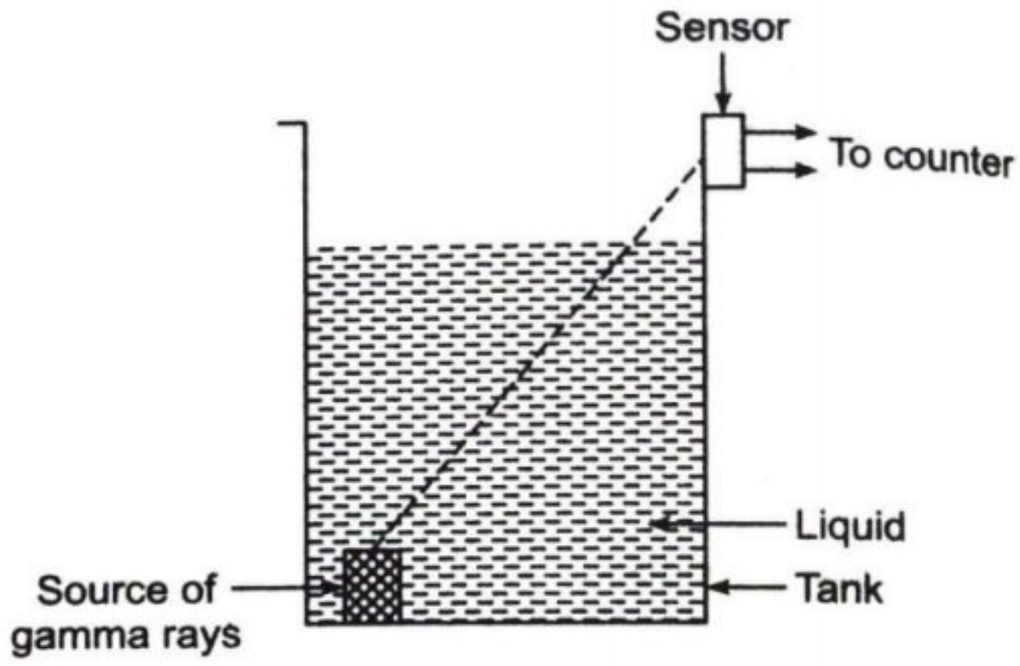
चित्र 4.21 : Hydrostatic Pressure Type Level Measuring Device.



चित्र 4.22 : Bubbler or Purge System



चित्र 4.23 : Capacitance Type Liquid Level Gauge



चित्र 4.24 : Gamma Rays Liquid Level Gauge

4.12 तापमान सेन्सर (Temperature Sensors)

तापमान किसी पिण्ड की तापीय अवस्था (thermal state) होती है जो एक ठण्डे पिण्ड को गर्म पिण्ड में भेद करती है।

The temperature is a thermal state of a body which distinguishes about hot body from cold body.

Temperature may be defined as follows :

- The measure of the mean kinetic energy as the molecules of a substance :
- The degree of hotness and coldness of a body or an environment measured on a definite scale.
- The driving force or potential causing flow of energy as heat.

सामान्यत: तापमान के मापन के लिए थर्मोमीटर का प्रयोग किया जाता है तथा उच्च तापमान के लिए पायरोमीटर का प्रयोग किया जाता है।

ऊष्मागतिकी का शून्य का नियम तापमान के मापन के लिए आधारशिला है।

तापमान के लिए प्रयुक्त युक्तियाँ निम्न हैं—

(i) Liquid in glass thermometer.

(ii) Bimetallic elements.

(iii) Constant volume gas thermometer.

(iv) Pressure thermometer

(v) Resistance thermometers (RTD, PRT)

(vi) Thermocouple.

(vii) Thermistors.

(viii) Semiconductor Junction sensors.

(ix) Electrical Sensors.

(x) Thermal and Photon Sensor.

(xi) Total Radiation Pyrometers.

(xii) Infrared Pyrometer.

(xiii) Fusible Indicator.

(xiv) Liquid crystals

(xv) Temperature reference cells.

प्रमुख युक्तियाँ का वर्णन निम्नलिखित है—

(i) Thermistors—इसे Thermal resistor के नाम से भी जाना जाता है। यह एक तपीय Sensitive Variable resistance होता है जो ceramic अर्द्धकुचालक पदार्थ का बना होता है। यह beads, disc, washer etc., के रूप में होता है।

इसमें विभिन्न प्रकार के ऑक्साइड (जैसे-मैग्नीशियम, निकिल, कोबाल्ट) जिसकी प्रतिरोधकता 100 – 4,50,000Ω होती है। इसके साथ ही Germanium & carbon impregnated glass की डोपिंग भी की जाती है।

(ii) Thermocouple thermometer—यह उच्च तापमान (लगभग 650°C से ऊपर) कें लिए थर्मोकपल तथा पायरोमीटर का भी प्रयोग किया जाता है।

(a) सी-बैक प्रभाव (Seebeck effect)

(b) पेल्टियर प्रभाव (Peltier effect)

(c) थॉमसन प्रभाव (Thomson effect)

(d) जूलियन प्रभाव (Joulean effect)

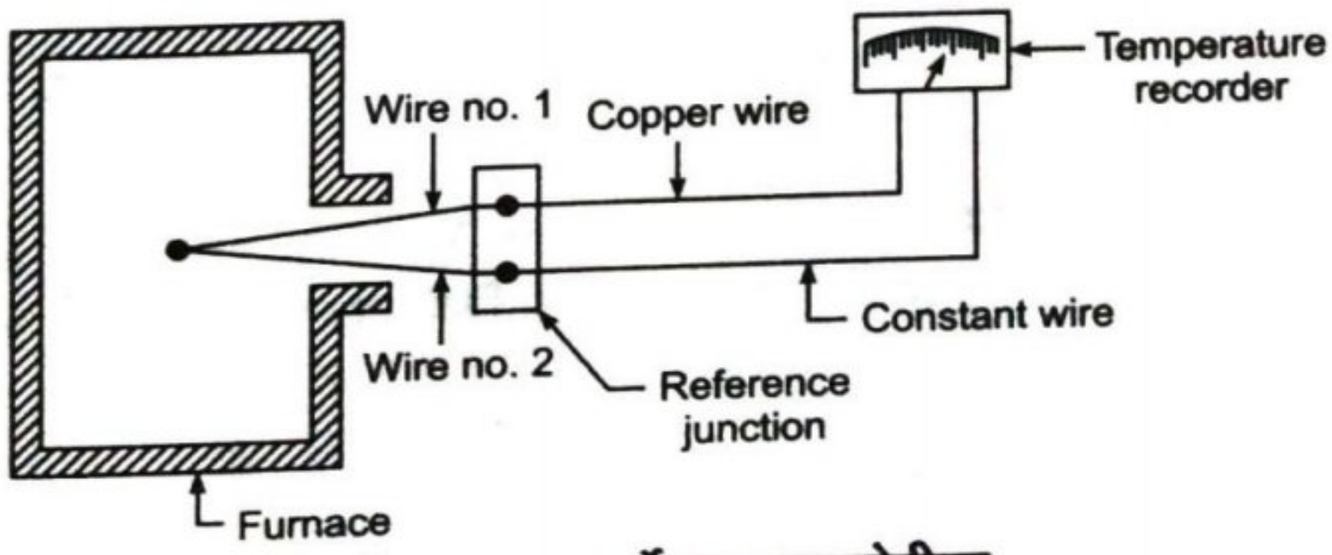
(e) संवहन प्रभाव (Conduction effect)

पायरोमीटर एक ऐसा उपकरण है जिसकी सहायता से हम भट्टी के तापमान का मापन करते हैं। यह भट्टी के उच्च तापमान के मापन में प्रयोग होता है। मर्करी की सहायता से भट्टी का तापमान 650°C तक मापा जा सकता है।

(a) थर्मोकपल पायरोमीटर

(b) ऑप्टिकल तथा विकिरण पायरोमीटर

(a) थर्मोकपल पायरोमीटर—इसे प्रत्यक्ष थर्मोकपल पायरोमीटर कहते हैं। इसके अन्तर्गत तापमान का मापन किया जाता है। जब गर्म वस्तु पायरोमीटर के सम्पर्क में आती है। इस पायरोमीटर में तार के दो सिरों को इस प्रकार जोड़ा जाता है। कि वे विद्युत सर्किट का निर्माण करें। तार के दोनों सिरे अलग धातुओं के बनाए जाते हैं। जिससे सर्किट में विद्युत धारा प्रवाहित होती है। दो तारों के इस जोड़ को थर्मोकपल पायरोमीटर कहते हैं।



चित्र 4.25 : थर्मोकपल पायरोमीटर

विद्युत की तीव्रता निर्भर करती है—(i) धातु की प्रकृति पर (ii) तापमान में अन्तर पर।

थर्मोकपल पायरोमीटर के मुख्य अवयय

थर्मोकपल पायरोमीटर का व्यवस्थित आरेख उपरोक्त वर्णित है। इसमें एक थर्मोकपल, एक गैल्वेनोमीटर तारों के साथ व्यवस्थित होते हैं। गैल्वेनोमीटर इस प्रकार व्यवस्थित किया जाता है कि तापमान का मापन करे न कि विद्युत प्रवाह का।

यह निम्न प्रकार के तापमान का मापन करती है–

(i) ठोस धातु की गर्म सतह का

(ii) निकास गैसों तथा अन्य गर्म गैसों के तापमान का मापन

(iii) गलनीय धातु के तापमान का मापन।

विभिन्न प्रकार थर्मोकपल पायरोमीटर

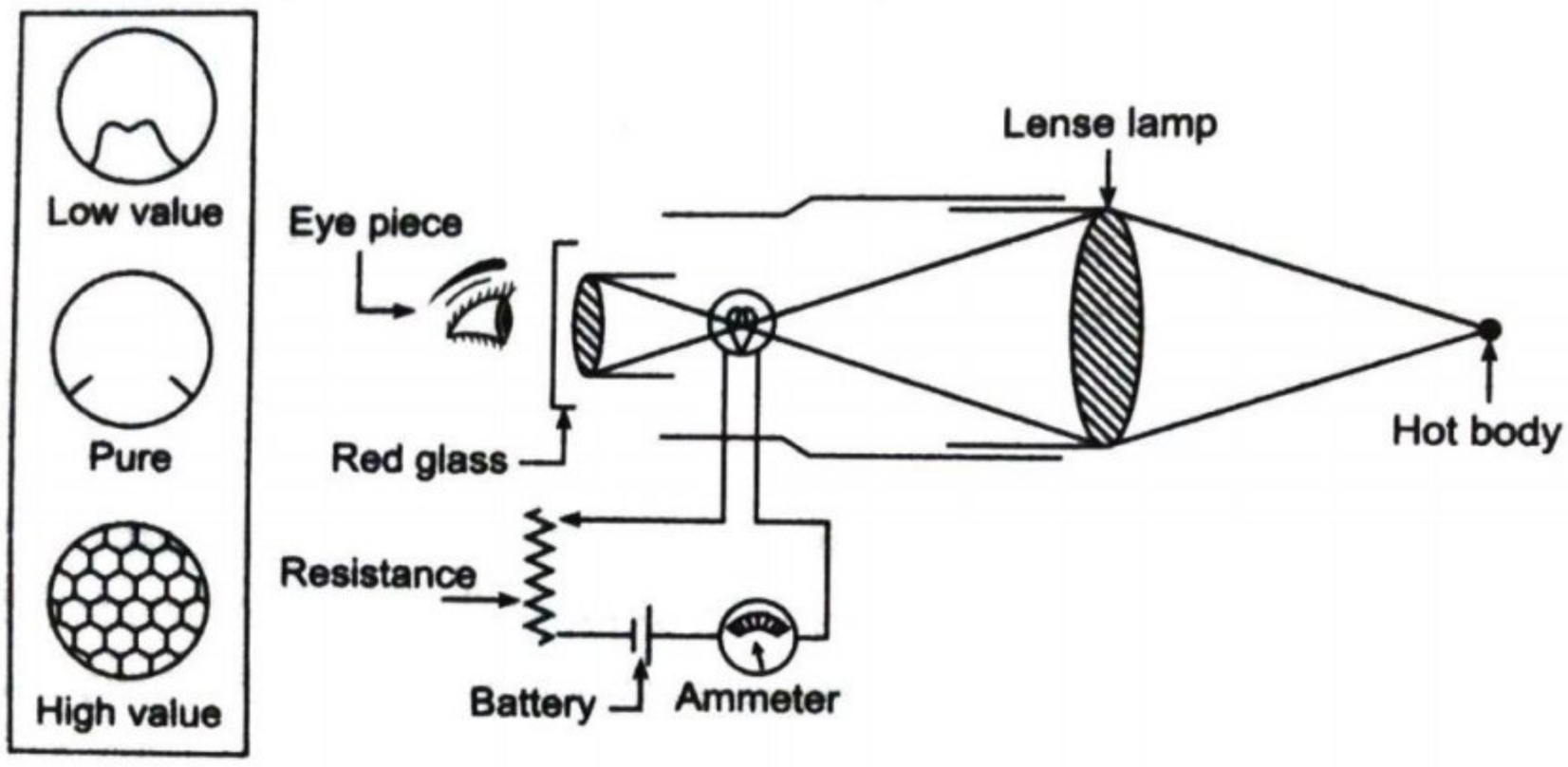
(i) नोवेल धातु थर्मोकपल—यह 100% प्लेटिनम या 90% प्लेटिनम तथा 10% रेडियम का बना होता है।

(ii) आयरन एवं अन्य धातु—इसमें 60% कॉपर तथा 10% निकिल तथा अन्य बचा हुआ आयरन होता है।

(iii) क्रोमियम एवं एल्यूमिनियम—इसमें 90% निकिल तथा 10% एल्यूमिनियम होता है।

(iv) प्लेटिनम में प्लेटिनम थर्मोकपल—यह 300°C से 1500°C के बीच तापमान का मापन करता है।

इसमें तारों को ट्यूब के अन्दर रखा जाता है जिससे वह वायु के सम्पर्क में आये। यह तापमान का परिशुद्ध मापन करता है। इसका उपयोग शोध कार्यों एवं उच्च तापमान के मान के लिए किया जाता है।



चित्र 4.26

(v) कॉपर एवं अन्य धातु—इससे 350° – 550°C तक तापमान को मापा जाता है। इसका उपयोग टैम्परिंग प्रक्रम के लिए किया जाता है।

(b) ऑप्टिकल तथा विकिरण पायरोमीटर—इसमें गर्म वस्तुओं का प्रत्यक्ष सम्पर्क नहीं होता है। इसमें तापमान का मापन प्रकाश उत्सर्जन तथा लहरों (गर्म वस्तु उत्सर्जित) की सहायता से किया जाता है। इसमें रंगों के विकिरण से तापमान का मापन किया जाता है।

4.13 प्रकाश सेन्सर (Light Sensor)

प्रकाश सेन्सर के रूप में निम्न युक्तियों का प्रयोग करते हैं—

(i) फोटो डायोड (Photo Diode)

(ii) फोटो ट्रांजिस्टर (Photo transistor)

(iii) फोटो रेजिस्टर (Photo Resistor)

(i) फोटो डायोड (Photo diode)—फोटो डायोड अर्द्धचालक जंक्शन डायोड होते हैं जो किसी सर्किट से Resistance से जुड़े होते है। जब प्रकाश इन डायोड पर पड़ते हैं तो तीव्रता के आधार पर प्रतिरोध की मात्रा बढ़ती है या घटती है।

'Photo diodes' are semiconductor junction diodes which are connected into a circuit in a reverse bias. so giving a very high resistance, so that when light falls on the junction the diode resistance drops and the circuit in the circuit rises appreciably.

(ii) फोटो ट्रांजिस्टर—इसमें Collector base *P-N* Junction होता है। जब Transister पर प्रकाश नहीं पड़ता है तो कम तीव्रता की विद्युत Collector to emitter सर्किट में प्रवेश की तीव्रता बढ़ने से विद्युत की तीव्रता भी बढ़ने लगती है जिसे हम प्रतिरोध के रूप में मापते हैं।

The photo transistor have a light sensitive collector base *P-N* Junction. When there is no incident light there is a very small collector to emitter current.

When light is incident a base current produced that is directly proportional to the light intensity. This leads to the production of a collector current which is then a measure of the light intensity.

(iii) फोटो रेजिस्टर—It has a resistance which depends on the intensity of the light falling on it. decreasing sulphide photo resistor का प्रयोग किया जाता है।

सेन्सर का चुनाव (Selection of Sensor)

सेन्सर का चुनाव करते समय निम्न बातें विचारणीय होते हैं—

(i) मापन की प्रकृति
(ii) मापन के लिए प्रयुक्त प्रदत्त सिग्नल पर
(iii) मापन के लिए डाटा प्राप्त सिग्नल पर
(iv) मापन की यथार्थता पर
(v) मापन की गति पर
(vi) मापन युक्ति की रेंज पर
(vii) मापन की युक्ति विश्वसनीयता पर
(viii) Speed of Response
(ix) Other factors such as maintainability, life, power supply requirements, ruggedness, cost etc.

4.14 Concept of Actuators

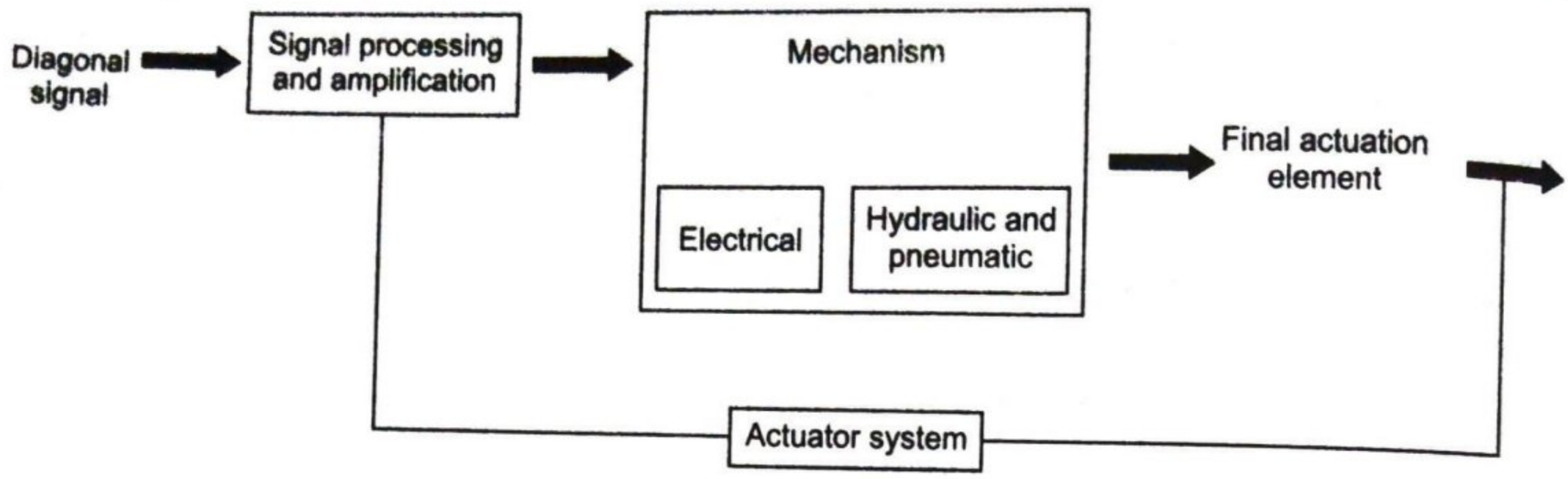
1. प्रवर्तन निकाय—परिचय (Actuation System : Introduction)—Actuators produces physical changes such as linear and angular displacements. They also modulate the rate and power associated with these changes.

Actuator : A mechanism that puts something into automatic action.

प्रवर्तन की सहायता से हम भौतिक परिवर्तन (उदाहरण के लिए रेखीय एवं कोणीय विस्थापन) करते है। यह परिवर्तन के साथ परिवर्तन दर तथा परिवर्तन शक्ति को भी व्यवस्थित करता है।

सामान्यत: चार प्रवर्तन निकाय होते है—

(i) यांत्रिक प्रवर्तन निकाय (Mechanical actuation system)
(ii) विद्युत प्रवर्तन निकाय (Electrical actuation system)
(iii) द्रवीय प्रवर्तन निकाय (Hydraulic actuation system)
(iv) वायुवीय प्रवर्तन निकाय (Pneumatic actuation system)



चित्र 4.27

वायुवीय एवं द्रवीय प्रवर्तन निकाय

वायुवीय प्रवर्तन निकाय में वायु को सम्पीडन करके (सम्पीडित वायु) प्रसारित किया जाता है। जिससे शक्ति नियन्त्रित होती है।

वायु को माध्यम के रूप में प्रयोग करने के लाभ निम्न हैं–

1. सुरक्षित माध्यम है।
2. सबसे सस्ता माध्यम है।
3. आसानी से उपलब्धता।
4. प्रवेश एवं निकास के लिए माध्यम की आवश्यकता नहीं होती है।

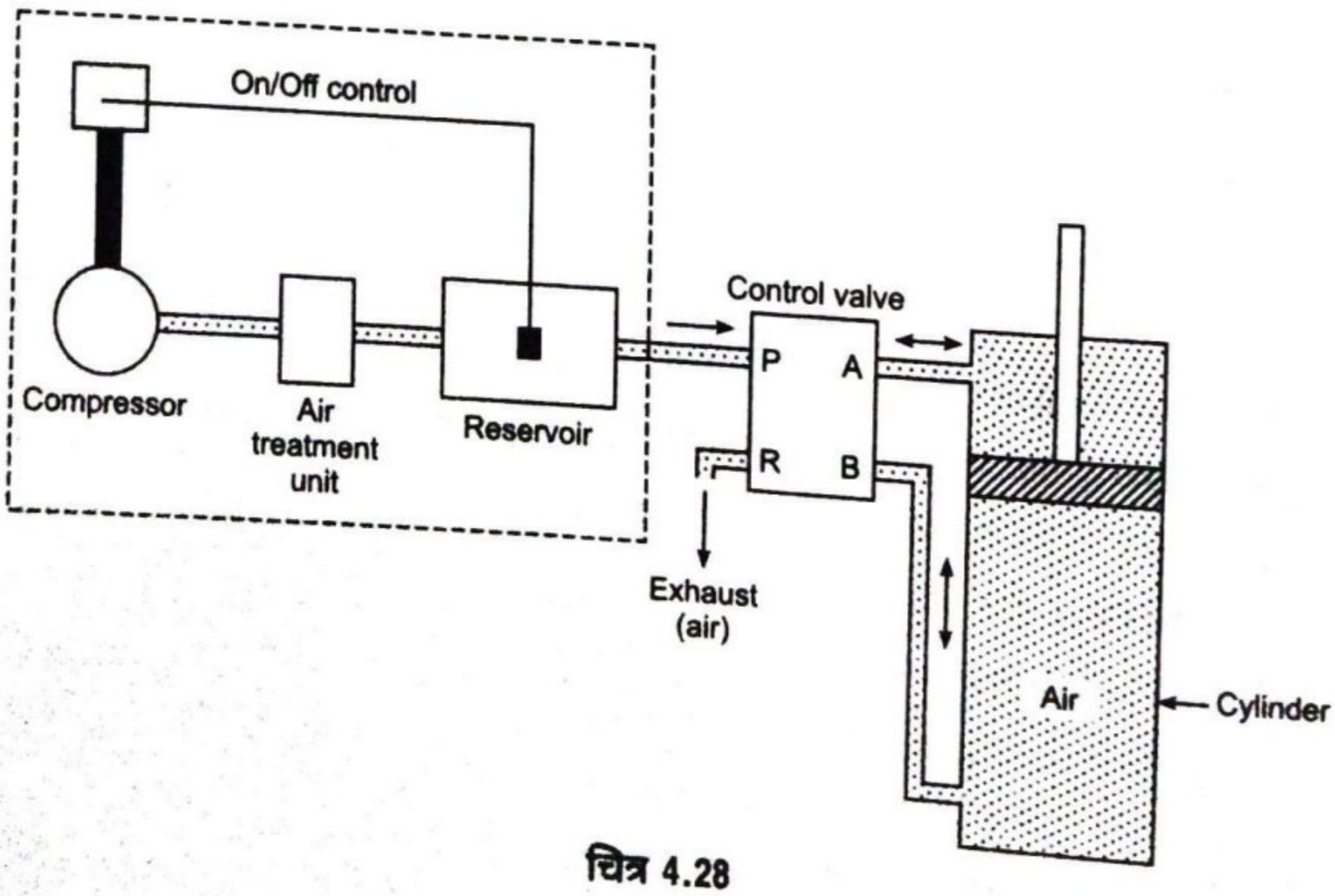
वायुवीय प्रवर्तन निकाय के मुख्य अवयव

(i) सम्पीडक (Compressor)

(ii) वायु उपचार यूनिट (Air treatment unit)

(iii) भण्डारण

(iv) नियंत्रण वाल्व एवं प्रवर्तन (Control Valve & Actuator)— वायुवीय प्रवर्तन निकाय का व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 4.28

1. सम्पीडक (Compressor)—इसका प्रयोग वस्तु को सम्पीड़ित करने के लिए किया जाता है जिसकी क्षमता 500 kPa – 1.0 MPa होती है।

2. वायु उपचार यूनिट (Air treatment unit)—प्रवेश वायु के सम्पीडन के पश्चात्, वायु को उपचारित किया जाता है जिससे अधिक मात्रा में आर्द्रता या ऊष्मा को दूर किया जाता है।

3. भण्डारण (Reservoir)—इसका प्रयोग सम्पीडित वायु को भण्डारित करने के लिए किया जाता है। भण्डारण दाब संवेदनशील स्विच (Pressure sensitive switch) के साथ व्यवस्थित होता है जिससे दाब में गिरावट का तुरन्त पता लगाया जा सकता है।

4. भण्डारण वाल्व एवं प्रवर्तन (Control Valve & Actuator)—नियंत्रण वाल्व एवं प्रवर्तन का मुख्य कार्य प्रक्रम को क्रियान्वित करना एवं नियंत्रित करना होता है।

वायुवीय वाल्व

वायुवीय प्रवर्तन को नियंत्रित करने के लिए वायु ऊर्जा को क्रियान्वित, नियंत्रित एवं भण्डारित एवं पूर्व-निर्धारित क्रम में किया जाता है। उपरोक्त को हम वायुवीय वाल्व की सहायता से प्राप्त करते हैं।

वायुवीय एवं द्रवीय निकाय

(a) दिशा नियंत्रण वाल्व (Direction Control Valve)

1. दो-द्वार वाल्व (Two-way Valve)
2. तीन-द्वार वाल्व (Three-way Valve)
3. चार-द्वार वाल्व (Four -way Valve)
4. पाँच-द्वार वाल्व (Five-way Valve)

(b) वायुवीय चेक वाल्व (Pneumatic check valve)

(c) वायुवीय शटल वाल्व या OR प्रकार वाल्व (Peneumatic Shuttle Valve and OR Type Valve)

(d) AND-प्रकार वाल्व या दो-दाब वाल्व (AND Type value or two-Pressure Valve)

(e) त्वरित निकास वाल्व (Quick Exhaust Valve)

(f) समय विलम्ब वाल्व (Time Delay Valve)

उपरोक्त वाल्व का कार्य निम्नलिखित है—

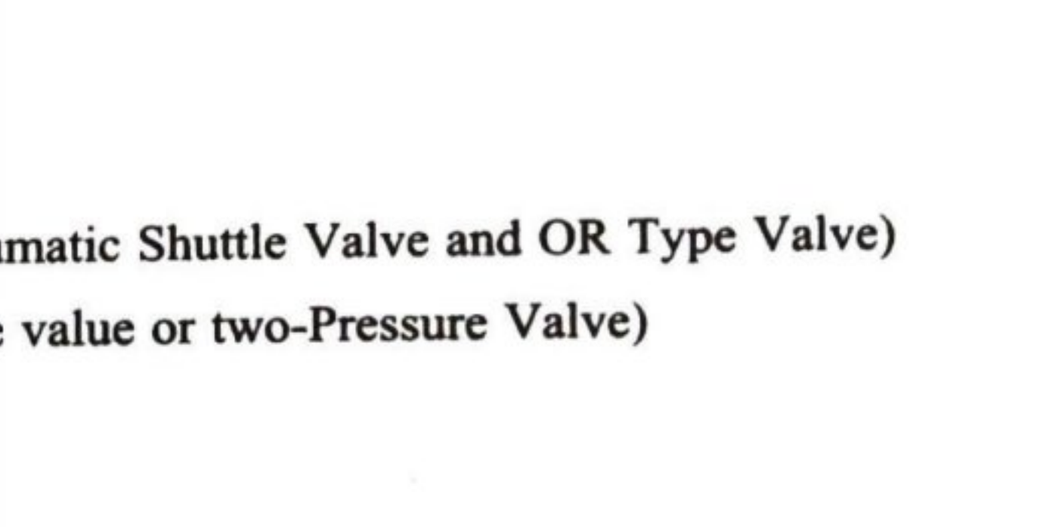
- ➤ प्रवाह की दिशा को नियंत्रित करना।
- ➤ प्रवाह के दाब को नियंत्रित करना।
- ➤ प्रवाह को प्रारम्भ, अन्त एवं क्रियान्वित करना।
- ➤ वायु वितरण को नियन्त्रित करना।

(a) दिशा नियन्त्रण वाल्व (Direction Control Valve)

(1) दो-द्वार वाल्व (To-way Valve)—यह एक ON-OFF प्रकार का उपकरण होता है। इसमें दो वाल्व होते हैं—

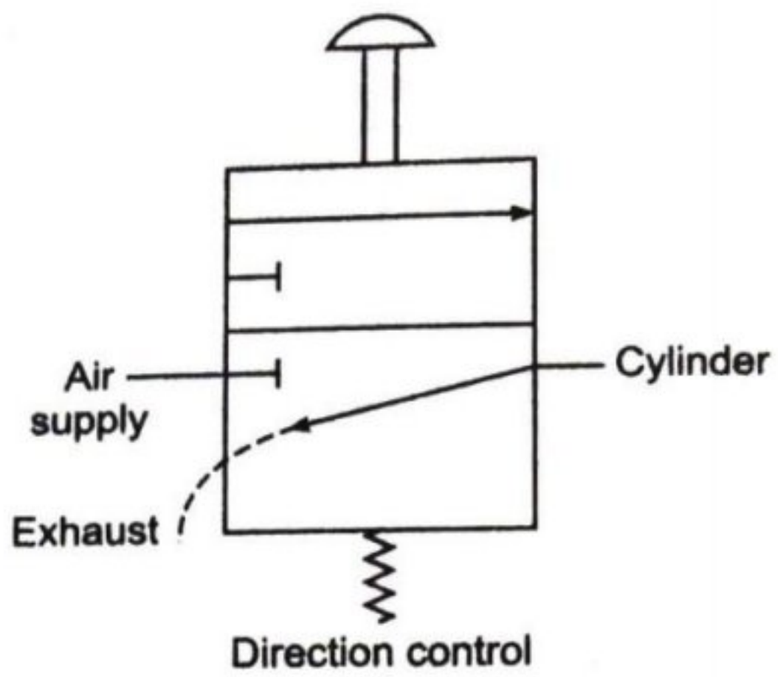
(1) सप्लाई वाल्व या पोर्ट (Supply Valve or Port)

(2) निकास वाल्व या पोर्ट (Exhaust Valve or Port)



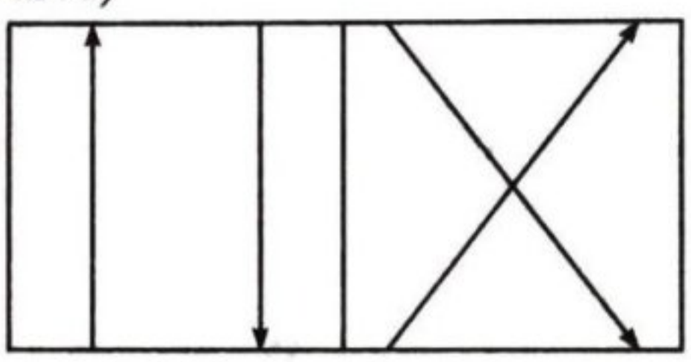
चित्र 4.29

(2) तीन-द्वार वाल्व (Three-way valve)—इसमें तीन पोर्ट होते हैं जिसमें दो वाल्व (पोर्ट) एक प्रवाह पोर्ट से जुड़ा होता है। इसका प्रयोग एकल क्रिया सिलिण्डर या द्वि-क्रिया सिलिण्डर में किया जाता है।



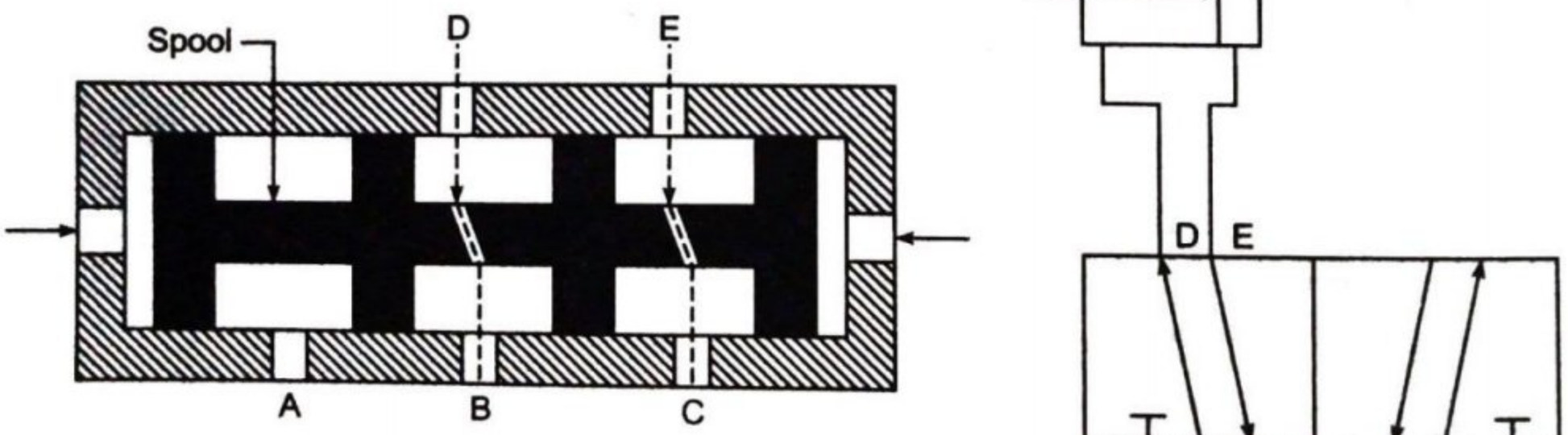
चित्र 4.30

(3) चार-द्वार वाल्व (Four-wayValve)



चित्र 4.31

(4) पाँच-द्वार वाल्व (Five-way Valve)



(a) Sectional view (b) Symbol

चित्र 4.32

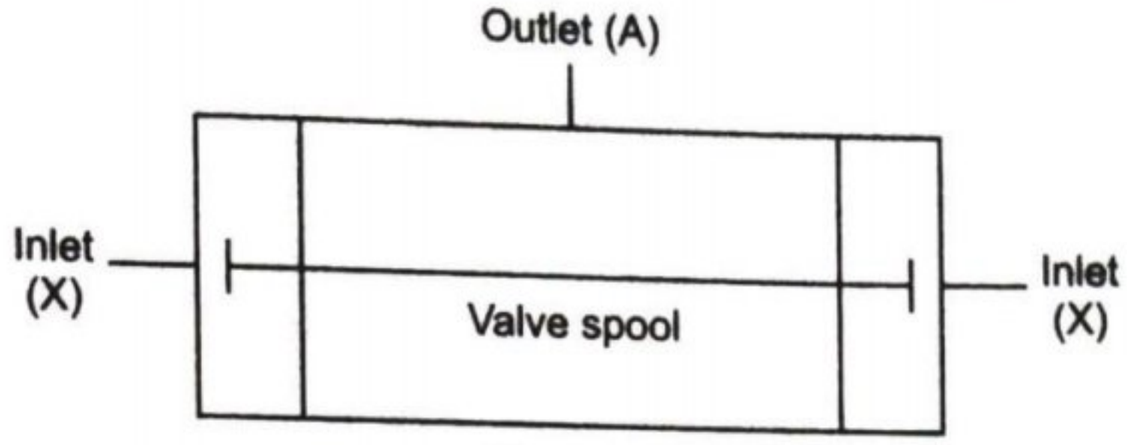
(b) वायुवीय चेक वाल्व (Pneumatic Check Valve)—इसके कार्य निम्नलिखित हैं—

- प्रति प्रवाह एवं उत्क्रम (Counter flow & reverse flow) के दौरान प्रवाह को बन्द करता है।
- निम्न दाब पर कार्य करता है।

(c) प्रवाह नियन्त्रण वाल्व (Flow Control Valve)—इसमें एक स्प्रिंग भारित डिस्क होता है जो मुख्य प्रवाह को एक दिशा में क्रियान्वित करता हैं तथा विपरीत दिशा में प्रवाह को संयोजित एवं नियंत्रित करता है।

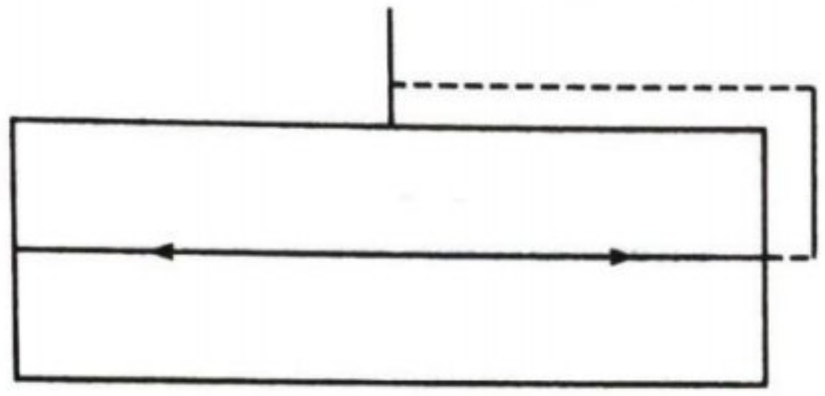
(d) वायु शटल वाल्व या OR प्रकार (OR Type Valve)—यह प्रवाह उच्च दाब से निम्न दाब की ओर करता है।

(e) AND Valve—In this type of valve, an output is produced if both the input signal are feed.



चित्र 4.33

(f) Quick Exhaust Valve—It is used to induce a higher speed in a cylinder by allowing the exhaust air to pass through the direction Control Valve from the cylinder, so that air energy can act quickly.



चित्र 4.34

2. Time Delay Valve—This valve is used in the pneumatic system to initiate a delayed signal.

4.15 रेखीय एवं घुमाऊ प्रवर्तन (Linear and Rotary Actuator)

रेखीय प्रवर्तन के रूप में हम वायुवीय सिलिण्डर का प्रयोग करते हैं। वायुवीय सिलिण्डर (Pneumatic cylinder) वायुवीय शक्ति को सरल रेखीय पश्चाग्र गति में परिवर्तित करता है।

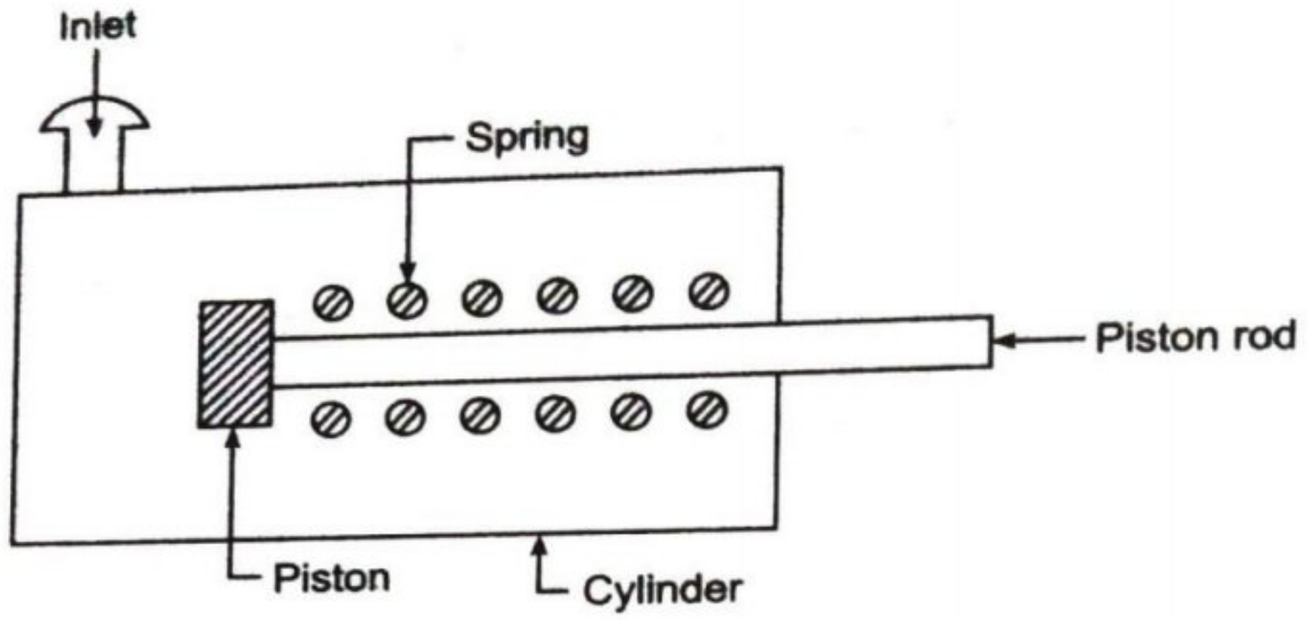
The Pneumatic cylinders convert the pneumatic power into straight line reciprocating motion.

वायुवीय सिलिण्डर Al तथा अन्य लौह धातु का बना होता है, जिससे सिलिण्डर का भार कम होता है, ऊष्मा अन्तरण दर में सुधार होता है तथा क्षरण से भी बचाव होता है।

वायु सिलिण्डर के सिद्धान्तों के आधार पर निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया गया है—

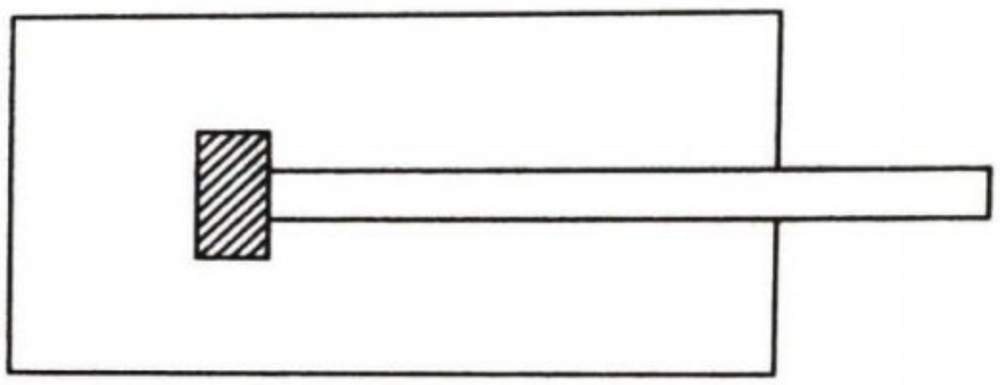
1. एकल क्रिया सिलिण्डर (Single acting Cylinder)
2. द्वि-क्रिया सिलिण्डर (Double acting Cylinder)
3. टेन्डम सिलिण्डर (Tandom cylinder)
4. तीन स्थिति सिलिण्डर (Three position Cylinder)
5. थ्रू रॉड सिलिण्डर (Through rod cylinder)
6. समंजनीय स्ट्रोक सिलिण्डर (Adjustable stroke cylinder)
7. टेलीस्कोप सिलिण्डर (Telescoping cylinders)

1. एकल क्रिया सिलिण्डर (Single acting cylinder)—इसमें सम्पीडित वायु एक तरफ से भरण की जाती है। अत: इसमें सिलिण्डर केवल एक तरफ से क्रिया करता है। स्प्रिंग की सहायता से पिस्टन पश्चाग्र गति करता है।



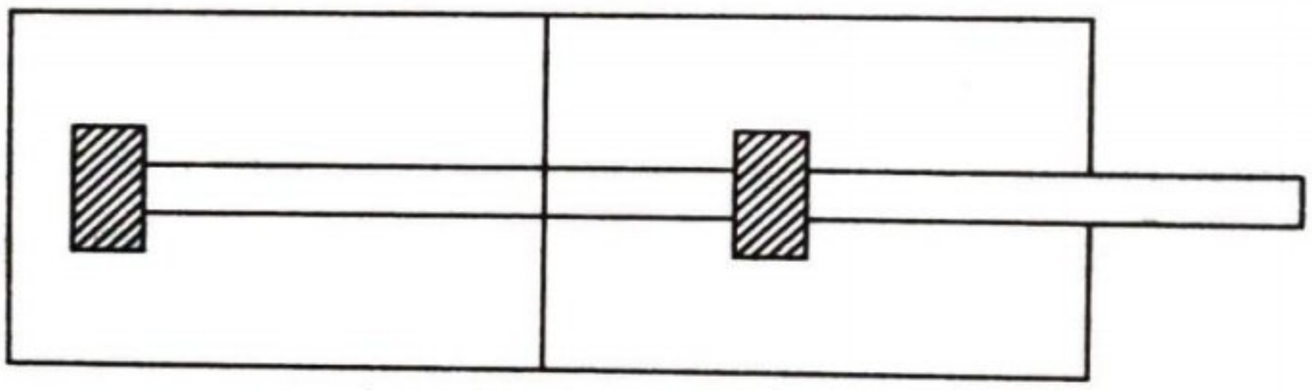
चित्र 4.35

2. द्वि-क्रिया सिलिण्डर (Double acting cylinder)—इस सिलिण्डर में पिस्टन दो दिशाओं में गति करता है।



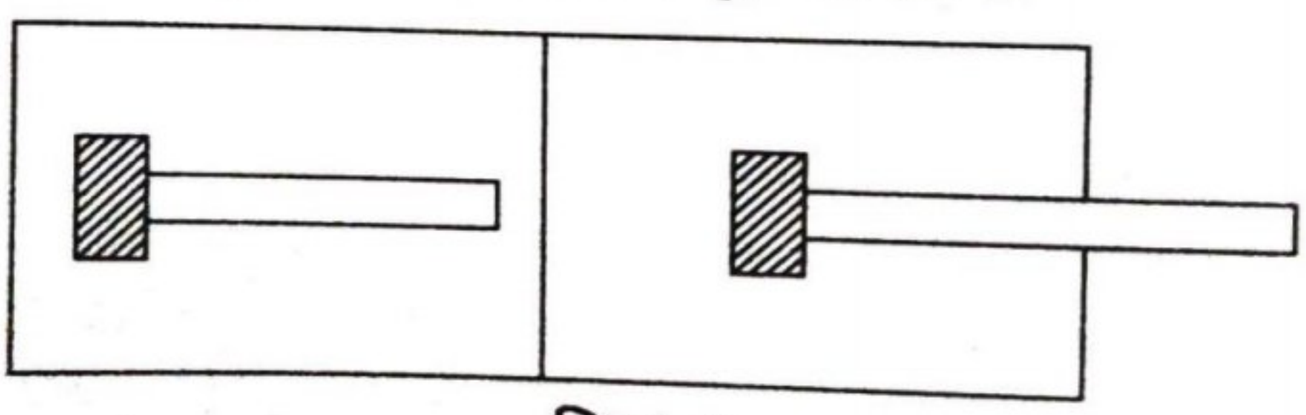
चित्र 4.36

3. टैन्डम सिलिण्डर (Tandem Cylinder)—इसमें दो सिलिण्डर श्रृंखला (Series) में जुड़े होते हैं, जिससे उत्पादित शक्ति दो गुनी हो जाती है।



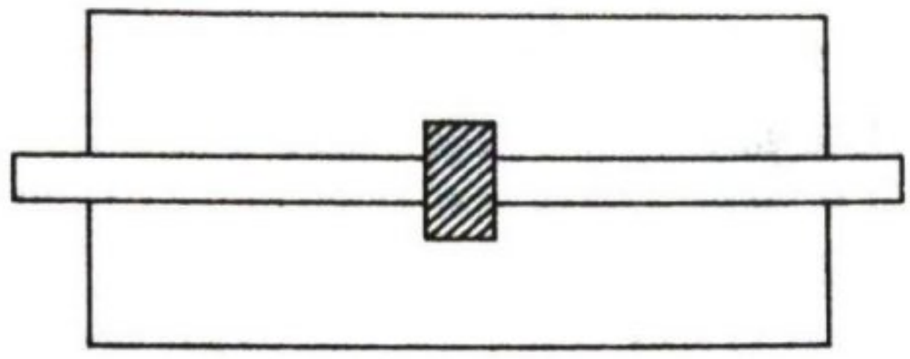
चित्र 4.37

4. तीन स्थिति सिलिण्डर (Three Position Cylinder)—यह Tandom cylinder के समान होता है। अन्तर सिर्फ इतना होता है कि दोनों सिलिण्डर (Right & Left) आपस में जुड़े नहीं होते हैं।



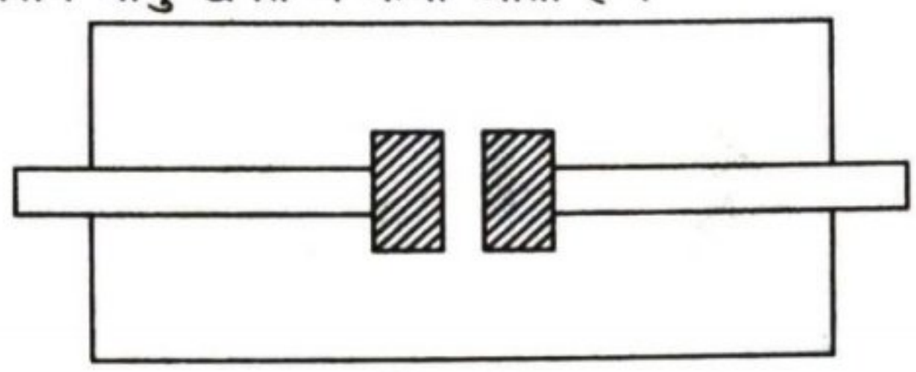
चित्र 4.38

5. थ्रू रॉड सिलिण्डर (Through rod cylinder)—इसमें पिस्टन को दोनों तरफ से बढ़ा दिया जाता है जिससे समान बल तथा गति दोनों तरफ बनी रहे।



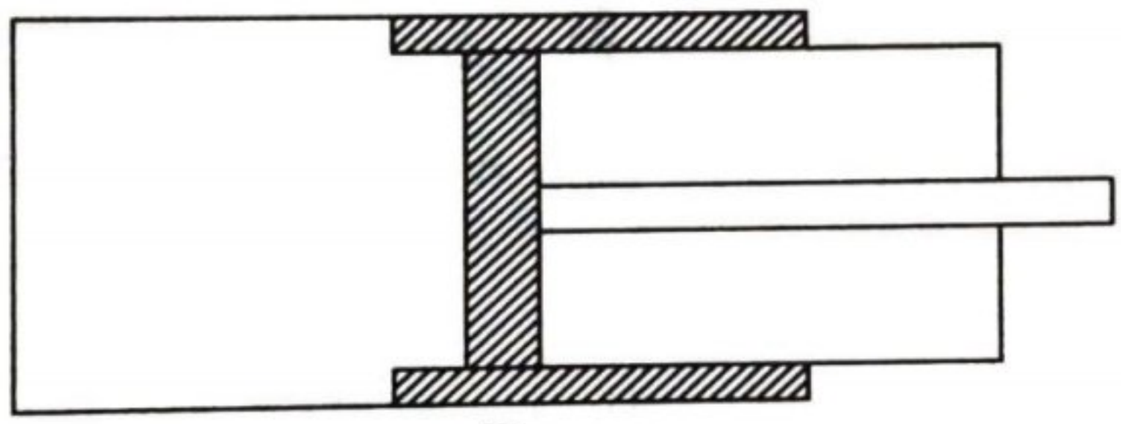
चित्र 4.39

6. समंजनीय स्ट्रोक सिलिण्डर (Adjustable Stroke Cylinder)—इसमें पिस्टन स्ट्रोक को स्क्रू की सहायता से व्यवस्थित किया जा सकता है जिसमें वायु खपत में कमी आती है ।



चित्र 4.40

7. टेलीस्कोप सिलिण्डर (Telescope cylinder)—इसका व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 4.41

4.16 घुमाऊ प्रवर्तन

घुमाऊ प्रवर्तन के रूप में वायु मोटर का प्रयोग किया जाता है। वायु मोटर वायुवीय निकाय में घुमाऊ गति उत्पन्न करता है।

An air motor is used to generate rational motion in pneumatic system.

वायु मीटर की विशिष्टयों का वर्णन निम्न है—

अधिकतम गति = 10,000 rpm

शक्ति = 0.05 kW – 20 kW

प्रकार

(i) पिस्टन मोटर (Piston motor)

(ii) वेन मोटर (Vane motor)

(iii) टरबाइन मोटर (Turbine motor)

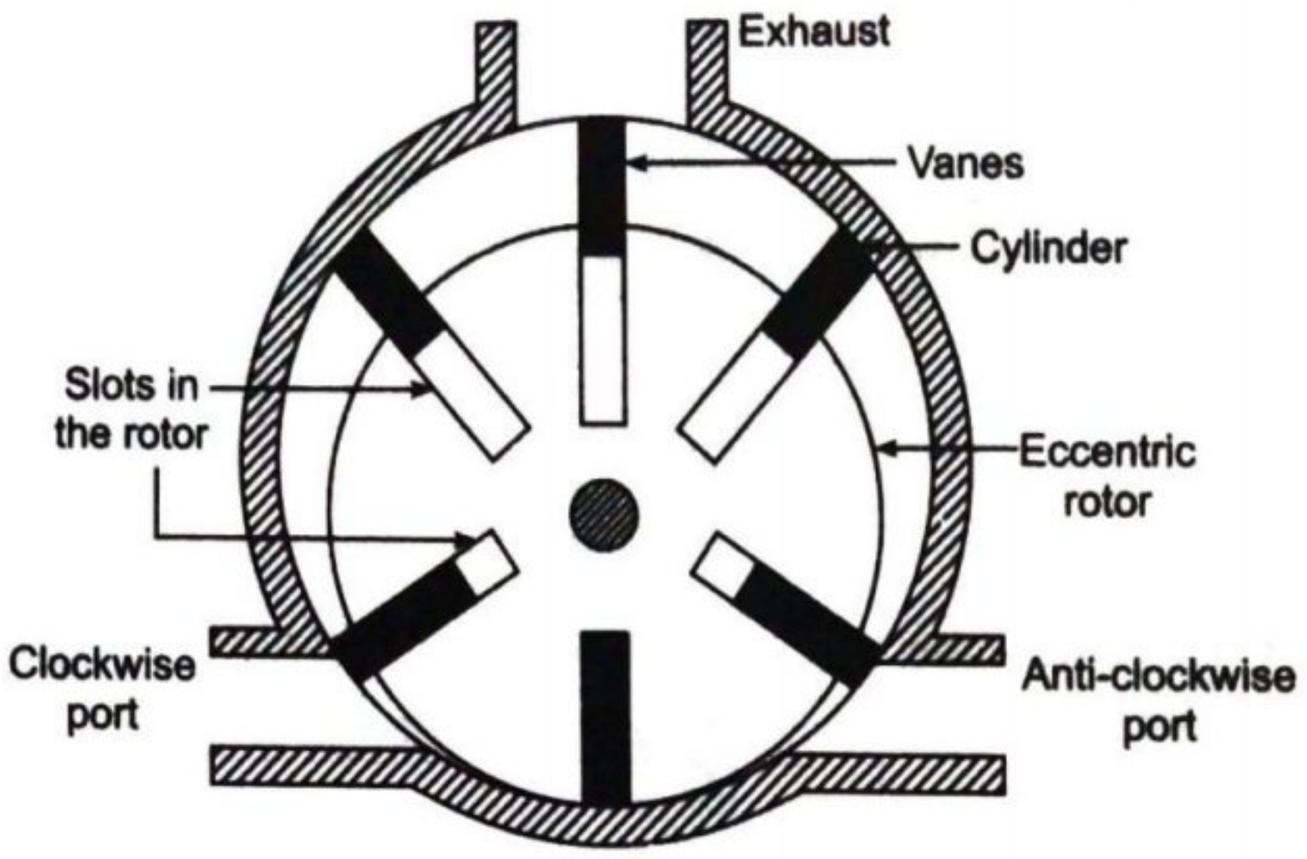
(iv) जनरेटर मोटर (Generator motor)

(i) पिस्टन मीटर—यह अक्षीय या त्रिज्यीय (axial or radial) दोनों डिजाइनों में उपलब्ध होता है।

अक्षीय मीटर पिस्टन—इसकी क्रियाविधि द्रवीय पिस्टन मोटर के समान होती है। इसमें गियर ट्रेन की सहायता से पिस्टन की पश्चाग्र गति को घुमाऊ गति में परिवर्तित किया जाता है। Wabble plate की सहायता से actuation system प्रारम्भ किया जाता है। इसकी शक्ति 2.5 kW होती है।

त्रिज्यीय पिस्टन मोटर—यह निम्न गति मोटर होती है तथा 18 kW तक शक्ति उत्पादित करती है। पिस्टन मोटर 4, 5, 6 सिलिण्डर में उपलब्ध होते हैं।

(ii) वेन मोटर—इसका व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 4.42

क्रियाविधि

इसमें एक eccentric rotor होता है जिस पर स्लॉट (slot) बने होते हैं। इसमें Vanes को सिलिण्डर की दीवारों पर बलपूर्वक अग्रसित किया जाता है। वेन की सहायता से वाल्व प्रवेश दर तथा निकास दर में वृद्धि होती है।

(iii) टरबाइन मोटर (Turbine Motor)—यह Low Velocity high Pressure air को High Velocity low Pressure air में मीटर नॉजल (metered nozzle) की सहायता से परिवर्तित करता है। यह High Speed low torque मीटर होते हैं।

(iv) जनरेटर मोटर (Generator motor)—यह निम्न rpm (20 – 30 pm) दाब के लिए प्रयोग किया जाता है। सामान्यत: उच्च आघूर्ण के लिए प्रयुक्त होता है।

वायु मोटर के अनुप्रयोग

- Conveyor belt
- Pipe threaders
- Bench grinders
- Tool devices
- Agitators, mixers.

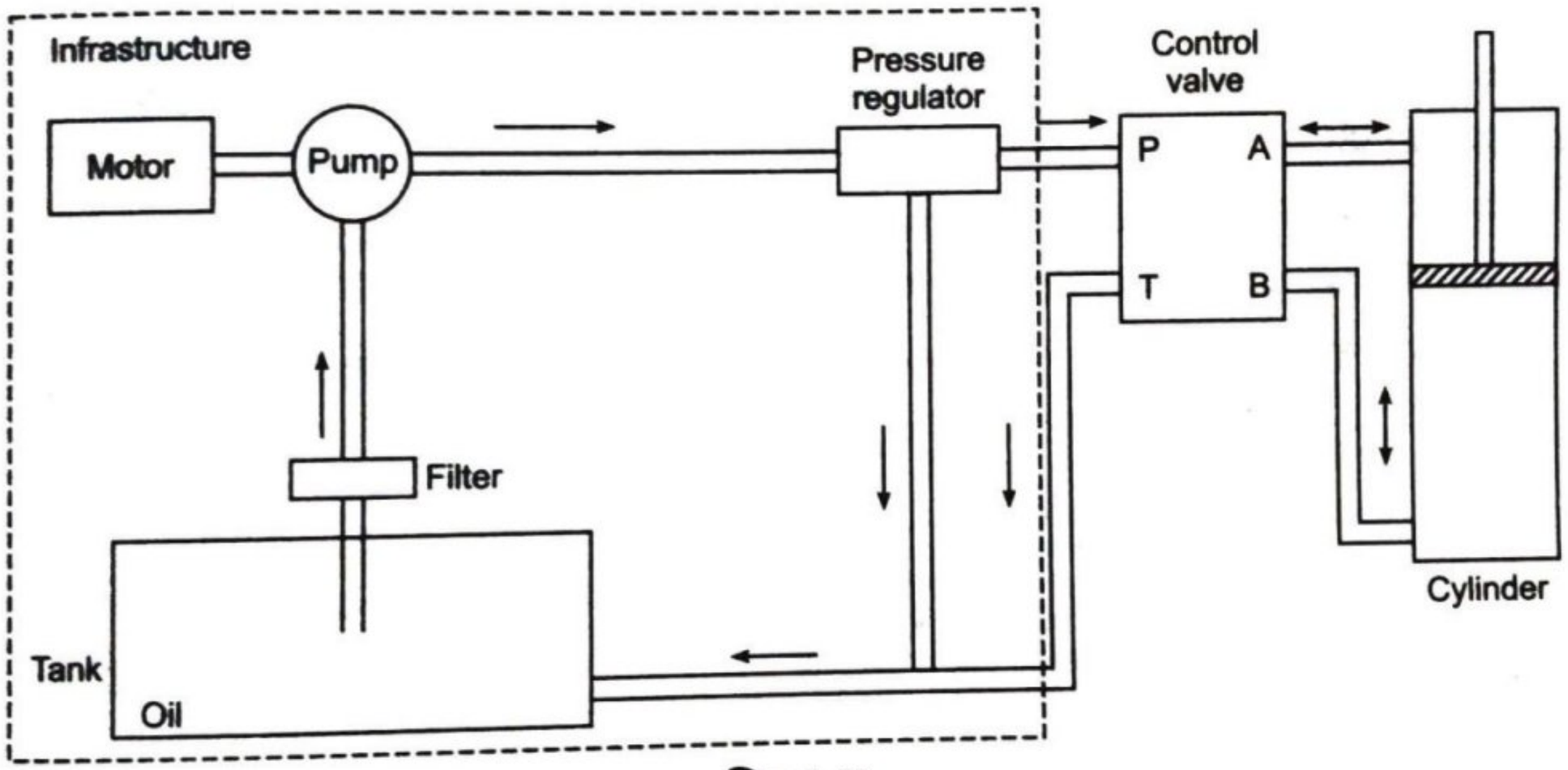
वायुवीय प्रवर्तन की विशिष्टियाँ–

- उच्च ऊष्मा अन्तरण क्षमता
- उच्च fatigue life
- सरल संरचना
- उच्च विश्वसनीय (Failure के Respect में)
- निम्न भार
- संक्षारण रोधी।

4.17 द्रवीय प्रवर्तन निकाय (Hydraulic Actuation System)

An actuator wherein hydraulic energy is used to import motion is called an hydraulic actuation. प्रवर्तन का वह रूप जिसमें द्रवीय ऊर्जा का प्रयोग गति उत्पन्न करने के लिए किया जाता है, द्रवीय प्रवर्तन कहलाता है।

द्रवीय प्रवर्तन निकाय के अवयव—



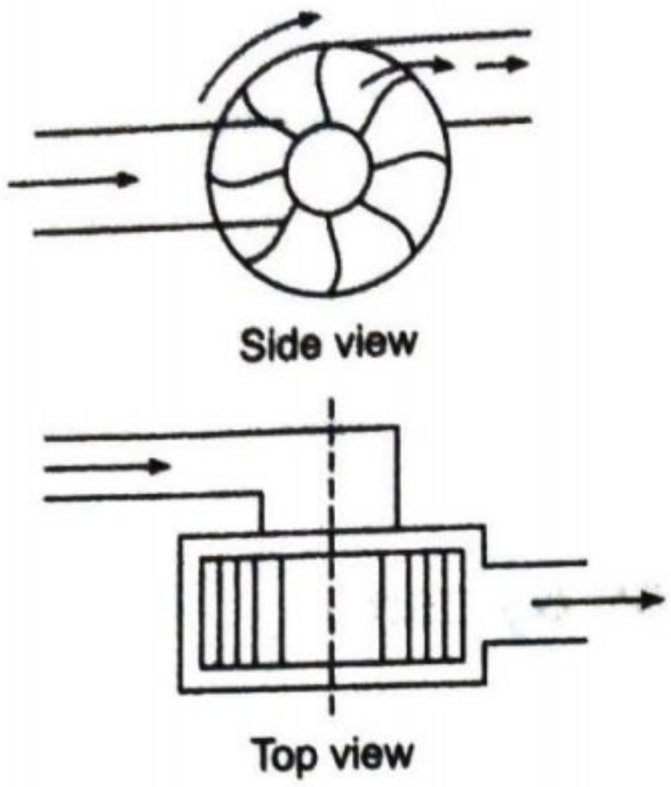
चित्र 4.43

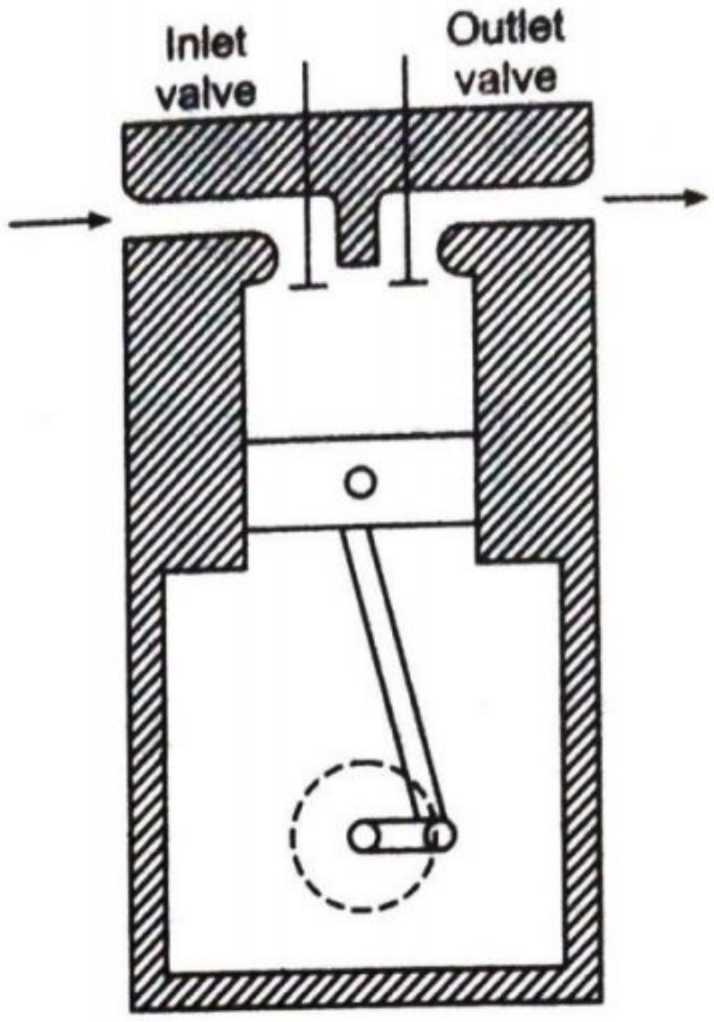
1. पम्प (Pump)
2. दाब रेगुलेटर (Pressure regulator)
3. वाल्व (Valve)
4. वितरक निकाय (Distribution system)
5. आधारभूत संरचना (Infrastructure)

(i) **पम्प** (Pump)—यह उच्च दाब द्रव प्रवाहित करता है। यह सामान्यत: विद्युत मोटर या अन्तर्दहन इंजन द्वारा संचालित होता है। पम्प द्वारा प्रवाहित द्रव का दाब 6.9 MPa से 20.7 MPa तक होता है।

पम्प का वर्गीकरण

(a) द्रव गतिकीय या अद्यात्मक विस्थापन पम्प (Hydrodynamic or Non-Positive Displacement Pump)





चित्र 4.44

(b) द्रव स्थैतिकी या धनात्मक विस्थापन पम्प (Hydrodynamic or Positive displacement pump)

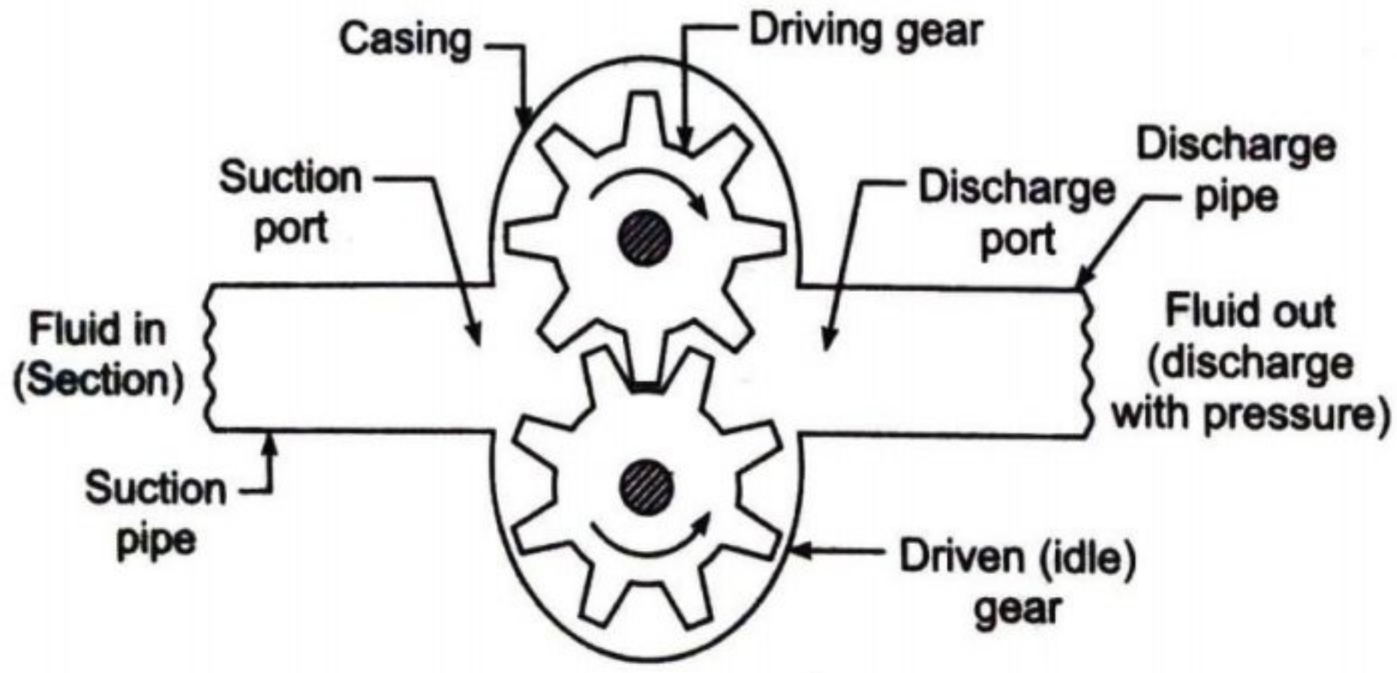
(a) द्रव गतिकी या अद्यनात्मक विस्थापन पम्प—

उदाहरण के लिए Centrifugal or Propeller pump.

(b) द्रव स्थैतिकी या धनात्मक विस्थापन पम्प —

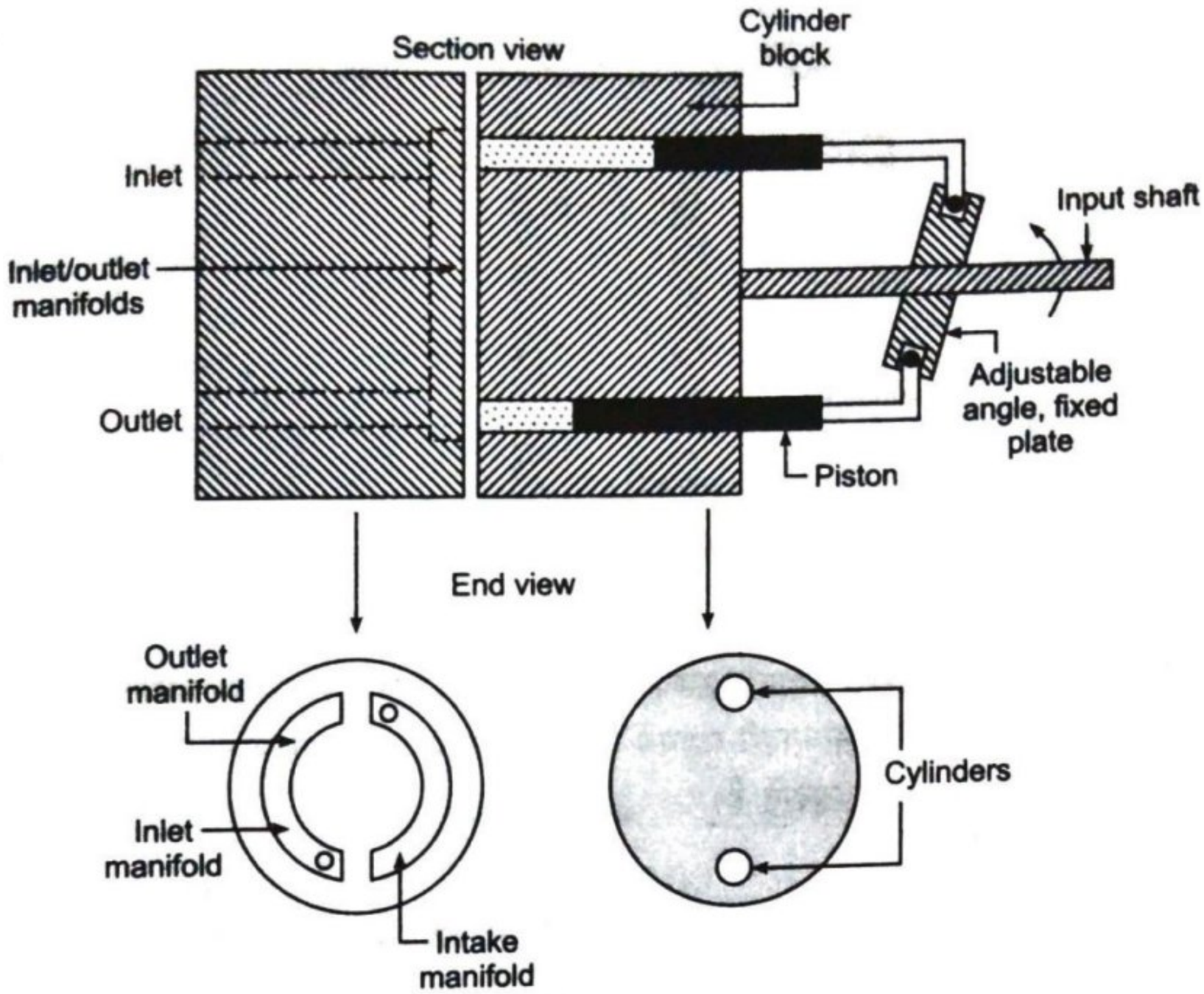
उदाहरण के लिए-गियर पम्प (Gear Pump), वेन पम्प (Vane pump), पिस्टन पम्प (Piston pump)।

Gear pump



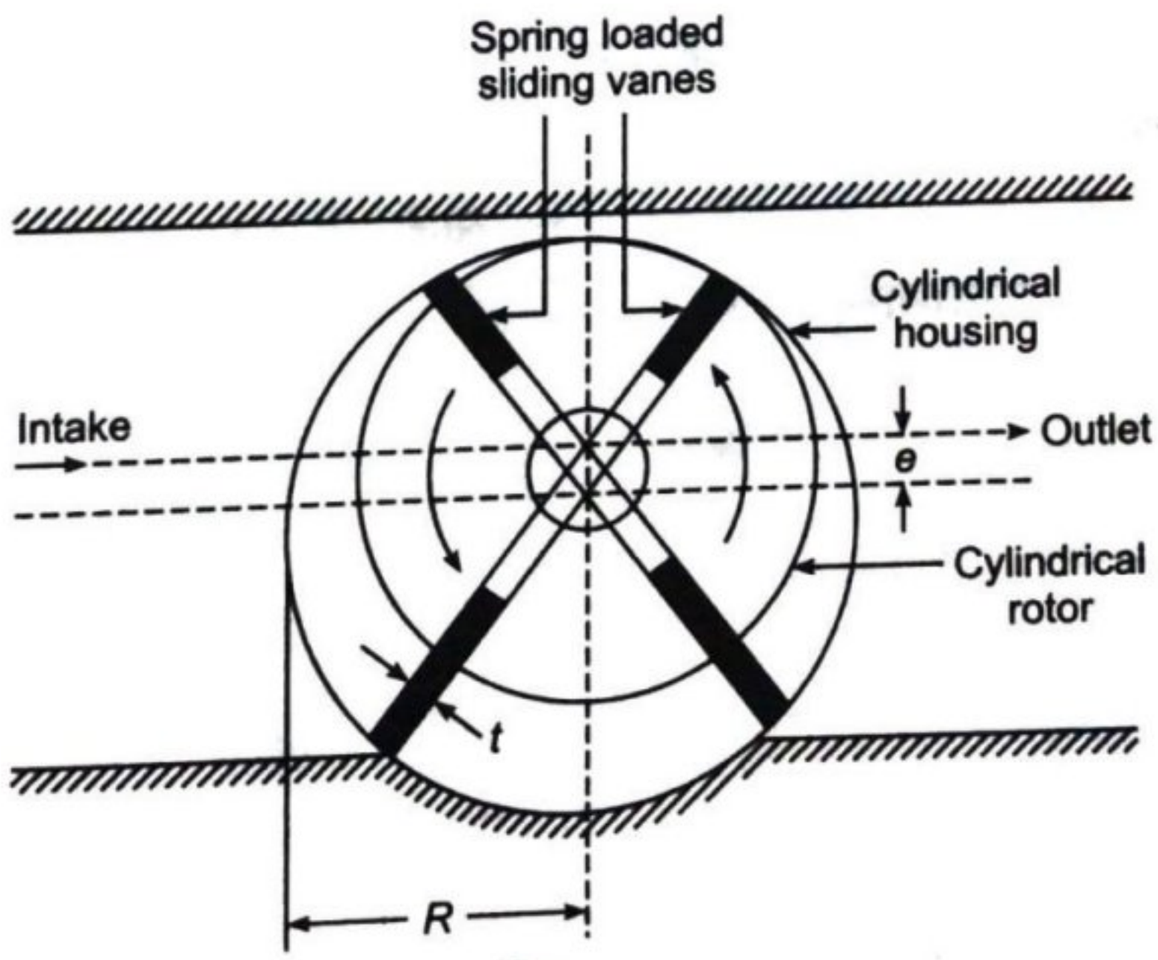
चित्र 4.45

Piston pump



चित्र 4.46

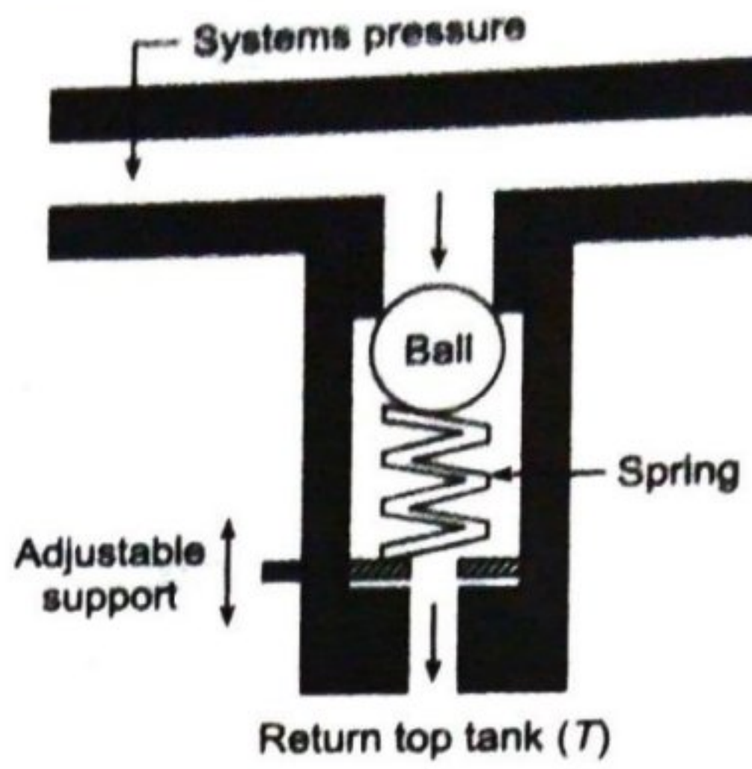
Vane pump



चित्र 4.47

(ii) दाब रेगुलेटर (Pressure regulator)—यह एक दाब छूट वाल्व (Pressure relief valve) होता है। जिसे हम धनात्मक विस्थापन पम्प का प्रयोग करते हुए अत्यधिक दाब को कम करते हैं।

जब दाब, डिजाइन दाब से अधिक होता है तो स्प्रिंग की सहायता से द्रव पुनः वापस चला जाता है। जिससे दाब अपने नियत स्तर पर चला जाता है।



चित्र 4.48

(iii) वायु सम्पीडक (Air compressor)—वायु सम्पीडक एक ऐसी युक्ति है जिसकी सहायता से हम वायु की स्थितिज ऊर्जा को गतिज ऊर्जा में परिवर्तित करते हैं। कार्यकारी माध्यम के रूप में वायु को प्रयोग किया जाता है, जिसे सम्पीडित करके उसके दाब में बढ़ोत्तरी कर गतिज ऊर्जा को बढ़ाते हैं।

या

एक ऐसा उपकरण जिसका सहायता से गैस या वायु पर कार्य किया जाता है। गैस का दाब तथा घनत्व में वृद्धि की जाती है। वायु सम्पीडक का प्रयोग सामान्यत: गैस टरबाइन में किया जाता है।

वायु सम्पीडक का वर्गीकरण

वायु सम्पीडक को निम्न आधार पर वर्गीकृत किया गया है—

(i) चल अंगों की प्रकृति के आधार पर—

(a) पश्चाग्र सम्पीडक (b) घुमाऊ सम्पीडक

(ii) सम्पीडक के चरण के आधार पर—

(a) एकल चरण सम्पीडक

(b) बहु चरण सम्पीडक

(iii) सम्पीडक क्रिया के आधार पर—

(a) एकल क्रिया सम्पीडक

(b) द्वि-क्रिया सम्पीडक

(iv) दाब के आधार पर—

(a) निम्न दाब सम्पीडक

(b) मध्यम दाब सम्पीडक

(c) उच्च दाब सम्पीडक

(v) सम्पीडक क्षमता के आधार पर—

(a) निम्न क्षमता सम्पीडक

(b) मध्यम क्षमता सम्पीडक

(c) उच्च क्षमता सम्पीडक

(vi) इंजन प्रणाली के आधार पर—

(a) विद्युत मोटर चालन प्रणाली

(b) भाप इंजन चालन प्रणाली

(c) भाप टरबाइन चालन प्रणाली

(d) अन्तर्दहन इंजन चालन प्रणाली

वायु सम्पीडक में प्रयुक्त प्रमुख पद

(i) **प्रवेश दाब** - निरपेक्ष दाब जिस पर वायु समीडक में प्रवेश करता है, प्रवेश दाब कहलाता है।

(ii) **निकास दाब**—निरपेक्ष दाब जिस पर वायु सम्पीडक से बाहर निकलता है, निकास दाब कहलाता है।

(iii) **सम्पीडन अनुपात या दाब अनुपात**—यह निरपेक्ष निकास दाब एवं निरपेक्ष प्रवेश दाब का अनुपात होता है। इसका मान सदैव एक से अधिक होता है।

(iv) **सम्पीडक का स्वेप्ट आयतन**—सम्पीडक के चूषण के दौरान स्वेप्ट आयतन सम्पीडक का स्वेप्ट आयतन कहलाता है।

पिस्टन के एक स्ट्रोक में वायु के विस्थापन को सम्पीडक का स्वेप्ट आयतन कहते है।

गणितीय रूप से—

$$V_s = \pi / 4D^2L$$

जहाँ V_s = स्वेप्ट आयतन

D = पिस्टन का बोर

L = पिस्टन की लम्बाई

(v) **सम्पीडक की क्षमता**—सम्पीडक द्वारा प्रति यूनिट समय में वायु को सम्पीडित करना सम्पीडक की क्षमता कहलाती है। इसे m^3/min या m^3/sec द्वारा प्रदर्शित करते हैं।

(vi) **मध्य प्रभावी दाब**—यह पिस्टन द्वारा सम्पीडन स्ट्रोक के दौरान औसत दाब होता है।

गणितीय रूप से,

$$P_m = \frac{\text{सम्पीडक प्रति चक्र कार्य}}{\text{स्वेप्ट आयतन}}$$

घुमाऊ सम्पीडक

इस सम्पीडक का प्रयोग अधिक मात्रा में वायु के सम्बन्ध के लिए किया जाता है तथा जहाँ सम्पीडन दाब कम होता है। घुमाऊ सम्पीडक को दो वर्गों में विभाजित किया जाता है—

(a) धनात्मक विस्थापन सम्पीडक

(b) अधनात्मक विस्थापन सम्पीडक।

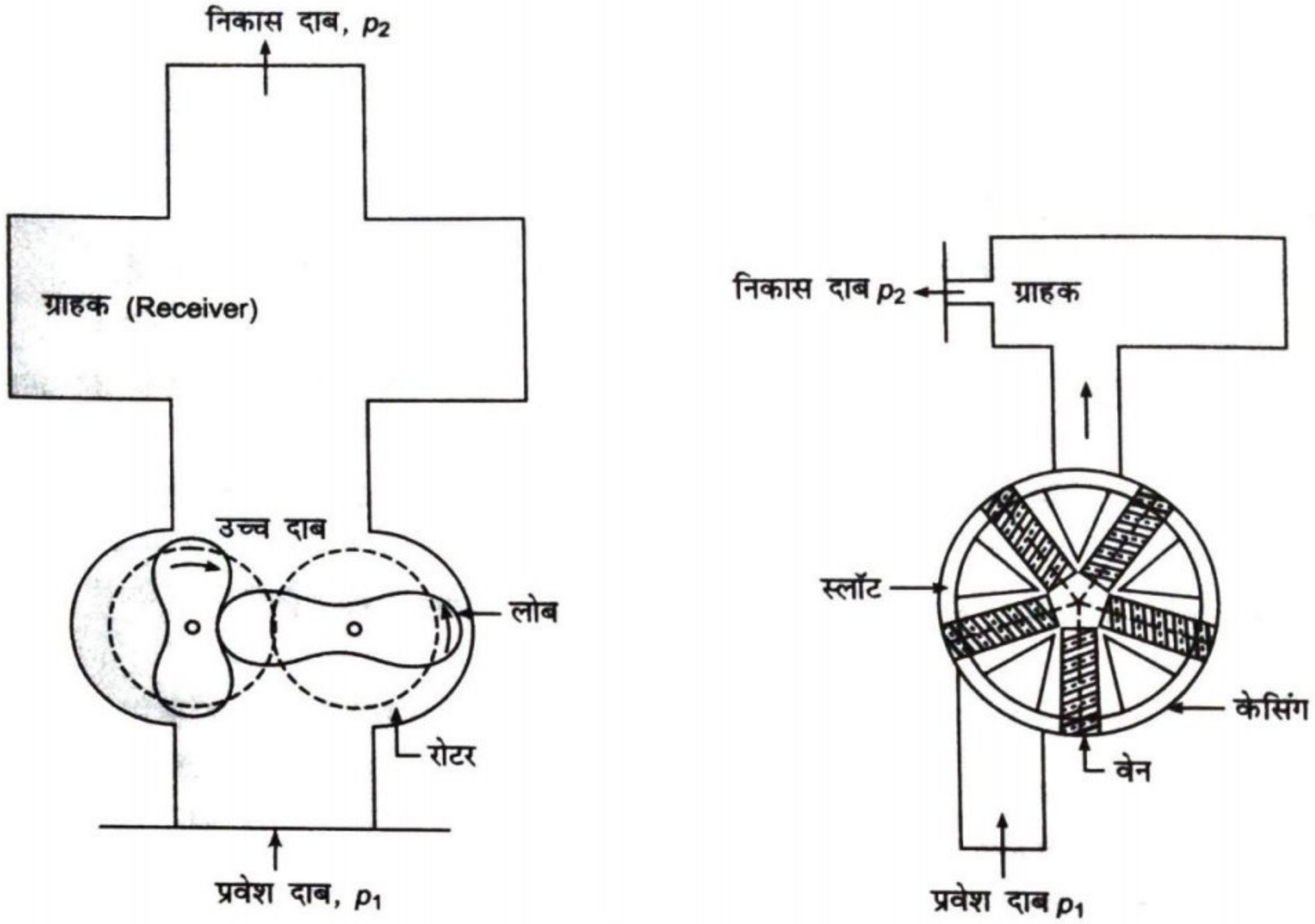
(a) **धनात्मक विस्थापन सम्पीडक**—इस सम्पीडक में वायु का सम्पीडक वायु को कम स्थान में दो घटते सतहों के बीच (reducing surface) रखने से होता है।

दो प्रकार के धनात्मक विस्थापन सम्पीडक प्रयोग किए गये हैं—

(i) रूट ब्लोअर सम्पीडक (Root Blower Compressor)

(ii) वेन ब्लोअर सम्पीडक (Vane Blower Compressor)

(i) **रुट ब्लोअर सम्पीडक (Root Blower Compressor)**— इस सम्पीडक में दो रोटर लगे होते हैं जिसमें दो लोब (lobe) जुड़े होते हैं। यह रोटर एक-दूसरे के साथ समान्तर अक्ष पर जुड़े होते हैं जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।



चित्र 4.49

सम्पीडक का एक रोटर बाह्य स्रोत द्वारा यान्त्रिक ऊर्जा प्राप्त करता है तथा दूसरा रोटर पहले रोटर के साथ विपरीत दिशा में गियर व्यवस्था के साथ जुड़ा होता है। ये दोनों रोटर केसिंग में व्यवस्थित होते हैं। जब रोटर बाह्य स्रोत के माध्यम से घूमता है, तब प्रवेश पोर्ट की सहायता से वायु अन्दर प्रवेश करती है। रोटर के घूमने के कारण लोब का भी घुमाव होता है जिसमें वायु का सम्पीडन होता है। यह सम्पीडन वायु ग्राहक (Receiver) से होते हुए निकास पोर्ट से बाहर टरबाइन को प्रदान की जाती है।

(ii) वेन ब्लोअर सम्पीडक— इस सम्पीडक में एक शंक्वाकार ढलवाँ लोहे की केसिंग होती है। जिसमें दो पोर्ट क्रमश: प्रवेश पोर्ट एवं निकास पोर्ट लगे होते हैं। इस वायु बन्द (Air Reject) केसिंग में एक घूमता डिस्क लगा होता है। घूमते डिस्क की परिधि पर स्लाट बने होते हैं। इस स्लाट पर आघातवर्ध्य पदार्थों का बना हुआ वेन व्यवस्थित होता है। सामान्यत: 4-8 वेन लगे होते हैं। आघातवर्ध्य पदार्थों के रूप में फाइबर या कार्बन का प्रयोग किया जाता है।

जब रोटर घूमता है तब वेन पर अपकेन्द्रीय बल कार्य करता है। वायु प्रवेश पोर्ट से होते हुए इन वेन से टकराती है। जिसमें वायु का सम्पीडन होता है। यह सम्पीडन वायु ग्राहक से होते हुए सम्पीडक के निकास पोर्ट पर प्रवेश करती है। दाब के घटाव के लिए छल्लों का प्रयोग किया जाता है। इस वाष्प का प्रयोग जल वाष्प रेफ्रीजरेटर तथा सुपर चार्जर में किया जाता है।

अपकेन्द्रीय एवं अक्षीय सम्पीडक में अन्तर

1.	वायु प्रवाह	सम्पीडक के लम्बवत् अक्ष पर।	सम्पीडक के समान्तर अक्ष पर।
2.	विनिर्माण एवं प्रचालक लागत	अपेक्षाकृत कम।	अपेक्षाकृत उच्च।

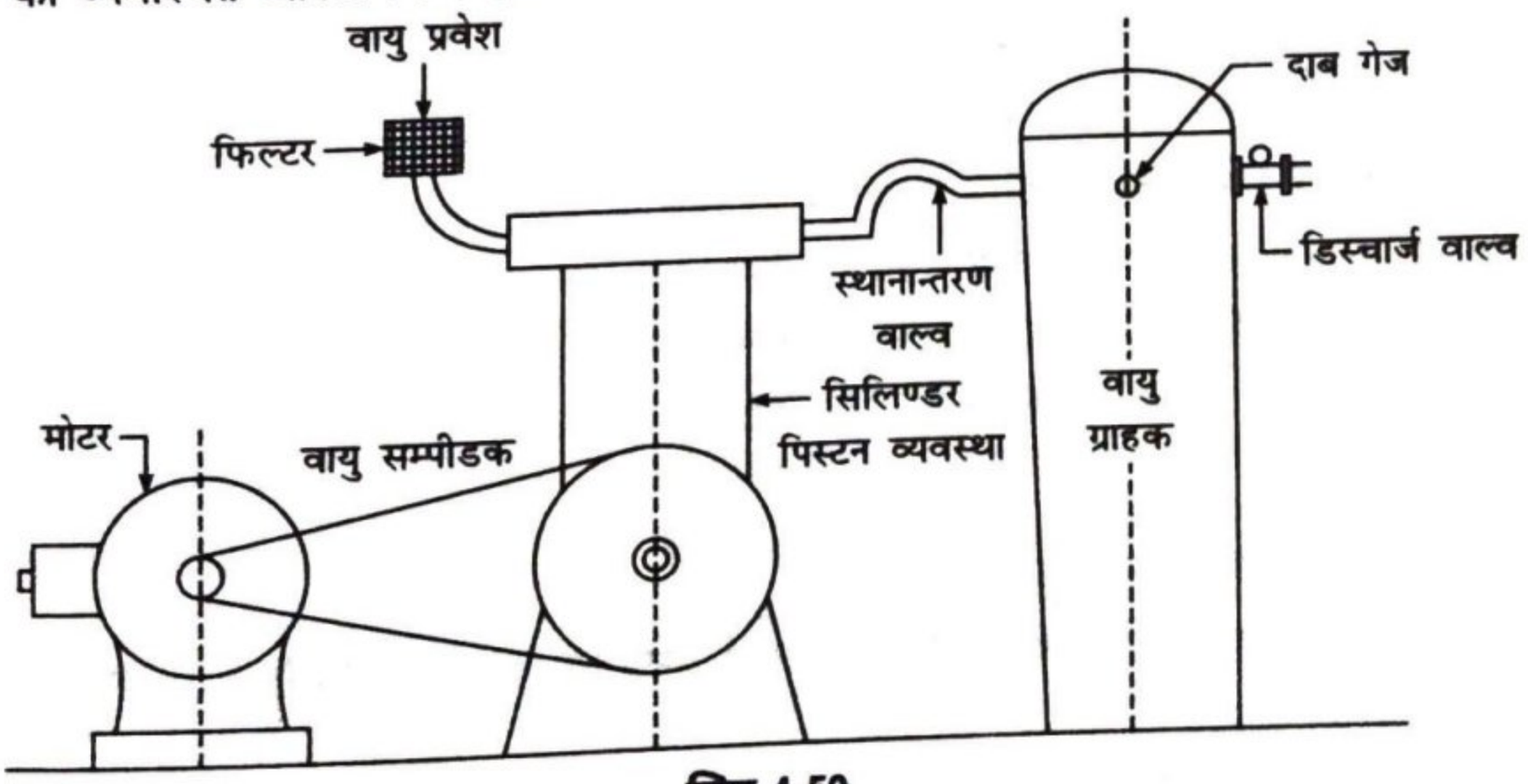
3.	शुरु करने की स्थिति	आसानी से चालू हो जाता है तथा कम आघूर्ण की आवश्यकता होती है।	चालू होने की समस्या होती है। अधिक आघूर्ण की आवश्यक्ता होती है।
4.	उपयोगी	एक चरण सम्पीडन के लिए उपयोगी होता है।	बहुचरण सम्पीडन के लिए उपयोगी होता है।
5.	वायु प्रवाह का क्षेत्रफल	अधिक क्षेत्रफल की आवश्यकता होती है।	कम क्षेत्रफल की आवश्यकता होती है।
6.	अनुप्रयोग	गैस टरबाइन तथा उद्योगों में प्रयोग किया जाता है।	हवाई जहाजों तथा उच्च दाब उपकरणों में प्रयोग किया जाता है।

एकल चरण पश्चाग्र वायु सम्पीडक (Single Stage Reciprocating Air Compresson)

एकल चरण वायु सम्पीडक में वायु सम्पीडक का प्रारम्भिक दाब से अन्तिम दाब तक एक ही सिलिण्डर में होता है। एकल चरण पश्चाग्र वायु सम्पीडक में निम्न अवयय लगे होते हैं—

1. सिलिण्डर (जैकेट के साथ)
2. पिस्टन
3. प्रवेश वाल्व
4. स्थानान्तरण वाल्व
5. निकास वाल्व।

इस सम्पीड़क की संरचना पश्चाग्र इंजन की संरचना के समान होती है जिससे सिलिण्डर पिस्टन व्यवस्थित होती है। सम्पीडक का व्यवस्थित आरेख निम्न है—



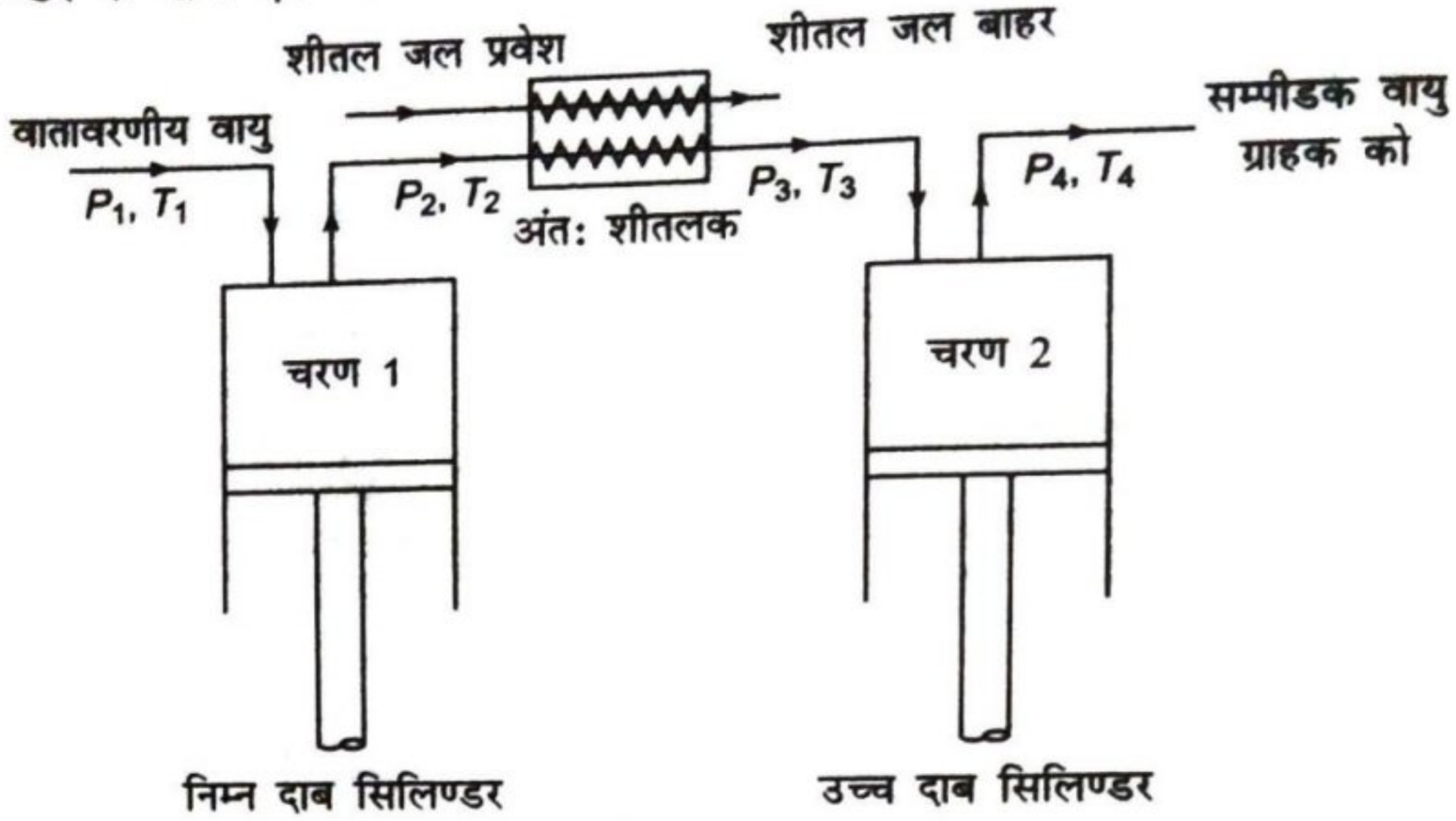
चित्र 4.50

सम्पीडक में पिस्टन, क्रैंक, क्रैंक शाफ्ट तथा कनेक्टिंग रॉड प्राथमिक चालक के माध्यम से घूमता है। स्वच्छ वायु प्रवेश वाल्व सिलिण्डर में प्रवेश करती है जिससे पिस्टन आगे बढ़ने लगता है। इस स्ट्रोक को पिस्टन का चूषण स्ट्रोक कहते हैं। स्ट्रोक के अन्त में प्रवेश वाल्व बन्द हो जाता है। पिस्टन के गति के कारण वायु सम्पीडन होता है। जिसे हम सम्पीडन स्ट्रोक कहते हैं। यह सम्पीडित वायु स्थानान्तरण वाल्व की सहायता से ग्राहक में प्रवेश करता है। ग्राहक से निकास वाल्व के रास्ते सम्पीडित वायु को बाहर निकालते हैं।

सम्पीडक दो स्ट्रोक पर कार्य करता है।

द्विचरण पश्चाग्र वायु सम्पीडक (Two-stage Reciprocating Air Compressor)

इस सम्पीडक में दो सिलिण्डरों का प्रयोग किया जाता है। वातावरणीय वायु का सम्पीडन सर्वप्रथम निम्न दाब सिलिण्डर एवं उच्च दाब सिलिण्डर के बीच एक अन्त: शीतलक (Intercolor) का प्रयोग किया जाता है।



चित्र 4.51

बहुचरण सम्पीडन—जब सम्पीडित वायु की उच्च दाब पर आवश्यकता होती है, तब दो विधियाँ प्रयोग की जाती हैं—

(i) एकल सिलिण्डर का प्रयोग करके सिलिण्डर का दाबानुपात उच्च बनाए रखें।

(ii) एक से अधिक सिलिण्डरों का प्रयोग करके सम्पीडित वायुदाब प्राप्त कर सकते हैं।

प्रथम विधि के प्रयोग से निम्न समस्याएँ होती हैं—

(a) उच्च आयतनिक सिलिण्डर की आवश्यकता होती है।

(b) सिलिण्डर की आयतनिक दक्षता कम हो जाती है।

(c) क्रैंक शाफ्ट की गति में परिवर्तन होता रहता है।

(d) शीतलन प्रभावशाली नहीं होता है तथा अधिक स्नेहक की आवश्यकता होती है।

द्वितीय विधि में उपरोक्त समस्याएँ दूर हो जाती हैं। बहुचरण सम्पीडन में आवश्यकतानुसार सिलिण्डरों का प्रयोग किया जाता है जिससे स्नेहक का प्रयोग भी कम होता है।

बहुचरण सम्पीडन के लाभ

(a) कुल आयतनिक दक्षता में वृद्धि होती है।

(b) सम्पीडक पर प्रति चक्र कार्य की कमी होती है जिससे सम्पीडक को चलाने के लिए आवश्यकतानुसार शक्ति में कमी आती है।

(c) सिलिण्डर के साइज एवं क्षमता में कमी होती है।

(d) समान आघूर्ण प्राप्त होता है।

(e) क्रैंक शाफ्ट का घूर्णन समान होता है।

(f) कम स्नेहक की आवश्यकता होती है।

(g) दुर्घटना की सम्भावना कम हो जाती है।

(h) लीकेज से हानि कम होती है।

एकल क्रिया एवं द्वि-क्रिया सम्पीडक

एकल क्रिया सम्पीडक में वायु का चूषण, सम्पीडक एवं सम्पीडित वायु की प्रदायगी पिस्टन के एक तरफ होता है। सम्पीडक का कार्यकारी चक्र क्रैंक शाफ्ट के एक चक्कर में प्राप्त होता है तथा सम्पीडित वायु की प्रदायगी भी इसी चक्र में प्राप्त हो जाती है।

द्विक्रिया सम्पीडक में चूषण, सम्पीडक तथा सम्पीडित वायु की प्रदायगी पिस्टन के दोनों तरफ होती है। इसमें क्रैंक शाफ्ट के एक चक्कर से पिस्टन का दो स्ट्रोक तथा प्रदायगी भी दो स्ट्रोक में प्राप्त होती है।

घुमाऊ एवं पश्चाग्र सम्पीडक में अन्तर

क्रम सं०	विवरण	पश्चाग्र वायु सम्पीडक	घुमाऊ वायु सम्पीडक
1.	दाब	अधिकतम दाब 1000 bar है।	अधिकतम दाब बहुत कम होता है। लगभग 10 bar तक होता है।
2.	क्षमता	अधिकतम क्षमता $300 m^3 / min$ होती है।	अधिकतम क्षमता $3000 m^3 / min$ होती है।
3.	वेग	कम वेग होता है।	उच्च वेग होता है।
4.	साइज	सामान्यत: बड़े साइज का होता है	छोटे साइज का होता है।
5.	स्नेहक	जटिल स्नेहक प्रणाली प्रयोग की जाती है।	आसान स्नेहक प्रणाली प्रयोग की जाती है।
6.	यान्त्रिक स्थिरता	प्रति चक्र सम्भव नहीं है।	प्रति चक्र आसानी से स्थिर बना रहता है।
7.	वायु प्रदायगी	असमान एवं रुक-रुक कर होती है।	समान एवं लगातार होती है।
8.	दक्षता की गणना	समतापीय दक्षता की गणना होती है।	आइसन्ट्रापिक दक्षता की गणना होती है।
9.	उपयुक्तता	निम्न क्षमता एवं उच्च दाब के लिए होता है।	उच्च क्षमता एवं निम्न दाब के लिए उपयुक्त होता है।

(iv) द्रवीय वाल्व (Hydraulic valve)—यह यान्त्रिक उपकरण है, जिसकी सहायता से द्रवीय निकाय में द्रवीय प्रचालन आँकड़ों को नियंत्रित किया जाता है।

द्रवीय वाल्व का वर्गीकरण— द्रवीय वाल्व का वर्गीकरण निम्न है—

(a) अनन्त स्थिति वाल्व (Infinite position valves)—These valves allow any position between fully open and closed to modulate flow pressure *e.g.*, water trip.

(b) निश्चित स्थिति वाल्व (Finite Position Valve)—These valves have discrete positions. Usually just open and closed each providing a different pressure and flow condition.

अन्य वर्गीकरण

द्रव माध्यम के नियन्त्रण के आधार पर—

- सीटिंग वाल्व (Seating valve)
- वाल्व (Valve)
- प्लेट (Plate)
- कोन (Cone)

क्रियाविधि एवं नियंत्रण की मात्रा के आधार पर—

- दाब नियंत्रण वाल्व (Pressure control valve)

- प्रवाह नियन्त्रण वाल्व (Flow Control Valve)
- दिशा नियंत्रण वाल्व (Direction Control Valve)

दाब नियंत्रण वाल्व

यह वाल्व द्रव प्रवाह के दाब को आवश्यकतानुसार नियन्त्रित करता है।

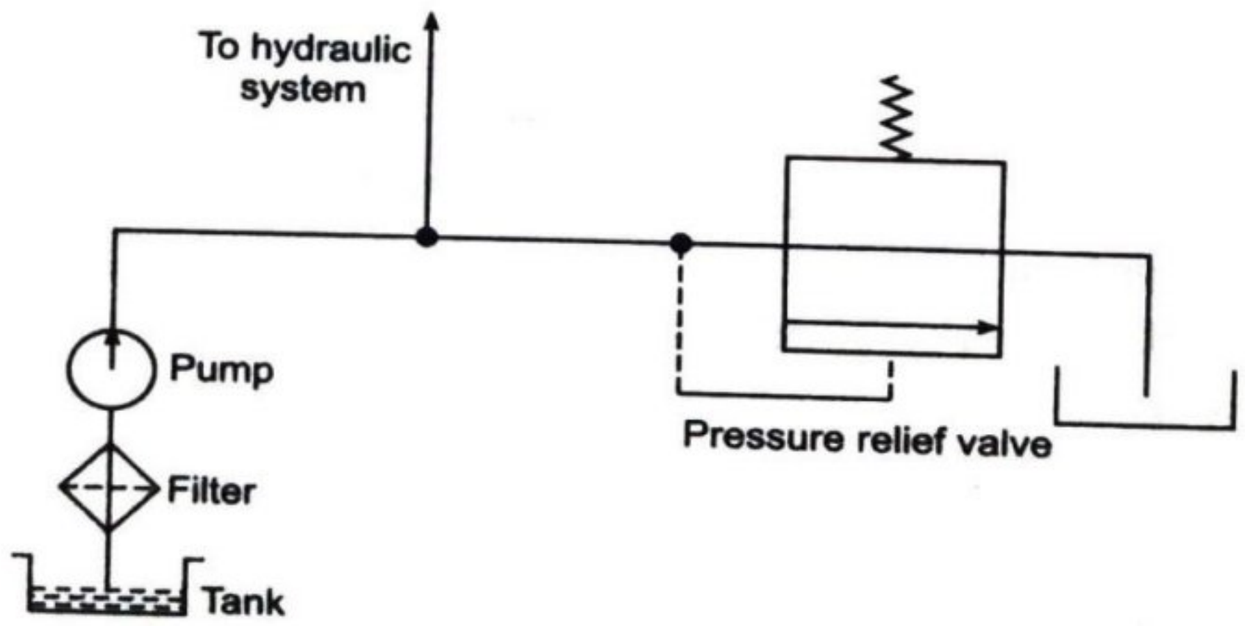
It is used to control pressure of flow medium.

इसके प्रमुख कार्य निम्नलिखित हैं—

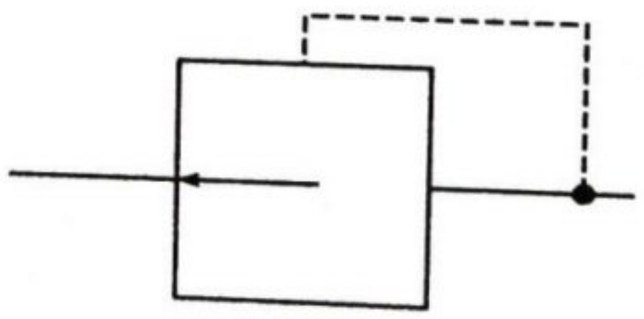
- द्रव के दाब को नियमित तथा नियंत्रित करना।
- निकाय के दाब को समाप्त करना।
- सुरक्षा मानकों पर द्रव प्रवाह का दाब नियत करना।
- द्रव प्रवाह को क्रमबद्ध करना।
- द्रव प्रवाह के दाब से सम्बन्धित अन्य कार्यों को करना।

दाब नियंत्रण निकाय के प्रकार

- दाब आराम वाल्व (Pressure relief valve)
- दाब क्रम वाल्व (Pressure sequencing valve)
- दाब गिरावट पर प्रचालन (Pressure reducing or regulating valve)
- दाब unloading valve (Pressure unloading valve)
- दाब ब्रेक वाल्व (Pressure brake valve)



ग्राफीय आरेख निम्न है—



चित्र 4.52

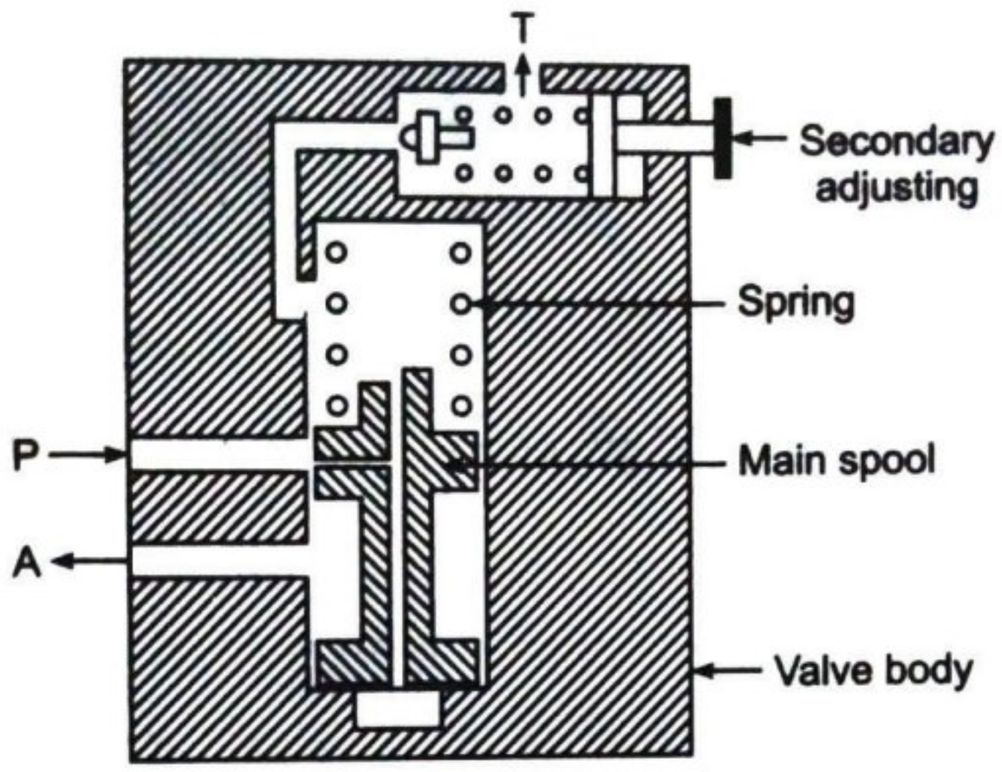
Pressure relief valve दो प्रकार के होते हैं—

(1) Direct acting relief valve

(2) Pilot operated relief valve

Pressure sequencing valve : (दाब क्रम वाल्व)

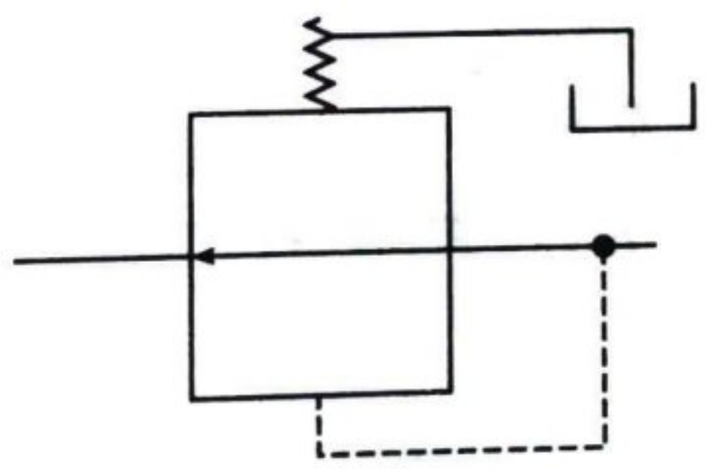
व्यवस्थित आरेख निम्न हैं—



(a) Sectional view

चित्र 4.53

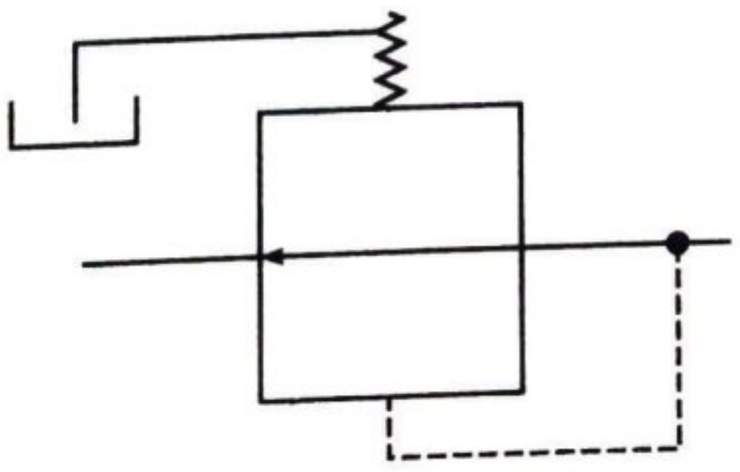
ग्राफीय आरेख निम्न है—



(b) Graphic symbol

चित्र 4.54

Pressure reducing or regulating valve (दाब गिरावट या प्रचालन वाल्व)



Graphic symbol

चित्र 4.55

प्रवाह नियंत्रण वाल्व (Flow Control Valve)

इस वाल्व का प्रयोग गति का नियंत्रण करने के लिए किया जाता है। यह Flow rate या Discharge तथा प्रवर्तन के वेग के सिद्धान्त पर कार्य करता है।

दो प्रकार के प्रवाह वाल्व निम्न है—

- निडिल वाल्व
- ग्लैन्ड वाल्व

दिशा नियंत्रण वाल्व

यह प्रवाह की दिशा को नियंत्रित करता है।

दिशा नियंत्रण वाल्व का वर्गीकरण

- Internal valving element के आधार पर—Poppet (Ball or piston) Valve, Spool Valve

Flow path (द्रव पथ) के आधार पर—

- दो रास्ते वाल्व (Two way valve)
- तीन रास्ते वाल्व (Three way valve)
- चार रास्ते वाल्व (Four way valve)

Actuation of Internal Valving Element के आधार पर

- Manual (मैनुअल) — Mechanical (यान्त्रिक)
- Electrical (विद्युत) — Hydraulic (द्रवीय)
- Pneumatic (वायुवीय) उपरोक्त के संयुक्त रूप

जोड़ विधि (Method of Connection) के आधार पर

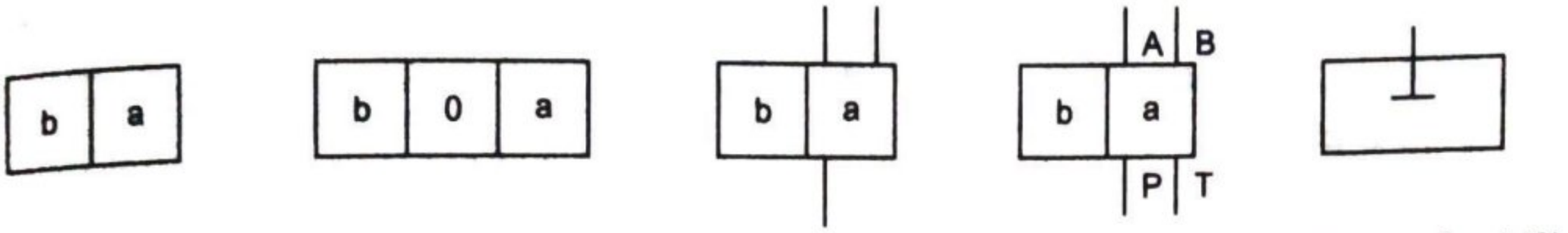
- पाइप थ्रेड (Pipe thread) वाल्व
- सीधी थ्रेड (Straight thread)
- फ्लैंज या सब प्लॉट (Flanged or Subplot) वाल्व
- Manifold mounted valve

साइज के आधार पर (On the basis of size)

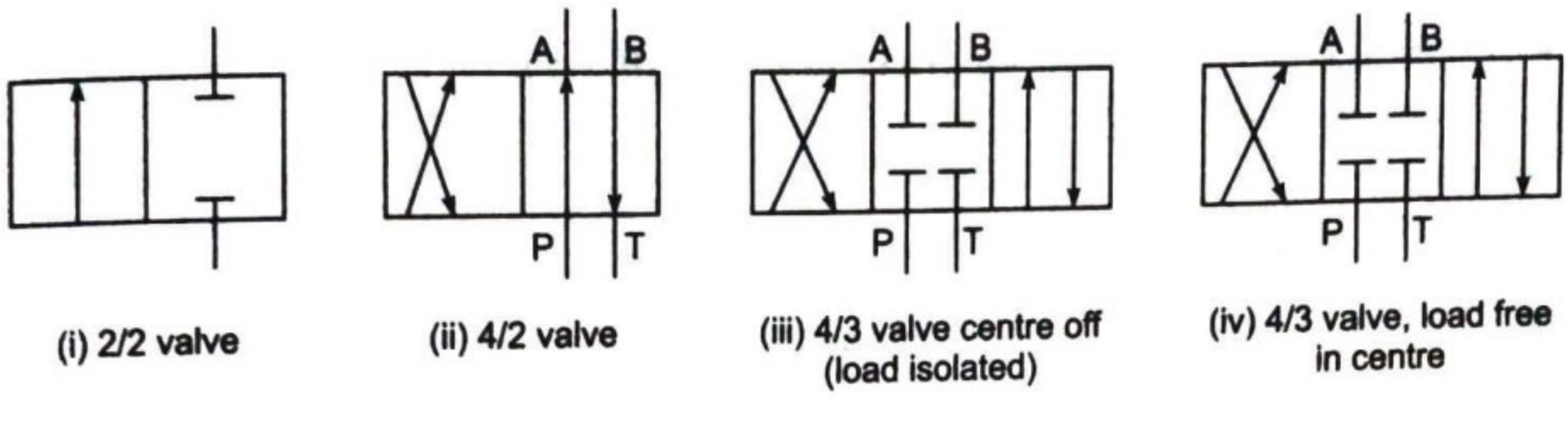
- Check Valve
- Poppet Valve
- Spool Valve
- Pilot Operated Spool
- Proportional Valve
- Rotatory Valve

वाल्व का ग्राफीय प्रदर्शन
(Graphical Presentation of Valve)

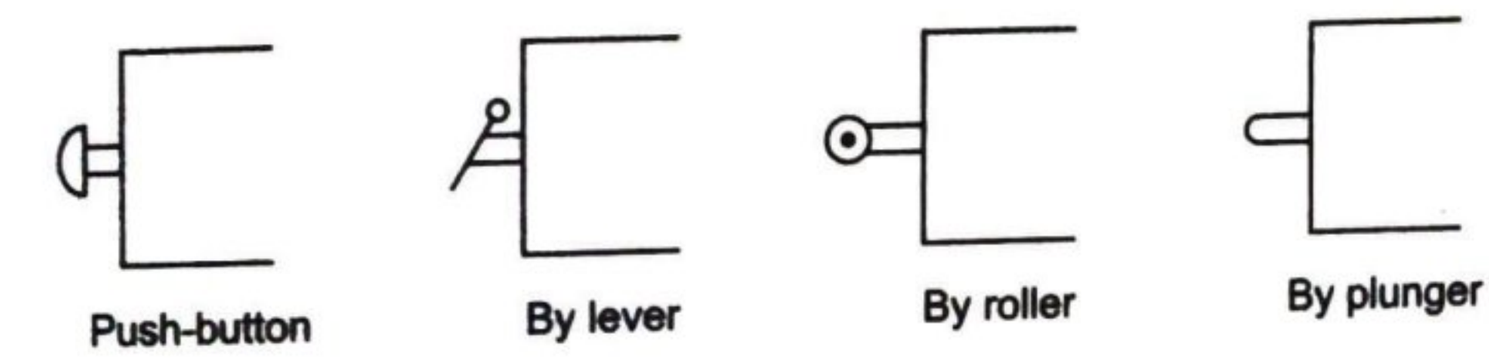
वाल्व का प्रदर्शन वर्ग (Square) के रूप में किया जाता है।



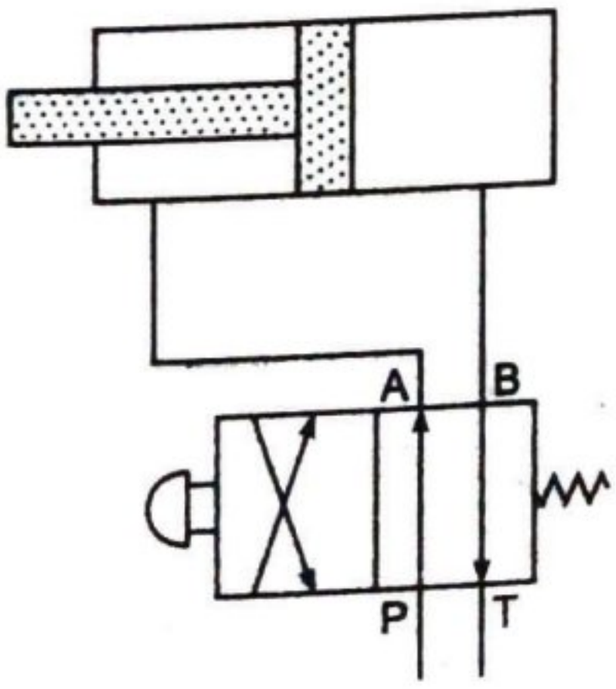
(i) Two position valve | (ii) Three position valve | (iii) 3/2 valve | (iv) 4/2 valve | (v) Closing of port (S)



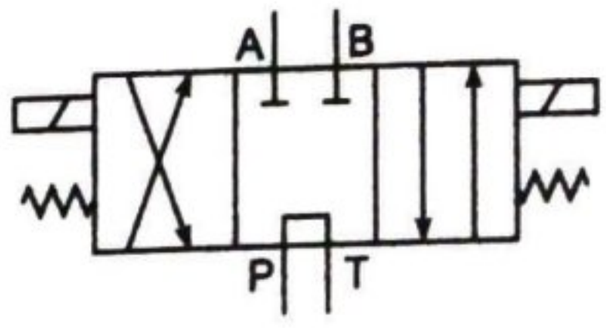
(i) 2/2 valve | (ii) 4/2 valve | (iii) 4/3 valve centre off (load isolated) | (iv) 4/3 valve, load free in centre



(a) Actuation symbols



(b) 4/2 valve, pushbutton extend, spring retract when pushbutton released



(c) 4/2 valve, solenoid operated, spring return to centre. Pressure line unloads to tank and load locked in centre position

चित्र 4.56

4.18 Linear Actuator (रेखीय प्रवर्तन)

इस प्रवर्तन निकाय में कार्य रेखीय गति के रूप में प्राप्त होता है। गति Push & pull के रूप में होती है। गति के लिए प्रयुक्त सिलिण्डर का वर्गीकरण निम्न है—

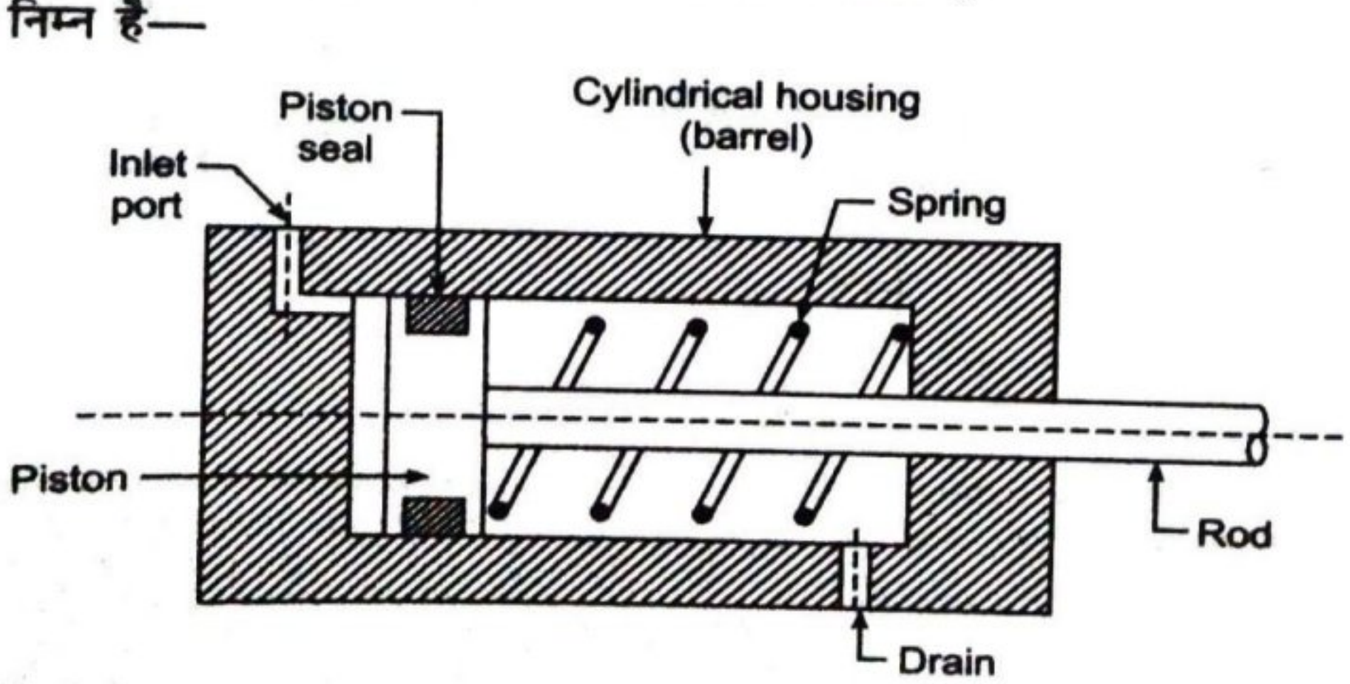
1. **कार्य के आधार पर**
   - ➤ एकल क्रिया सिलिण्डर (Single acting Cylinder)
   - ➤ द्वि-क्रिया सिलिण्डर (Double acting Cylinder)
2. **संरचना के आधार पर**
   - ➤ टाई रॉड सिलिण्डर (Tie rod Cylinder)
   - ➤ मिल टाइप सिलिण्डर (Mill Type Cylinder)
   - ➤ एक-पीस वैल्डिंग सिलिण्डर (One Piece Welding Cylinder)
   - ➤ थ्रैड हैड सिलिण्डर (Thread Head Cylinder)
3. **विशेष प्रकार**
   - ➤ प्लंजर या रैम सिलिण्डर (Plunger or Ram Cylinder)
   - ➤ टेलिस्कोप सिलिण्डर (Telescope Cylinder)
   - ➤ केबिल सिलिण्डर (Cable Cylinder)
   - ➤ डायफ्राम सिलिण्डर (Diaphragm Cylinder)
   - ➤ टेन्डम सिलिण्डर (Tandem Cylinder)
   - ➤ डयूप्लेक्स सिलिण्डर (Duplex Cylinder)
   - ➤ रोटरी सिलिण्डर (Rotary Cylinder)

एकल क्रिया सिलिण्डर (Single acting Cylinder)

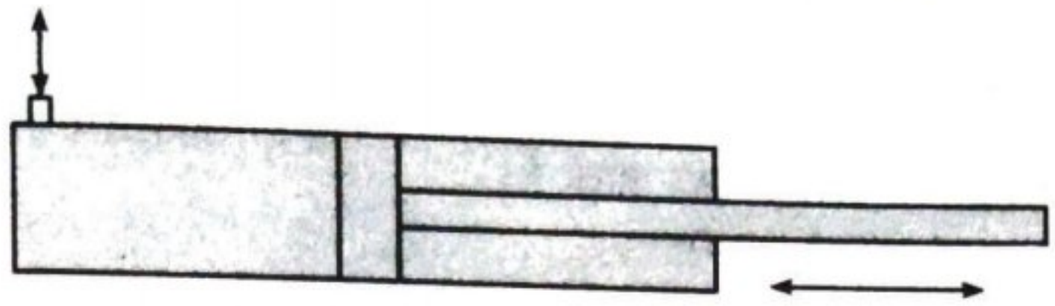
यह एक दिशा में बल को स्थानान्तरित करता है। इसके प्रमुख अंग निम्न हैं—

- ➤ पिस्टन, सिलिण्डर हाउसिंग के अन्दर (Piston inside the cylinder housing)
- ➤ शंक्वाकार हाउसिंग (Cylindrical housing)
- ➤ रॉड (Rod)
- ➤ बैरल (Barrel)
- ➤ पोर्ट प्रवेश एवं निकास के लिए (Port for entrance & exhaust)

व्यवस्थित आरेख निम्न है—



(a) Sectional view

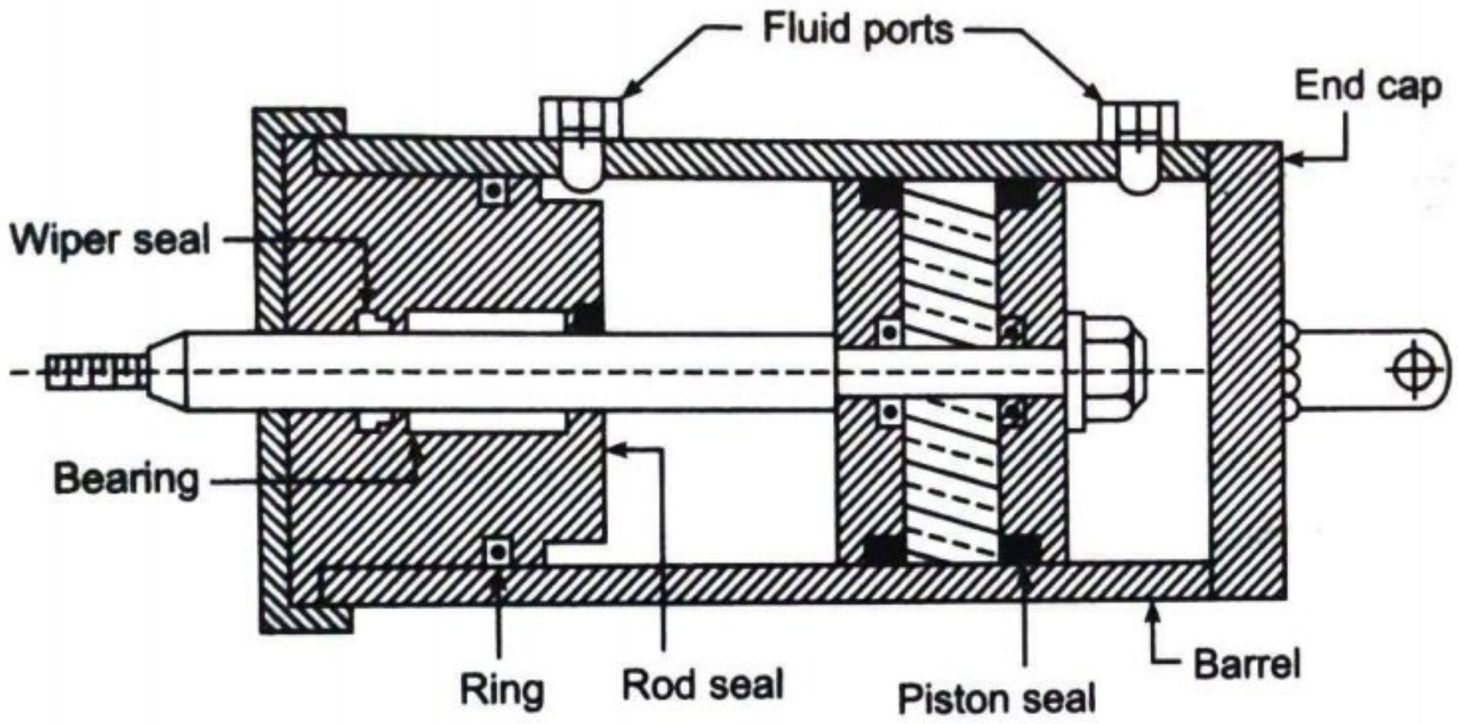


(b) Schematic view

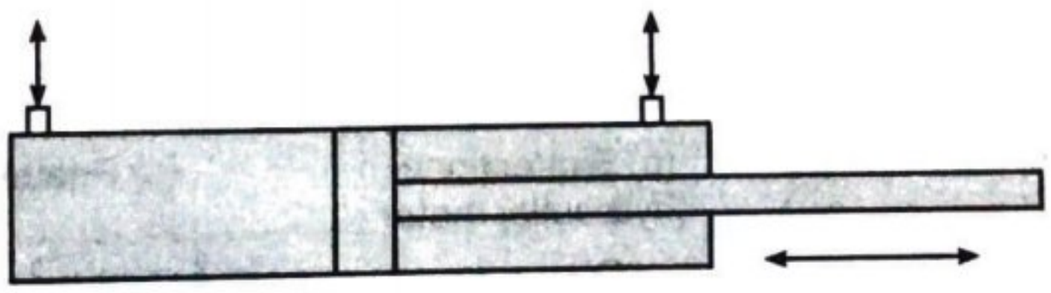
चित्र 4.57

द्वि-क्रिया सिलिण्डर (Double acting Cylinder)

व्यवस्थित आरेख निम्न है—



(a) Sectional view



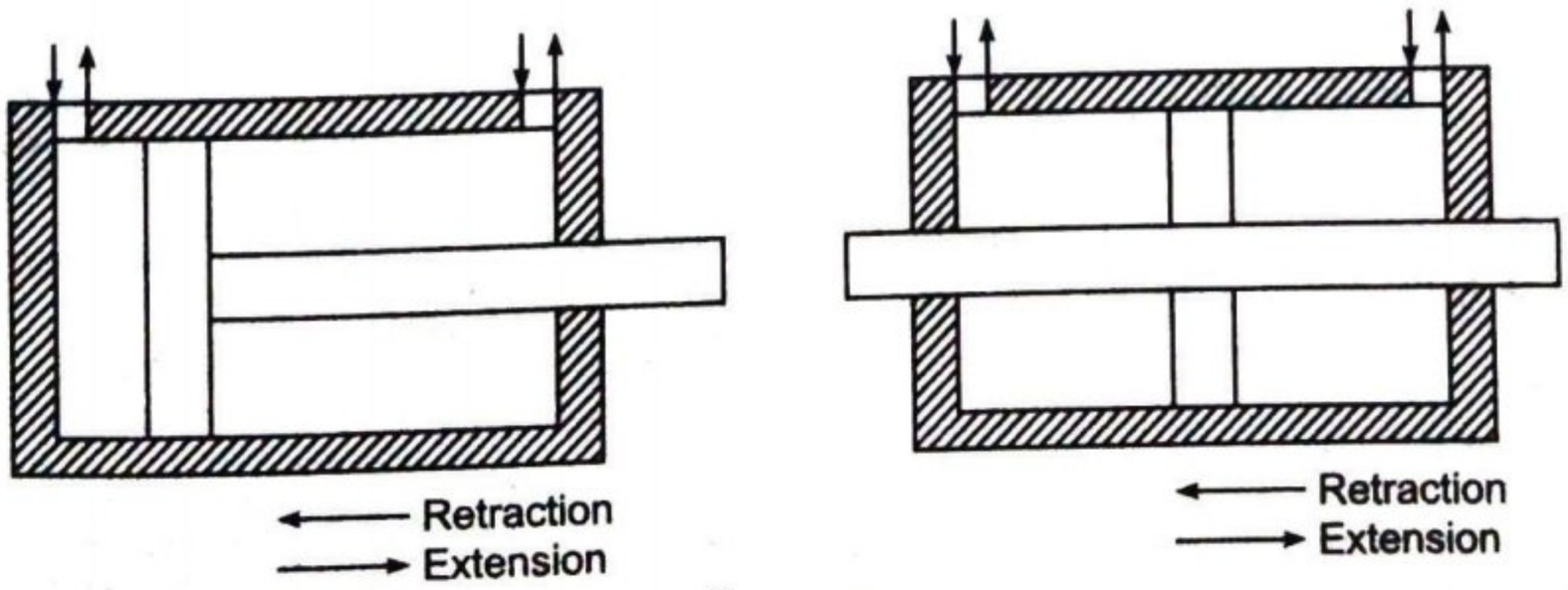
(b) Schematic view

चित्र 4.58

यह दो प्रकार का होता है—

Single Rod ended (एकल रॉड अन्त) Differential cylinder.

Double Rod ended (द्वि-रॉड अन्त) Differential cylinder.

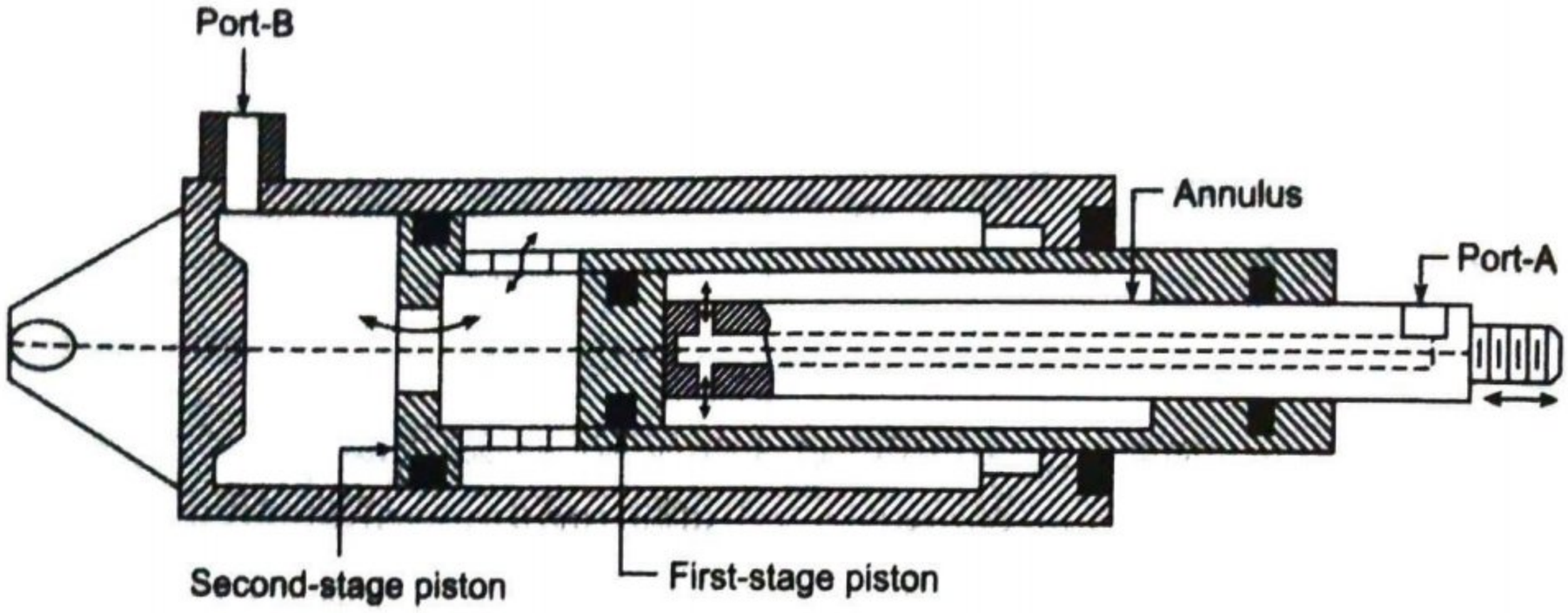


चित्र 4.59

टेलिस्कोप सिलिण्डर (Telescope Cylinder)

इनका प्रयोग long-work stroke के लिए किया जाता है।

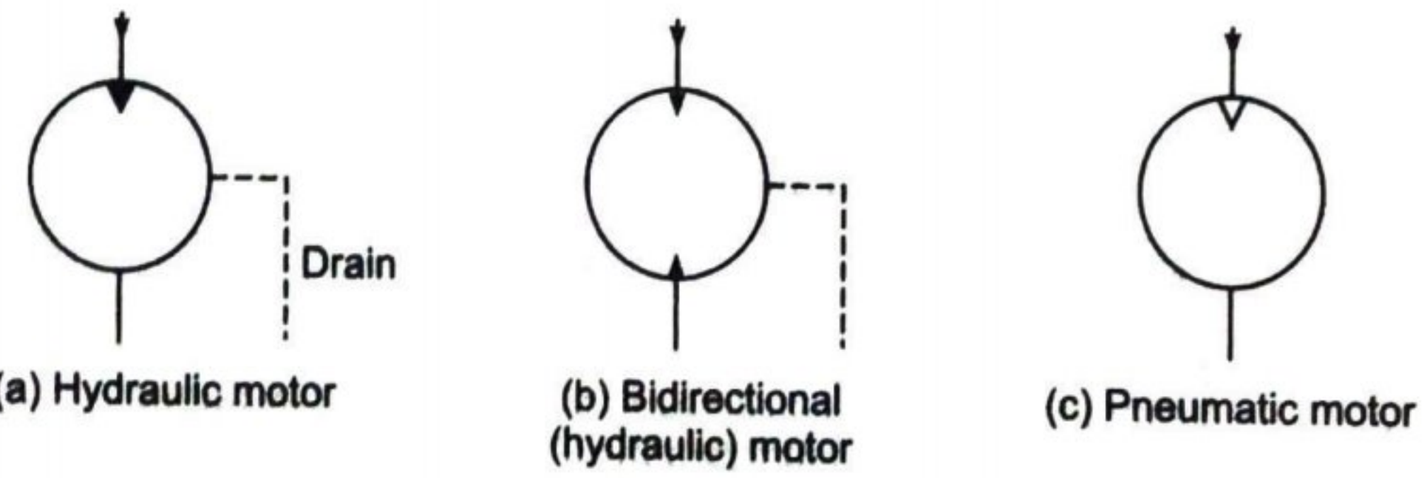
व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 4.60

घुमाऊ प्रवर्तन (Rotary Actuator)—These are the hydraulic pneumatic equivalents of electric motors.

घुमाऊ प्रवर्तन का चिन्ह निम्न है—



चित्र 4.61

घुमाऊ प्रवर्तन का वर्गीकरण निम्न है—

(i) गियर मोटर (Gear motor)

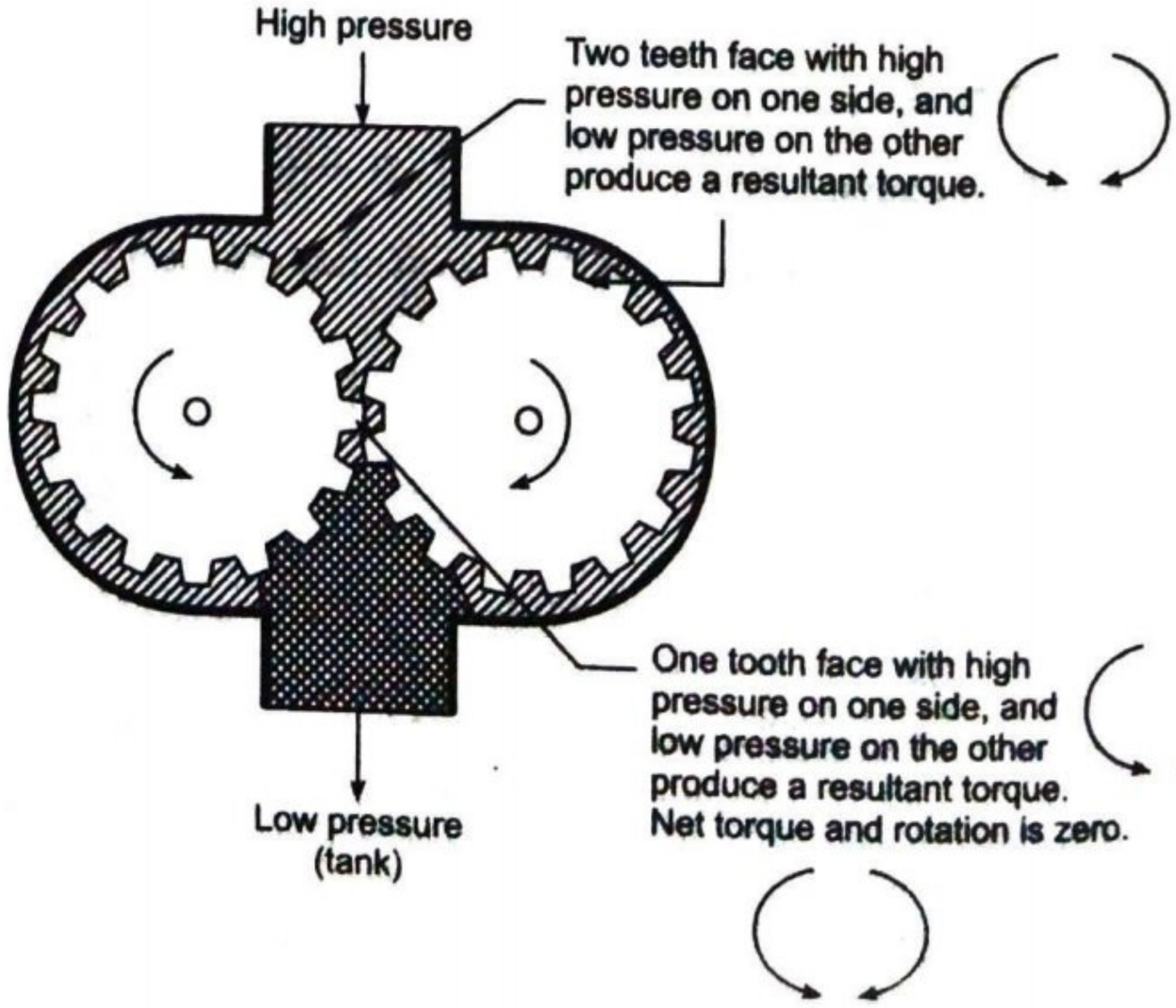
(ii) वेन मोटर (Vane motor)

(iii) पिस्टन मोटर (Piston motor)

- ➤ अक्षीय प्रकार (Axial Type)
- ➤ त्रिज्यीय प्रकार (Radial Type)

(i) गियर मोटर (Gear Motor)

व्यवस्थित आरेख निम्न है—

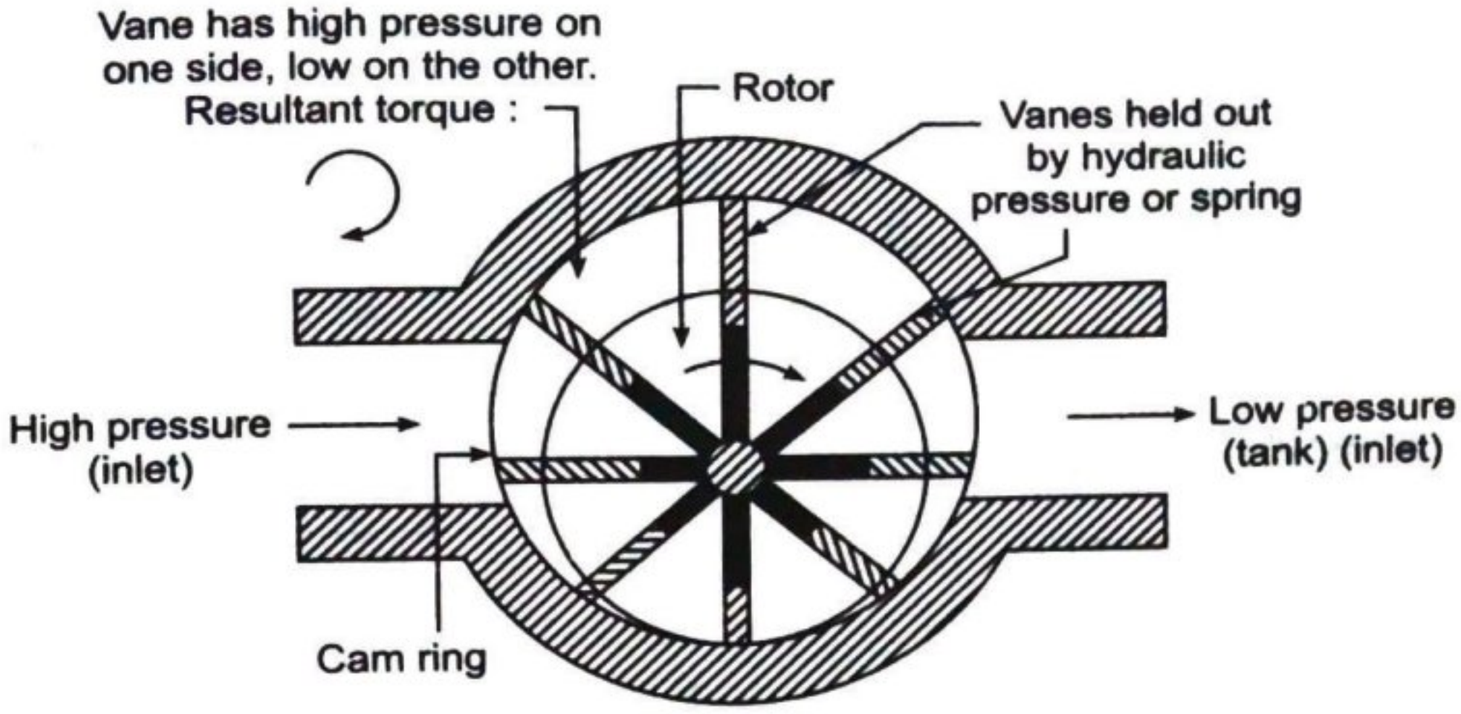


चित्र 4.62

द्रव मीटर के ऊपरी सिरे पर प्रवेश करता है तथा ऊपरी चैम्बर को दाब मुक्त करता है। दाब को गियर के दो सतहों में प्रसारित किया जाता है। इनका प्रयोग Medium speed तथा निम्न आघूर्ण अनुप्रयोग के लिए किया जाता है।

(ii) वेन मोटर (Vane motor)

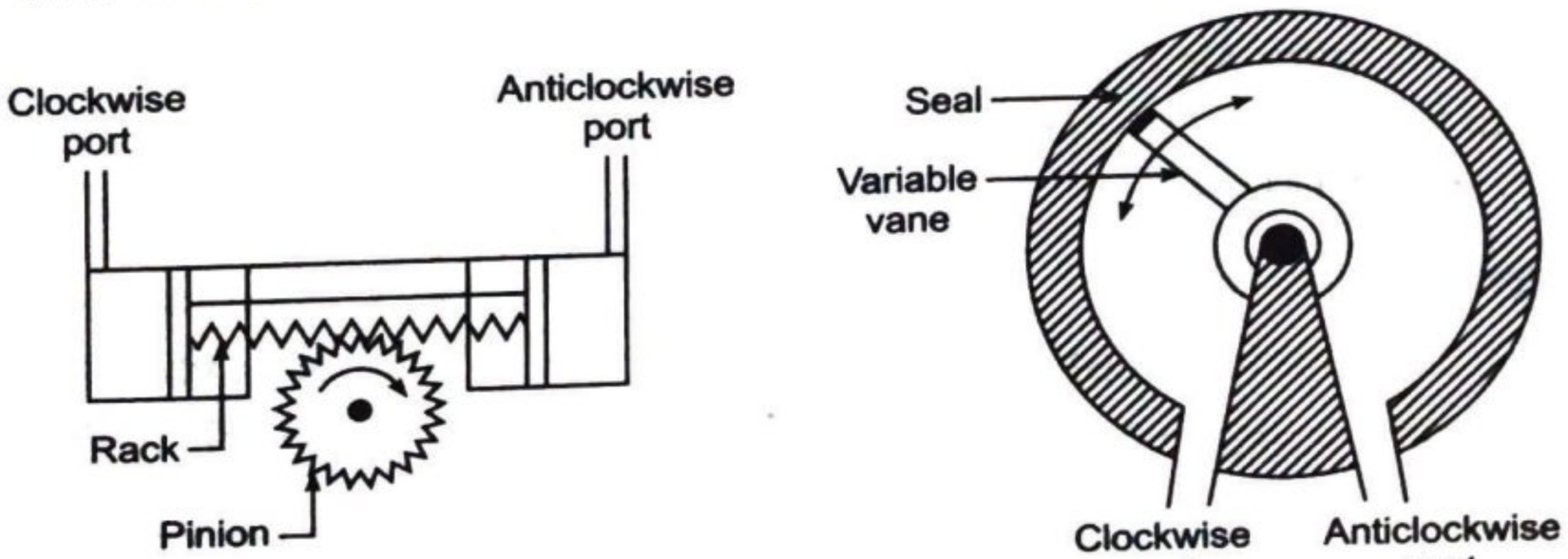
यह एक धनात्मक विस्थापन मोटर है। व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 4.63

(iii) पिस्टन मोटर (Piston मोटर)

व्यवस्थित आरेख निम्न है—

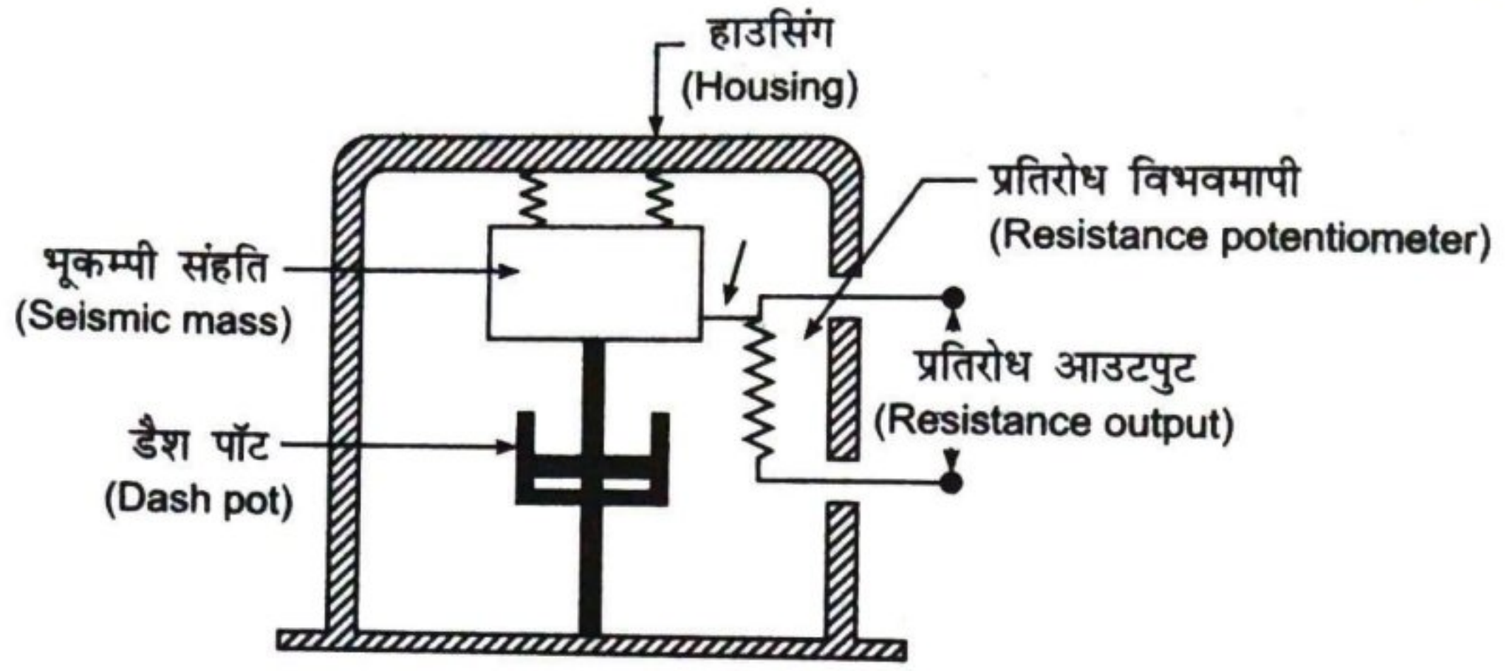


चित्र 4.64

4.19 पोटैंशियोमीट्रिक प्रारूपी त्वरणमापी (Potentiometric Type Accelerometer)

पोटैंशियोमीट्रिक प्रारूपी त्वरणमापी एक सरल प्रकार का त्वरणमापी है जिसका प्रयोग निम्न आवृत्तियों (frequency) एवं आवृत्ति के बड़े परास (range) के लिये किया जाता है। यह त्वरणमापी भी परम गति (absolute mean) का मापन करता है। इस त्वरणमापी को चित्र 4.65 में दिखाया गया है।

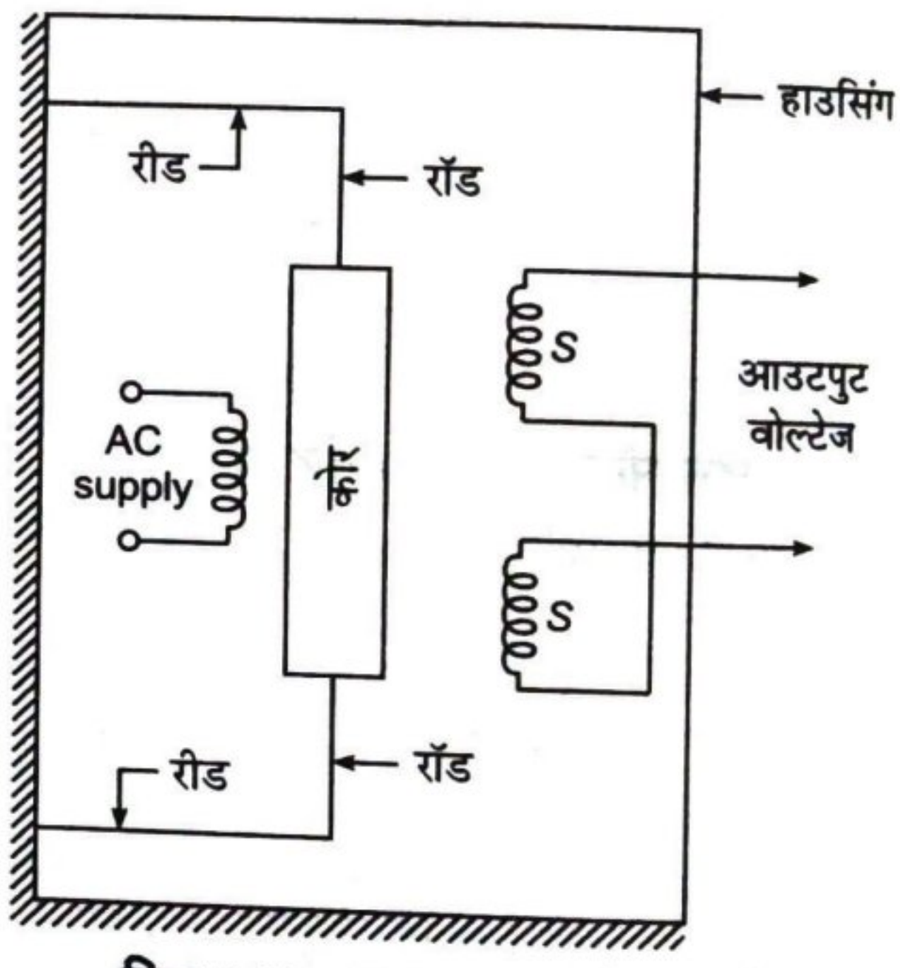
इस यन्त्र में लगे भूकम्पी संहति (seismic mass) का सम्पर्क एक प्रतिरोध पोटैंशियोमीटर (resistance potentiometer) के स्लाइडर भुजा (slider arm) से बना रहता है। इसीलिए इस त्वरणमापी को पोटैंशियोमीट्रिक प्रारूपी त्वरणमापी कहा जाता है।



चित्र 4.65

इस प्रकार के त्वरणमापी में भी फ्रेम/हाउसिंग होता है। जिसके अन्दर ही डैश पॉट (dash pot), भूकम्पी संहति (seismic mass), वाइपर (wiper) पोटैंशियोमीटर इत्यादि लगे होते हैं।

त्वरणमापी के फ्रेम/हाउसिंग तथा भूकम्पी संहति के बीच सापेक्ष गति (relative motion), पोटैंशियोमीटर में होने वाले प्रतिरोध परिवर्तन या यन्त्र में लगे प्रतिरोध आउटपुट (resistance output) से प्राप्त वोल्टता आउटपुट (output voltage) के परिवर्तन के समानुपाती होता है। इस यन्त्र का उपयोग बड़े परास (high range) की आवृत्ति के लिये भी किया जाता है, इसके लिये इस यंत्र का सम्पर्क संहति के अवमन्दन (damping) के लिये डैश पॉट से रहता है। अन्य प्रकार के त्वरणमापी की अपेक्षा यह एक सस्ता एवं सरल यंत्र है।



चित्र 4.66 : LVDT का प्रयोग करने वाले भूकम्पी त्वरणमापी

4.20 LVDT प्ररूपी त्वरणमापी (LVDT Type Accelerometer)

इस भूकम्पी त्वरणमापी में रेखीय परिवर्ती डिफरैंशियल ट्रान्सफॉर्मर (Linear Variable Differential Transformer, LVDT) लगा होता है, इसलिये इसे LVDT प्रारूपी त्वरणमापी कहते हैं। इस यंत्र को चित्र 4.66 में दिखाया गया है।

इस यन्त्र में लगे LVDT की क्रोड (core) भूकम्पी संहति (seismic mass) का कार्य करती है। इसके कोर (core) के दोनों सिरे पर एक छड़ (rod) लगा होता है। ये छड़ लचकदार रीड्स (flexible reeds) से जुड़ी रहती है। ये लचकदार रीड्स एक स्प्रिंग की तरह कार्य करती है। इस यंत्र में भी फ्रेम/हाउसिंग होता है जिसके अन्दर सारी व्यवस्थायें होती हैं। लचकदार रीड्स का सम्बन्ध त्वरणमापी के फ्रेम या हाउसिंग से होता है। फ्रेम या हाउसिंग सूक्ष्म कम्पन से भी प्रभावित होते हैं। इस यन्त्र में एक सेन्सर (sensor) भी लगा होता है जो फ्रेम या हाउसिंग के द्वारा कम्पन उत्पन्न होने पर ऊपर-नीचे गति करने लगता है जिसके फलस्वरूप LVDT की सेकेन्ड्री कुण्डली (secondary coil) ए०सी० आउटपुट वोल्टता (A.C. output voltage) प्रदान करती है। इस आउटपुट सिग्नल का मान (value) कम्पनों के आयाम (amplitude) पर निर्भर करता है, जो इसके समानुपाती होता है। इसी आउटपुट वोल्टता का शिखर-से-शिखर (peak-to-peak) परिणाम निकालकर कम्पनों के आयाम (amplitude of vibrations) को ज्ञात किया जा सकता है।

LVDT की संहति बहुत कम होने के कारण इसका उपयोग उच्च आवृत्ति के कम्पनों (high frequency vibrations) के मापन में किया जाता है, जबकि स्थैतिक अवस्था (steady stage) में इसका उपयोग निम्न आवृत्ति कम्पनों (low frequency vibration) के मापन में किया जाता है।

लाभ

LVDT का प्रयोग करने से इसके निम्न लाभ होते हैं—

(i) LVDT का प्रतिरोध पोटैंशियोमीटर से कम होता है।

(ii) LVDT की संहति बहुत कम होती है।

(iiii) यह एक सम्पर्करहित युक्ति (device) है।

(iv) इसमें जल सम्पर्कों के कारण उत्पन्न होने वाली समस्यायें नहीं होती हैं।

(v) इसका प्रयोग उच्च आवृत्ति के कम्पनों को मापने में किया जा सकता है तथा स्थैतिक अवस्था में इसका उपयोग निम्न आवृत्ति के कम्पनों को मापने में भी किया जा सकता है।

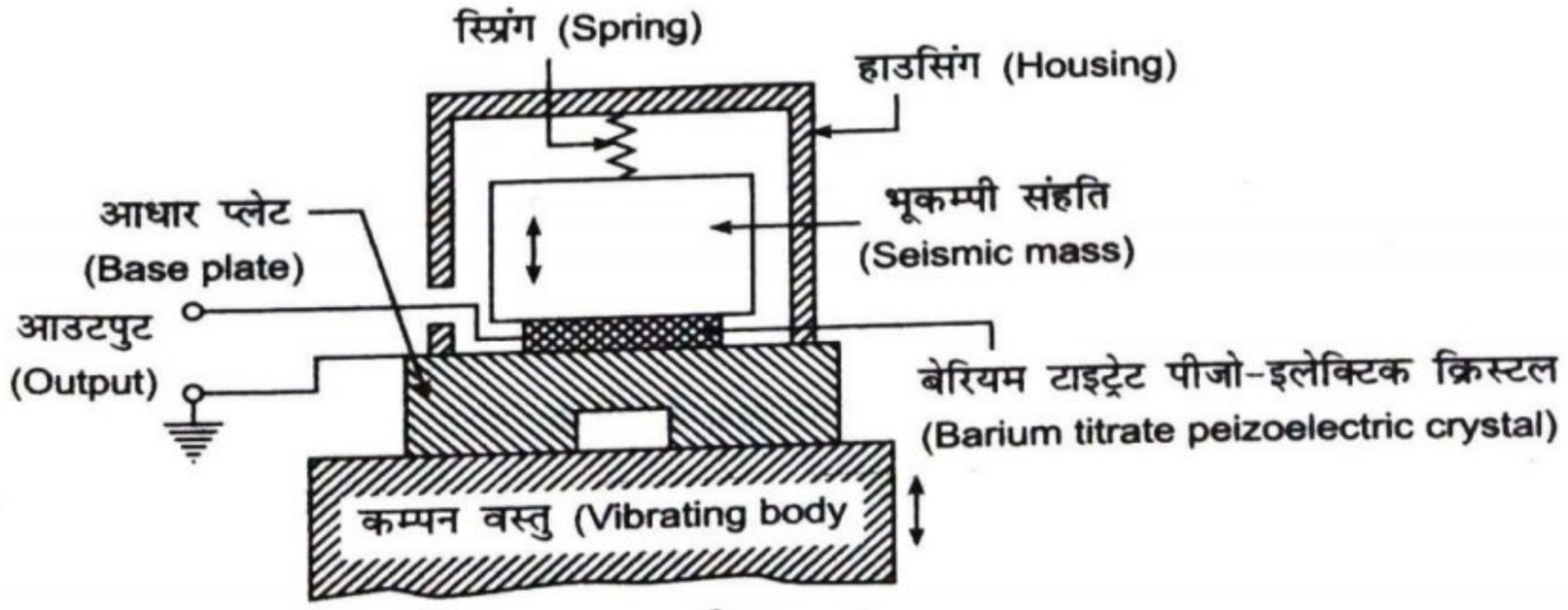
Lineral Variable Differential Transformers (LVDT)

LVDT एक स्थिति सेन्सर होता है जो स्थिति फीडबैक प्रदान करता है। इस उपकरण में एक प्राथमिक ट्रान्सफॉर्मर बाइन्डिंग होता है तथा दो समान द्वितीयक ट्रान्सफॉर्मर बाइंडिंग होते हैं। दोनों बाइंडिंग एक खोखले ट्यूब के चारों ओर बंधी रहती है तथा एक गतिमान कोर के लिए cavity प्रदान करती है। यह गतिमान कोर निकाय के उस अंग से जुड़ा होता है जिसकी स्थिति को मापना होता है।

गतिमान कोर एक प्राथमिक एवं द्वितीयक बाइंडिंग के बीच चुम्बकीय लिंकेज प्रदान करता है। अधिकतम वोल्टेज तब उत्पन्न होता है जब गतिमान कोर द्वितीयक बाइंडिंग के करीब होता है।

4.21 पीजो-इलेक्ट्रिक त्वरणमापी (Piezo-electric Accelerometer)

इस त्वरणमापी में एक पीजो–इलेक्ट्रिक क्रिस्टल (Piezo-electric Crystal) होता है। इस यंत्र में लगे भूकम्पी संहति (seismic mass) का सम्पर्क इसी पीजो–इलेक्ट्रिक क्रिस्टल से बना रहता है। इसलिये इस त्वरणमापी को पीजो–इलेक्ट्रिक त्वरणमापी कहा जाता है। इसको चित्र 4.69 में दिखाया गया है।



चित्र 3.69

पीजो–इलेक्ट्रिक क्रिस्टल, सेकेण्डरी ट्रांसड्यूसर (Secondary Tansducer) के रूप में कार्य करता है। यह क्रिस्टल संहति के लिये भी कार्य करता है। पीजो–इलेक्ट्रिक प्रभाव के कारण जब संहति (mass), पीजो–इलेक्ट्रिक क्रिस्टल संयोजन में

त्वरण करता है तब क्रिस्टल पर परिवर्तनीय बलों के कारण परिवर्तनीय आवेश उत्पन्न होता है। यह आउटपुट वोल्टता, त्वरण के समानुपाती होता है।

इस प्रकार, $Q = dMa$

जहाँ Q = परिवर्तनीय आवेश

d = क्रिस्टल की आवेश संदेवदनशीलता

a = त्वरण

अब यदि क्रिस्टल की धारिता (capacitance) 'C' है।

तब, लोड रहित निर्गम (no load output) वोल्टता,

$$e_0 = \frac{Q}{C} = \frac{dMa}{C}$$

इस प्रकार उपरोक्त समीकरण से यह पता चलता है कि आउटपुट वोल्टता e_0 त्वरण a के समानुपाती होता है। त्वरणमापी साइज में छोटे व भार में हल्के होते हैं। उनका भार औसतन 50 gram होता है। डेम्पिंग काफी कम होने के कारण इनका प्रयोग काफी अधिक आवृत्ति परास (very high frequency range) के लिये किया जाता है।

4.22 रेखीय एवं घुमाऊ इनकोडर (Linear & Rotary Encoder)

एक इनकोडर विद्युत यांत्रिक उपकरण होता है जिसकी सहायता से स्थिति एवं गति को monitor किया जाता है। एक इनकोडर ऑप्टिकल सेन्सर का प्रयोग करता है जिसकी सहायता से यह प्लस की श्रेणी प्रदान करता है जिसको हम गति, स्थिति या दिशा में अनुवाद कर लेते हैं।

4.23 टैकोमीटर (डिजिटल सेन्सर)

टैकोमीटर एक डिजिटल सेन्सर होता है जो किसी घुमाऊ डिस्क की गति का मापन करता है। इस सेन्सर के आउटपुट में एक डिस्प्ले लगा होता है जो संख्या को निरूपित करता है। शाफ्ट की गति घुमाऊ प्रतिसेकण्ड या मिनट में मापा जाता है।

डिस्क एक घुमाऊ शाफ्ट पर बद्ध होता है। डिस्क परिधि पर अधिक संख्या में पारदर्शी स्लाट बने होते हैं। डिस्क की घुमाऊ गति के कारण प्रत्येक slot सेन्सर द्वारा पास होता है जिसमें एक आउटपुट सिग्नल प्राप्त होता है। इन Pulse को logic के रूप में प्रदर्शित करता है। इन प्लस को पुन: काउन्टर (counter) में भेजा जाता है जो प्लस को काउन्ट करता है।

सारांश

नियंत्रण निकाय—इस निकाय में भौतिक अवयव इस प्रकार व्यवस्थित होते हैं जिससे सभी अवयव निर्देश द्वारा स्वयं को अथवा अन्य निकाय को नियंत्रित करते हैं।

ये दो प्रकार के होते हैं—

- खुला परिपथ नियंत्रण निकाय
- बंद परिपथ नियंत्रण निकाय

वह युक्ति जिसकी सहायता से नॉन-विद्युत राशियों को विद्युत राशि में परिवर्तित किया जाता है, ट्रान्सड्यूसर (Transducer) कहा जाता है।

Transducer दो प्रकार के होते हैं—

(i) प्राथमिक ट्रान्सड्यूसर (Primary Transducer)

(ii) द्वितीयक ट्रान्सड्यूसर (Secondary Transducer)

सेन्सर के प्रमुख निष्पादन पद

(i) **रेन्ज**—उद्दीपन के न्यूनतम एवं उच्चतम मान को प्रसार कहते हैं।

(ii) **त्रुटि एवं यथार्थता**—त्रुटि मानक मान तथा माने गये मान के अंतर को कहते हैं। यथार्थता उस गुणधर्म को कहते हैं जिसमें मापे गए मान में गलतियों की सम्भावना को नगण्य करते हैं।

(iii) **Hysteresis**—Hysteresis is the deviation of the sensors output at any given point when approached from two different direction.

(iv) **Non-linearity**—Non-linearity is the maximum deviation from the ideal linear transfer function.

(v) **Dead band**—It is the lack of response or insensitivity of a device over a specific range of the input.

(vi) **Output Impedance**—यह नियत आउटपुट वोल्टेज तथा शार्ट सर्किट विद्युत का अनुपात होता है जो किसी पोर्ट पर ज्ञात किया जाता है।

It is the ratio of the rated output voltage and short circuit current of the port (*i.e.*, current when the output is shorted).

(vii) **Repeatability**—It is the failure of the sensor to represent the same value under identical conditions when measured at different times.

(viii) **Reliability**—Reliability is a statistical measure of quality of a device.

(ix) **Sensitivity**—It represents the slope of the transfer function.

(x) **Resolution**—It is the minimum increment in stimulus to which the sensor can response.

(xi) **Frequency**—It is the ability of the device to response to a harmonic input.

(xii) **Response time**—It indicates the time needed for the output to reach steady state for a step change in input.

(xiii) **Calibration**—It is the experimental determination of the transfer function of a sensor actuator.

Displacement, Position and Motion Sensors

These are concerned with the measurement of amount by which some object has moved.

- Potentiometer Sensor
- Strain gauge sensor
- Capacitive Sensor

Force Sensor

Force is defined as any cause that produces, stops or changes the motion of a body or trends to produce these effects.

Main Equipments

- Scale & Balance
- Spring
- Proving ring
- Load cell

Liquid Flow Sensor

Electromagnetic flow meter is used for liquid flow.

Liquid Level Sensor

It is used to measure liquid height, position from datum line.

Commonly used equipments are :

(i) Sight glass level gauge
(ii) Float gauge
(iii) Hydrostatic pressure devices.
(iv) Capacitance type level gauge.
(v) Gamma-rays liquid level gauge.
(vi) Ultrasonic liquid level gauge.

Temperature Sensor

The temperature is a thermal state of a body which distinguishes a hot body from cold body.

Commonly used senors are :

- Thermocouple
- Thermometer
- Pyrometer
- Electrical sensor
- Semiconductor junction

Light Sensor

Commonly used sensor

- Photo diode
- Photo transistor
- Photo resistor

प्रवर्तन —प्रवर्तन की सहायता से हम भौतिक परिवर्तन करते हैं। यह परिवर्तन के साथ-साथ परिवर्तन दर परिवर्तन शक्ति को भी ठीक करता है।

प्रवर्तन के प्रकार—

- यान्त्रिक प्रवर्तन
- विद्युत प्रवर्तन
- द्रवीय प्रवर्तन
- वायुवीय प्रवर्तन

वायुवीय प्रवर्तन निकाय

वायुवीय प्रवर्तन निकाय में वायु को सम्पीड़ित करके प्रसारित किया जाता है, जिससे शक्ति नियन्त्रित होती है।

मुख्य अवयव

- सम्पीडक
- वायु उपचार यूनिट
- भण्डारण
- नियन्त्रक वाल्व एवं प्रवर्तन

वायुवीय वाल्व

वायुवीय प्रवर्तन को नियन्त्रित करने के लिए वायु ऊर्जा को क्रियान्वित, नियन्त्रित एवं भण्डारित एक पूर्व निर्धारित क्रम तक किया जाता है। उपरोक्त को हम वायुवीय वाल्व की सहायता से प्राप्त करते हैं।

- दिशा नियन्त्रण वाल्व
- वायुवीय चेक वाल्व
- OR valve
- AND valve
- प्रवाह नियन्त्रण वाल्व
- त्वरित निकास वाल्व
- समय विलम्ब वाल्व

रेखीय प्रवर्तन

रेखीय प्रवर्तन के रूप में हम वायुवीय सिलिण्डर का प्रयोग करते हैं।

प्रमुख प्रकार निम्नलिखित हैं—

- एकल क्रिया सिलिण्डर
- द्वि-क्रिया सिलिण्डर
- टैन्डम सिलिण्डर
- तीन स्थिति सिलिण्डर
- थ्रू रॉड सिलिण्डर
- समंजनीय स्ट्रोक सिलिण्डर
- टेलीस्कोप सिलिण्डर

प्रवर्तन

प्रवर्तन के रूप में वायु मोटर का प्रयोग किया जाता है।

प्रमुख प्रकार निम्नलिखित हैं—

- पिस्टन मोटर
- क्रेन मोटर
- टरबाइन मोटर
- जनरेटर मोटर

द्रवीय प्रवर्तन निकाय—प्रवर्तन का वह रूप जिसमें द्रवीय ऊर्जा का प्रयोग गति उत्पन्न करने के लिए किया जाता है, द्रवीय प्रवर्तन कहलाता है।

मुख्य अवयय निम्नलिखित हैं—

(i) पम्प
(ii) दाब रेगुलेटर
(iii) वाल्व
(iv) वितरक निकाय
(v) आधारभूत संरचना।

रेखीय प्रवर्तन निकाय

इस प्रवर्तन निकाय में कार्य रेखीय गति के रूप में प्राप्त होता है। गति Push तथा Pull के रूप में होती है। प्रमुख प्रका निम्नलिखित हैं—

- एकल क्रिया सिलिण्डर
- द्वि-क्रिया सिलिण्डर
- टाई रॉड सिलिण्डर
- मिल टाइप सिलिण्डर
- एक-पीस वेल्डिंग सिलिण्डर
- थ्रेडेड हेड सिलिण्डर
- टेलिस्कोप सिलिण्डर
- केबिल सिलिण्डर
- टेन्डम सिलिण्डर
- ड्यूप्लेक्स सिलिण्डर
- रोटरी सिलिण्डर।

घुमाऊ प्रवर्तन निकाय

इसके प्रकार निम्नलिखित हैं—

- गियर मोटर
- वेन मोटर
- पिस्टन मोटर

प्रश्नावली

1. नियंत्रण निकाय से आप क्या समझते हैं?
2. नियंत्रण निकाय के प्रमुख अवययों को लिखिए।
3. निम्न को समझाइए—
   (a) खुला परिपथ नियंत्रण निकाय (b) बंद परिपथ नियंत्रण निकाय
4. सेन्सर तथा ट्रान्सड्यूसर को विस्तृत आरेख द्वारा समझाइए।
5. ट्रान्सड्यूसर के प्रकार बताइए।
6. ट्रान्सड्यूसर का वर्गीकरण कीजिए।
7. ट्रान्सड्यूसर के प्रमुख निष्पादन पदों को लिखिए।
8. विस्थापन सेन्सर को समझाइए।
9. निम्न की क्रियाविधि को समझाइए—
   (a) Potentiometer Sensor (b) Strain Guage Sensor
   (c) Capacitive Element Sensor
10. विस्थापन के लिए प्रयुक्त ट्रान्सड्यूसर को लिखिए।

11. इलेक्ट्रो-मैकेनिकल सेन्सर को समझाइए।
12. बल सेन्सर को समझाइए।
13. निम्न को समझाइए—
    (a) स्केल & Balance
    (b) Spring
    (d) Load Cell
14. द्रव प्रवाह सेन्सर को समझाइए।
15. द्रव स्तर सेन्सर को समझाइए।
16. तापमान सेन्सर को विस्तृत रूप से समझाइए।
17. प्रकाश सेन्सर के लिए प्रयुक्त युक्तियों को समझाइए।
18. सेन्सर के चुनाव के लिए प्रमुख विचारणीय बातें लिखिए।
19. प्रवर्तन निकाय को समझाइए।
20. प्रवर्तन निकाय के प्रकार को समझाइए।
21. वायुवीय प्रवर्तन निकाय को विस्तार से समझाइए।
22. वायुवीय प्रवर्तन निकाय के मुख्य अवययों को लिखिए।
23. वायुवीय वाल्व क्या हैं?
24. रेखीय प्रवर्तन तथा उसका वर्गीकरण विस्तारपूर्वक समझाइए।
25. घुमाऊ प्रवर्तन क्या है?
26. निम्न को समझाइए—
    (a) पिस्टन मोटर
    (b) टरबाइन मोटर
    (c) वेन मोटर
    (d) जनरेटर मोटर
27. द्रवीय प्रर्वतन निकाय को समझाइए।
28. द्रवीय प्रर्वतन निकाय के प्रमुख अंगों को विस्तार से लिखिए।
29. निम्न को समझाइए—
    (a) पम्प
    (b) दाब रेगुलेटर
    (c) सम्पीडक
    (d) द्रवीय वाल्व
30. द्रवीय वाल्व के ग्राफीय प्रदर्शन को आरेख द्वारा समझाइए।
31. रेखीय तथा घुमाऊ प्रर्वतन को समझाइए।
32. LVDT को समझाइए।
33. Tachometer का सचित्र वर्णन कीजिए।
34. Encoder से आप क्या समझते है?

वस्तुनिष्ठ प्रश्नावली

1. खुला नियंत्रण निकाय का उदाहरण है—
    (a) एम्पलीफायर
    (b) लिंकेज
    (c) फिल्टर
    (d) सभी

2. Detector को कहा जाता है–
   (a) प्राथमिक ट्रान्सड्यूसर
   (b) द्वितीयक ट्रान्सड्यूसर
   (c) दोनों
   (d) इनमे से कोई नही
3. सेन्सर का Range होता है–
   (a) $-30°C$ to $80°C$
   (b) $+30°C$ to $-80°C$
   (c) $+30°C$ to $80°C$
   (d) $0°C$ to $80°C$
4. Error होता है–
   (a) Measured value + True value
   (b) Measured value – True value
   (c) True value – Measured value
   (d) $\frac{\text{True value}}{\text{Measured value}} \times 100$
5. $\frac{dR}{dT} =$
   (a) $a\left[\frac{\Omega}{°C}\right]$
   (b) $a\left[\frac{°C}{\Omega}\right]$
   (c) $\Omega \times °C$
   (d) $a \times °C$
6. $G_F =$
   (a) $R \times \Delta R$
   (b) $\frac{R}{\Delta R}$
   (c) $\frac{\Delta R}{R}$
   (d) 0
7. धातु Foil के लिए गेज गुणांक होता है–
   (a) 0
   (b) 1
   (c) 1.5
   (d) 2
8. Thermistor की प्रतिरोधकता होती है–
   (a) 100 Ω/cm
   (b) 4,50,000 Ω/cm
   (c) 100 Ω – 4.50,000 Ω/cm
   (d) 0
9. थर्मोकपल पायरोमीटर बना होता है–
   (a) प्लेटिनम
   (b) आयरन
   (c) क्रोमियम
   (d) सभी
10. अक्षीय पिस्टन मोटर की क्षमता होती है–
   (a) 1 kW
   (b) 2 kW
   (c) 2.5 kW
   (d) 3 kW

वस्तुनिष्ठ प्रश्नों के उत्तर

1. (d), 2. (a), 3. (a), 4. (b), 5. (c), 6. (c), 7. (d), 8. (c), 9. (d), 10. (c)

5 सी. एन. सी. मशीनों में समस्याएँ (Problems in CNC Machines)

5.1. परिचय (Introduction)

सी०एन०सी० एक मैकाट्रॉनिक्स उत्पाद जिसमें यांत्रिक, विद्युत एवं इलेक्ट्रॉनिक विधाओं का समावेश होता था। सी०एन०सी० मशीन की क्रियाविधि यांत्रिक, विद्युत एवं इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों के समन्वय की क्रियाविधि पर निर्भर करता है। किसी भी विधा के उपकरण में खराबी सी०एन०सी० मशीन की क्रियाविधि को प्रभावित करता है जिसके परिणामस्वरूप मशीन या तो बंद हो जाती है या निम्न गुणवत्ता का उत्पाद उत्पादित करती है। सी०एन०सी० मशीन के सुचारू रूप से क्रिया करने के लिए निरन्तर अंतराल पर मशीन का अनुरक्षण (Machine maintenance) आवश्यक होता है।

मशीन के अनुरक्षण में यांत्रिक उपकरण का अनुरक्षण, विद्युत उपकरण का अनुरक्षण, इलेक्ट्रॉनिक उपकरण का अनुरक्षण सम्मिलित होता है। इसके लिए इंजीनियर की एक टीम गठित होती है जो तीनों विधाओं से लिए जाते हैं तथा एक साथ कार्य करते हैं।

सी०एन०सी० मशीन में समस्या विविध कारणों से होती है। विविध कारणों में विद्युतीय कारण, यांत्रिक कारण या इलेक्ट्रॉनिक कारण हो सकता है। कभी-कभी समस्या कम्प्यूटर से भी सम्बन्धित होती है। यथार्थ समस्या के निर्धारण के लिए यथार्थ फाल्ट विश्लेषण (Accurate fault analysis) की आवश्यकता होती है जो यह निर्धारित करती है कि समस्या का कारण क्या है तथा इसका निवारण कैसे किया जा सकता है। जिससे सी०एन०सी० मशीन की समस्या का अधिकतम मुमकिन निवारण हो और क्रिया के दौरान कोई रुकावट न हो।

सी०एन०सी० मशीन में फाल्ट को चिन्हित करना सबसे अधिक जटिल कार्य होता है जिसके लिए कुशल एवं अनुभवी इंजीनियर की आवश्यकता होती है तथा जिसे सी०एन०सी० मशीन के सभी अंगों का ज्ञान हो। फाल्ट का एक मुख्य कारण सी०एन०सी० मशीन में प्रयुक्त अंगों का निम्न गुणवत्ता का होना है। यह निम्न गुणवत्ता अंग मशीन में टूट-फूट तथा कम्पन्न उत्पन्न करते हैं। जिससे मशीन में विसंगतियाँ उत्पन्न होती हैं। फाल्ट का दूसरा मुख्य कारण कटाई घटक को क्रियाविधि के दौरान ध्यान न देना।

जैसे—सेटिंग गति, भरण, काट की गहराई। ओवरलोडिंग भी फाल्ट का एक मुख्य कारण है।

5.2. सी०एन०सी० मशीन में सामान्य समस्याएँ (Common Problems in CNC Machines)

सी०एन०सी० की प्रमुख समस्याओं का निम्न वर्गों में विभाजित किया गया है—

यांत्रिक व वायुवीय अंगों के कारण समस्या–

- घुमाऊ यंत्रों के असफल होने के कारण। जैसे—स्क्रू, गाइड रेल या बियरिंग।
- स्पिण्डल के असफलता या खराबी के कारण।
- स्पिण्डल स्नेहन की समस्या के कारण।
- गियर-शाफ्ट यंत्रावली के कारण।
- गाइड रेल स्नेहन के असफल होने के कारण।
- ऑटोमैटिक टूल चेन्जर के कारण।

कई बार विद्युत अंगों के कारण यांत्रिक अंगों में खराबी होती है। उदाहरण के लिए सर्वोमोटर ओवरलोड होने के कारण गाइड रेल का स्नेहन असफल हो जाता है।

विद्युत अंगों के कारण समस्या

- रिले, सॉलिनाइड के मोटर के असफल होने के कारण।
- मोटर के सर्वो ड्राइव के असफल होने के कारण।
- स्पिण्डल ड्राइव के विद्युत सप्लाई में समस्या के कारण।
- शार्ट सर्किट के कारण।
- निम्न वोल्टेज समस्या।

इलेक्ट्रॉनिक अंगों के कारण समस्या

हम जानते हैं कि सभी सी०एन०सी० मशीन में PLC नियन्त्रण उपकरण के रूप में लगा होता है। इस नियन्त्रण निकाय में CPU, मैमोरी, शक्ति इनपुट/आउटपुट आदि लगे होते हैं। CNC मशीन में सतत् संचरण जो PLC के द्वारा होता है। यदि PLC का कोई अंग खराब हो जाए तो सी०एन०सी० मशीन बंद हो जाती है।

कम्प्यूटर तथा प्रोग्रामिंग में समस्या

- प्रोग्रामिंग दोष (जैसे—प्रोग्रामिंग सिनटेक त्रुटि)
- प्रचालन दोष
- प्रोग्राम टेस्ट के दौरान तथा प्रॉब्लम सर्च ऑपरेशन के दौरान दोष होना
- हार्डवेयर अंग के फेल होने के कारण।

अलार्म सिग्नल की समस्या

अलार्म निकाय वह होता है जो हार्डवेयर अंग, क्रियाविधि तथा अन्य प्रचालक अंगों को सिग्नल देता है। अलार्म सिग्नल के गलत सिग्नल से भी सी०एन०सी० मशीन में समस्या आती है।

5.3. सी०एन०सी० मशीन का प्रतिदिन अनुरक्षण (Daily Maintenance of CNC Machine)

यदि सी०एन०सी० मशीन का रूटीन अनुरक्षण किया जाए तो मशीन की टूल अवधि में वृद्धि होती है।

प्रतिदिन अनुरक्षण की प्रमुख बातें निम्नलिखित हैं जिससे CNC मशीन सुचारू रूप से क्रिया कर सके।

स्नेहन दशाएँ को सुचारू रूप से क्रियान्वित करना

ऑटोमैटिक स्नेहन पद्धति को समय-समय पर जाँचते रहना चाहिये। गाइडमार्ग, शाफ्ट, स्क्रू तथा अन्य अंगों को पूरी तरह स्नेहित रखना चाहिये। एक अच्छा स्नेहन पद्धति अंगों के यांत्रिक टूट-फूट को कम करता है जिससे टूल अवधि तथा सी०एन०सी० मशीन की आयु में वृद्धि होती है।

सी०एन०सी० मशीन की यथार्थता की जाँच एवं समायोजन

सी०एन०सी० मशीन की मशीनिंग सटीकता का नियमित रूप से निरीक्षण किया जाना चाहिये और समायोजन की आवश्यकता शुद्धता बनाए रखने के लिए की जानी चाहिये। सटीकता एवं सटीकता में समायोजन उपकरण का जीवन काल बढ़ाता है।

निरीक्षण और महत्वपूर्ण घटक की सप्लाई

विभिन्न स्वत: इनपुट डिवाइस जैसे—सर्वोमोटर, गाइड मार्ग, स्लाइड, स्पिण्डल, गियरिंग निकाय तथा अन्य महत्वपूर्ण अंगों का समय-समय पर निरीक्षण एवं सफाई करना आवश्यक होता है। उचित सफाई क्रिया यह सुनिश्चित करती है कि वह अंगों की खराबी को कम करे।

लम्बे समय तक उपयोग में नहीं होने पर मशीन खाली ही चलाए

यदि सी०एन०सी० मशीन लम्बे समय तक उपयोग में नहीं लाया जा रहा है तो उसे समय-समय पर बिना कार्यखण्ड के चलाते रहना चाहिये जिससे उसके चल अंग सुचारू रूप से चलते रहें।

स्टोरेज बैटरी को समय-समय पर बदलना

सी०एन०सी० मशीन में प्रयुक्त स्टोरेज बैटरी को समय-समय पर निर्धारित तिथि पर बदलना चाहिये तथा कम्प्यूटर डिस्प्ले पैनल पर निम्न बैटरी क्षमता का अलार्म या सिग्नल प्रदर्शित होना चाहिये।

5.4. फाल्ट निदान उपकरण या विधि (Fault Diagnosis Tools/Method in CNC Machine)

आजकल सी०एन०सी० मशीन में विभिन्न प्रकार की विफलताएँ एवं खराबी आ रही हैं। सी०एन०सी० मशीन के ऑपरेटर की यह क्षमता होनी चाहिये कि वह फाल्ट का सही निर्धारण करे तथा उचित निवारण विधि ज्ञात कर सके जिससे कम समय में विफलता को आँका जा सके तथा उचित निवारण किया जा सके।

प्रमुख निवारण विधियाँ निम्नलिखित हैं—

- स्वत: ज्ञानयुक्त निवारण विधि (Intutive diagnostics method)
- स्वत: निवारण क्रियाविधि (Self diagnosis function method)
- प्रोग्राम टेस्टिंग टूल/विधि (Program testing tool/method)
- विद्युत प्रचालन समानता टूल (Electrical parameters comparison tool)
- PLC निवारण टूल (PLC diagnosis tool)
- सैद्धान्तिक विश्लेषण टूल (Principle analysis tool)

स्वतः ज्ञानयुक्त निवारण विधि (Intutive Diagnostics Method)

सी०एन०सी० मशीन टूल के निवारण की यह प्रमुख विधि एवं आधारभूत विधि है। यह एक Sensory फाल्ट निवारण विधि है। निम्न विधियों द्वारा यह निवारण किया जाता है—

- दृश्य निवारण विधि [Visual diagnosis or by watching (seeing with eye)]
- सुनने के कारण निवारण विधि (Listening diagnosis method)
- सूँघने के द्वारा (Smelling diagnosis method)
- छूने के द्वारा (Touching diagnosis method)

त्वरित निवारण विधि में उपरोक्त विधि कारगर साबित होती है। इन विधियों के लिए ऑपरेटर को प्रत्येक उपकरणों का ज्ञान होना चाहिये।

आधुनिक सी०एन०सी० मशीन में कम्प्यूटर डिस्प्ले स्क्रीन लगी होती है जिस पर विभिन्न प्रचालक आँकड़े प्रदर्शित होते हैं। जिससे ऑपरेटर को सुविधा हो जाती है।

स्वतः निवारण क्रियाविधि (Self diagnosis function method or tool)

यह एक ऐसी विधि है जिसमें सी०एन०सी० स्वत: अपनी फाल्ट को इंगित करता है। यह निकाय सतत् रूप से सी०एन०सी० के सभी हार्डवेयर तथा साफ्टवेयर का निरीक्षण करता है तथा उसके कार्यकारी दशाओं को भी मॉनीटर करता है। यदि किसी अंग में खराबी होती है या अंग असफल होता है तो वह कम्प्यूटर स्क्रीन पर डिस्प्ले करता है तथा अलार्म सिग्नल प्रदान करता है। यह सूचना असफलता की रेन्ज को दिखाता है। यह निकाय यांत्रिक उपकरण में विफलता को भी प्रदर्शित करता है।

प्रकार—यह तीन प्रकार का होता है—

- स्टार्ट सेल्फ डाइगोनिसस (Start self diagnosis)
- रन सेल्फ डाइगोनिसस (Run self diagnosis)
- ऑफ लाइन फाल्ट डाइगोनसिस (Offline fault diagnosis)

प्रोग्राम टेस्टिंग टूल

इस विधि में सी०एन०सी० मशीन के प्रोग्राम को टेस्ट किया जाता है। टेस्ट प्रोग्राम को सी०एन०सी० मशीन में फीड किया जाता है तथा रन कराया जाता है जिससे प्रोग्राम की यथार्थता तथा विश्वसनीयता की जाँच होती है। आधुनिक सी०एन०सी० मशीन में सभी प्रोग्राम कम्प्यूटर पर डिस्प्ले होता है।

विद्युत प्रचालन समानता टूल

जब कभी फाल्ट आता है तो विद्युत प्रचालक आँकड़े जैसे वोल्टेज में अनियमितता एक विशेष कारण होता है। लगभग 20% फाल्ट सी०एन०सी० मशीन में वोल्टेज की अनियमितता के कारण होता है। वोल्टेज को सामान्य स्तर से तुलना किया जाता है तथा कम्प्यूटर स्क्रीन पर डिस्प्ले किया जाता है।

PLC निवारण टूल

यह प्रोग्रामेबिल कन्ट्रोल में बना होता है जो विद्युतीय अंगों के फाल्ट को चिन्हित करता है तथा उसके निवारण की सबसे उपयुक्त विधि को क्रियान्वित करता है।

सैद्धान्तिक विश्लेषण टूल

सी०एन०सी० मशीन के यान्त्रिक उपकरणों के साथ सेन्सर लगा होता है जो यान्त्रिक उपकरण की क्रियाविधि का निरीक्षण करता है। यान्त्रिक उपकरणों को सर्किट या लूप में प्रयोग किया जाता है। यह विधि प्रत्येक लूप या सर्किट के लिए अलग-अलग तरीके से प्रयोग की जाती है।

S.S. सीएन०सी० मशीन की सामान्य समस्याएँ तथा उनका निवारण (Common Problems and Remedies in CNC Machines)

क्र०सं०	विवरण	समस्या	कारण	निवारण
1.	अक्ष परित: गति में विफलता (Axis fault in transverse movement)	किसी निश्चित स्थिति पर अक्ष अपने परित: घूमने में विफल हो जाती है तथा अलार्म नहीं बजता है।	यह टैकोमीटर, विद्युत मोटर, ड्राइव तथा कनेक्टिंग केबल में गड़बड़ी के कारण होता है।	समस्या को दूर करने के लिए सिग्नल केबिल को बदलकर नया सिग्नल केबिल लगाया जाता है।
2.	भरण शाफ्ट अक्ष में यांत्रिक विफलता (Mechanical failure in feed shaft axis)	*Y*-अक्ष के सापेक्ष असामान्य गति या विस्थापन प्रारम्भ कर देता है।	यह यान्त्रिक ट्रांसमिशन निकाय में विफलता के कारण होता है।	समान विशिष्टताओं की बियरिंग को नया लगाया जाता है।
3.	मशीन ओवरलोड (Machine overload)	यह CNC मशीन पर ओवरलोडिंग अलार्म लगाने के बाद भी दिखाता है।	यह *Z*-अक्ष मोटर करन्ट में अनियमितता के कारण होता है।	*Z*-अक्ष के स्क्रू तथा नट तथा *Z*-अक्ष के गाइड मार्ग को समायोजित करने से दूर होता है।

4.	कम्पन्न विफलता (Vibration fault)	Z-अक्ष में कम्पन्न होने लगता है।	यह Adverse pulse encoder के कारण होता है।	Integrated सर्किट को बदला जाता है तथा encoder को re-install किया जाता है।
5.	ड्राइव विफलता (Drive failure)	इसके कारण मशीन स्वत: स्टार्ट हो जाती है।	यह सर्वो ड्राइव के विफलता के कारण होता है।	फ्यूज को बदला जाता है।
6.	स्नेहन तेल का निम्न दाब (Lubrication oil pressure low)	वायुदाब कम हो जाता है तथा मशीन क्रिया करना बंद कर देता है।	तेल के अनियमिल सप्लाई के कारण होता है।	तेल की नियमित सप्लाई।
7.	निम्न पार्ट परिष्करण (Part finishing too low)	Tolerance के बाहर चला जाता है।	कटाई टूल की टूट-फूट के कारण होता है।	कटाई को recalibrate या बदल दिया जाता है।
8.	टूल का अतितप्त होना (Tool getting tool hot)	टूल उच्च तापित हो जाता है।	कूलेन्ट के अनियमित प्रवाह के कारण।	कूलेन्ट प्रवाह दर उचित कर दिया जाता है।

सारांश

सी०एन०सी० मशीन में सामान्य समस्याएँ

(i) यांत्रिक एवं वायुवीय अंगों के कारण समस्या।

(ii) विद्युत अंगों के कारण समस्या।

(iii) इलेक्ट्रॉनिक अंगों के कारण समस्या।

(iv) कम्प्यूटर तथा प्रोग्रामिंग में समस्या।

(v) अलार्म सिग्नल की समस्या।

सी०एन०सी० मशीन का प्रतिदिन अनुरक्षण–

प्रमुख क्रियाएँ निम्नलिखित हैं—

(i) स्नेहन दशाएँ को सुचारू रूप से क्रियान्वित करना।

(ii) सी०एन०सी० मशीन की यथार्थता की जाँच एवं समायोजन।

(iii) निरीक्षण और महत्वपूर्ण घटक की सफाई।

(iv) लम्बे समय तक उपयोग में नहीं होने पर मशीन को खाली ही चलाएँ।

(v) स्टोरेज बैटरी को समय-समय पर बदलना।

फाल्ट निदान उपकरण

प्रमुख विधियाँ निम्नलिखित हैं—

(i) स्वत: निवारण क्रियाविधि

(ii) स्वत: ज्ञानयुक्त निवारण विधि

(iii) प्रोग्राम टेस्टिंग टूल विधि

(iv) विद्युत प्रचालन समानता टूल

(v) PLC निवारण टूल

(vi) सैद्धान्तिक विश्लेषण टूल।

सी०एन०सी० मशीन की प्रमुख विफलताएँ

(i) अक्ष परित: गति में विफलता

(ii) भरण शाफ्ट अक्ष में यांत्रिक विफलता

(iii) मशीन ओवरलोड

(iv) कम्पन्न विफलता

(v) ड्राइव विफलता

(vi) स्नेहन तेल का निम्न दाब

(vii) निम्न पार्ट परिष्करण

(viii) टूल का अतितप्त होना।

प्रश्नावली

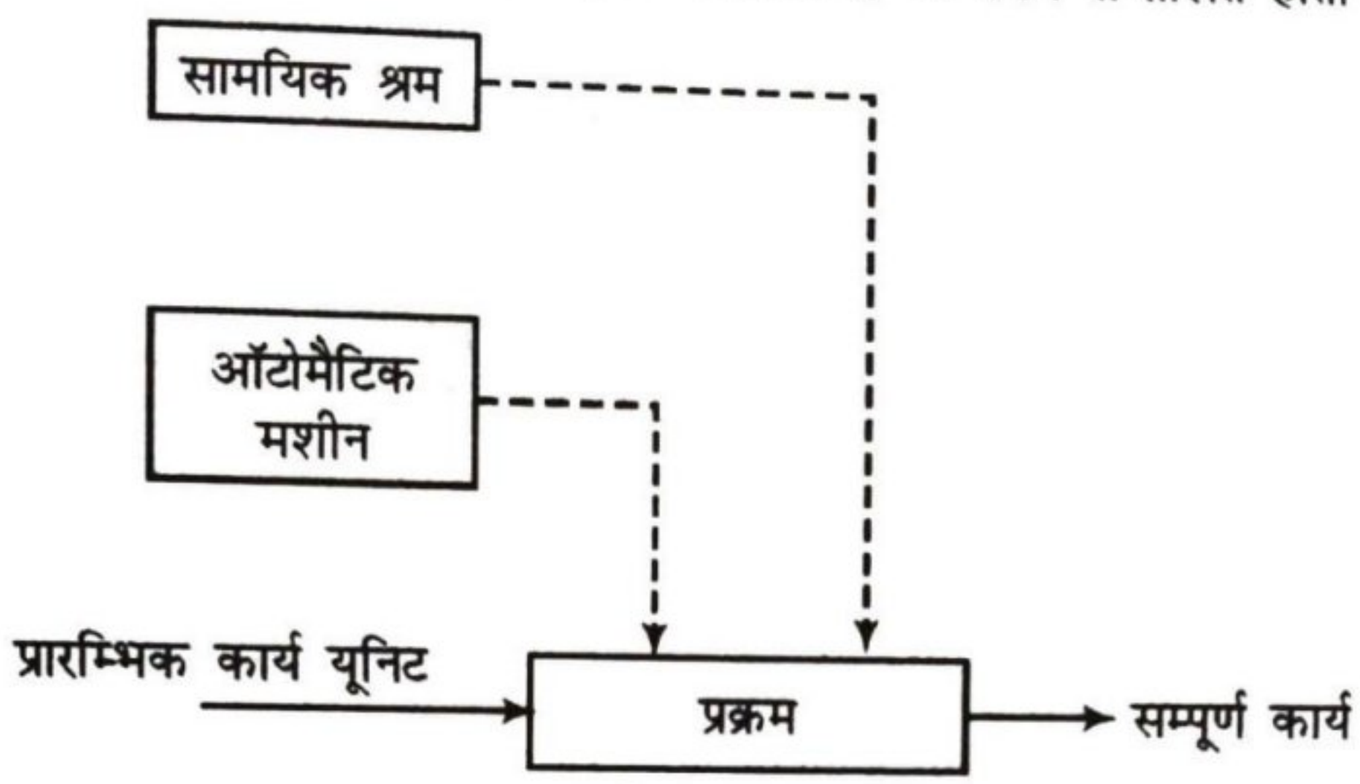
1. सी०एन०सी० मशीन में फाल्ट को समझाइए।
2. सी०एन०सी० मशीन में प्रमुख समस्याओं को लिखिए।
3. सी०एन०सी० मशीन की प्रतिदिन अनुरक्षण को विस्तार से समझाइए।
4. विभिन्न फाल्ट निदान विधियों को समझाइए।
5. सी०एन०सी० मशीन की प्रमुख विफलताओं तथा उसके निवारण विधियों को समझाइए।

❑

6 ऑटोमेशन एवं एन० सी० मशीन
(Automation and N.C. Machine)

6.1 स्वचालनः परिचय एवं विकास (Automation : Introduction and Development)

स्वचालन शब्द की उत्पत्ति ग्रीक शब्द आटो (Auto) अर्थात् स्वयं तथा मैटस (Mattas) जिसका अर्थ है घूमना (Moving)। स्वचालन तकनीकों का सेट होता है जिसके अन्तर्गत हम मशीनों पर क्रियाएँ बिना मानवीय हस्तक्षेप के सम्पन्न कराते हैं। अत: हम कह सकते हैं कि स्वचालन एक ऐसी यंत्रावली है जो स्वयं संचालित होती है।



चित्र 6.1

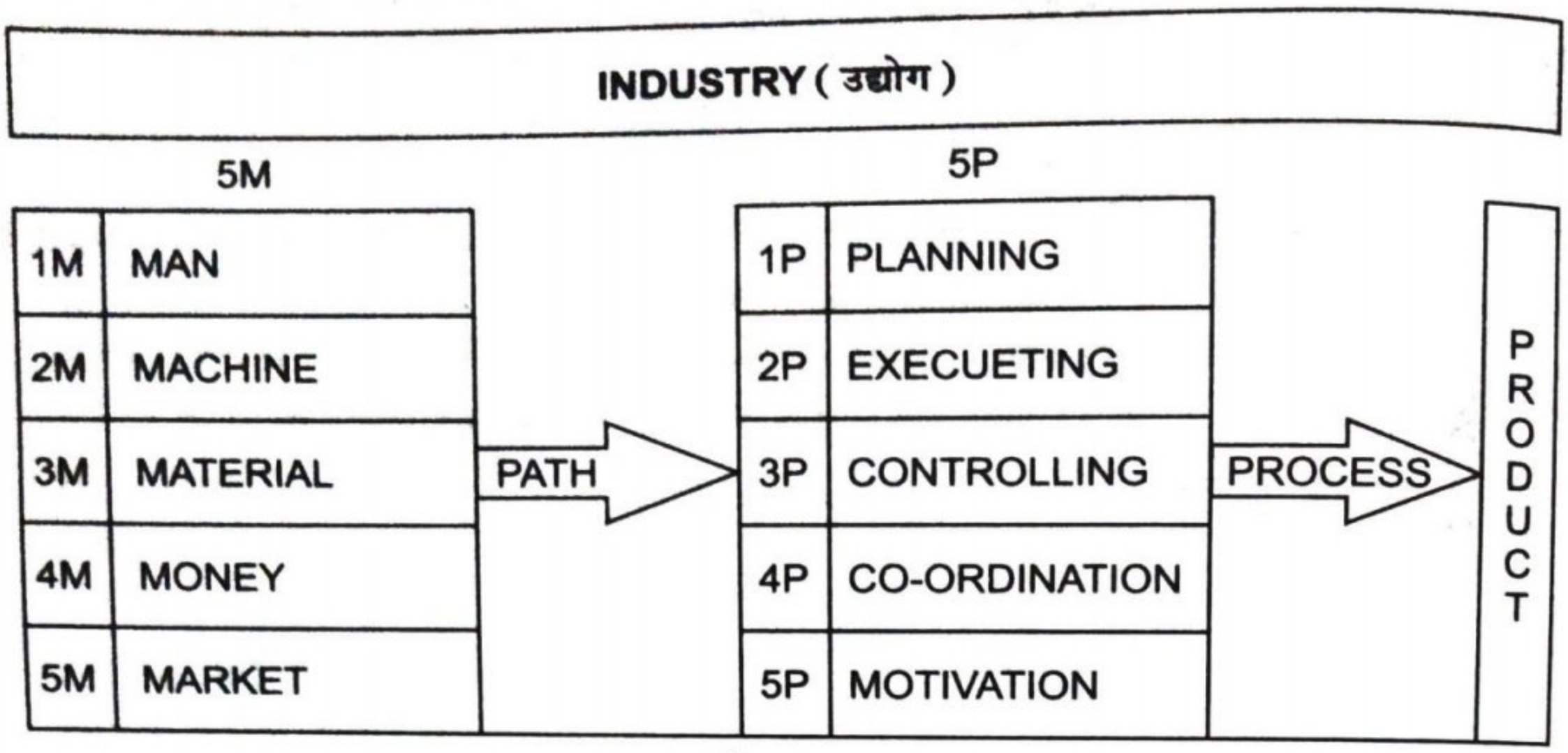
स्वचालित निकाय : स्वचालित निकाय में सभी कार्य मशीन या उपकरण द्वारा बिना मानवीय हस्तक्षेप के सम्पन्न होता है।

स्वचालित निकाय के उदाहरण—

(i) स्वचालित मशीन टूल
(ii) स्वचालित ट्रान्सफर लाइन
(iii) स्वचालित असेम्बली निकाय
(iv) औद्योगिक रोबोट
(v) स्वचालित मैटेरियल हैन्डलिंग एवं स्टोरेज निकाय
(vi) ऑटोमैटिक निरीक्षण निकाय (गुणवत्ता नियंत्रण के लिए)

सामान्यत: हम कह सकते हैं कि स्वचालन, उत्पादन प्रक्रम में तकनीकों का संग्रह होता है जिसमें कम्प्यूटर प्रोग्राम की सहायता से मशीनन क्रियाएँ सम्पन्न होती हैं।

उत्पादन एवं स्वचालन का संबंध उद्योगों से जुड़ा हुआ है। उद्योग वह स्थान है जहाँ पर हम कच्चे पदार्थ को विभिन्न प्रक्रमों से गुजारते हुए उसे उत्पाद में परिवर्तित करते हैं। मानव श्रम, मशीन, मुद्रा, पदार्थ तथा बाजार के समन्वय, नियोजन, निर्देशन, नियन्त्रण तथा प्रोत्साहन के द्वारा हम पदार्थ की प्राप्ति करते हैं। इन सभी के सम्मिलित रूप को हम उद्योग कहते हैं। उद्योग को हम कारखानों की संज्ञा भी दे सकते हैं।



चित्र 6.2

अत: हम कह सकते हैं कि 5M तथा 5P मिलकर उद्योग का निर्माण करते हैं जिसको ब्लॉक आरेख द्वारा प्रदर्शित किया गया है। उद्योग के औद्योगिक क्रांति के विषय में प्रथम औद्योगिक क्रांति पहिए के आविष्कार को माना जाता है। प्रथम औद्योगिक क्रांति के समय मशीनों पर ऑपरेटरों द्वारा उत्पादन किया जाता था। जैसे—मिलिंग, ड्रिलिंग, लेथ आदि। इन मशीनों पर ऑपरेटरों को कार्यखण्ड पर एक प्रक्रम से दूसरे प्रक्रम के लिए बार-बार खोलना एवं मशीनों पर बाँधना पड़ता है जिसके कारण उत्पादन समय बढ़ जाता है तथा उत्पादन क्षमता घट जाती है। ऐसी प्रणाली नमूने उत्पाद (sample product) के लिए उपयुक्त होते हैं। परन्तु हजारों की संख्या में उत्पाद बनाना कठिन हो जाता है।

"इन सभी कारणों ने दूसरी औद्योगिक क्रांति को जन्म दिया।" मानव की कम समय में अधिक उत्पादन करने तथा अधिक अच्छा जीवन जीने की लालसा ने मशीनों को अर्द्धऑटोमैटिक एवं पूर्ण ऑटोमैटिक बना दिया। परन्तु राजनीतिक एवं औद्योगिक प्रतिस्पर्धा ने तीसरी औद्योगिक क्रांति को जन्म दिया।

इस क्रांति के बाद नवीनतम टेक्नोलॉजी का प्रारम्भ हुआ। नवीनतम टेक्नोलॉजी को हम Computer aided automation के नाम से जानते हैं जिससे हम अच्छी गुणवत्ता में उत्पादन कम समय में कर सकते हैं।

स्वचालन (Automation)

स्वचालन उत्पादन की वह कला है जिसके अन्तर्गत हम mechanical, electronic तथा computer पर आधारित उपक्रमों का प्रयोग करके किसी संस्थान में उत्पादन को आसानी से नियमित और नियंत्रित करते हैं।

"Automation can be defined as the technology of performing a manufacturing process with the help of programmable signals. These signals are generated by programmed instructions in the form of programmed commands."

6.2 स्वचालन का विकास (Development of Automation)

स्वचालन के विकास को निम्न बिन्दुओं में सारांशित किया गया है—

(i) 1400–1500 : धातुकार्यों में जल की शक्ति का प्रयोग किया गया।

(ii) 1500–1600 : लेथ की खोज करना लकड़ी को काटने के लिए (यह लेथ हस्त संचालित होता है)।

(iii) 1650–1850 : धातु प्रक्रम के लिए लेथ, ड्रिल, मिलिंग मशीन का निर्माण हुआ।

(iv) 1800–1850 : टेक्सटाइल उद्योग के लिए ऑटोमैटिक लूम की खोज।

(v) 1925 : रोबोट की खोज।

(vi) 1930 : मास प्रोडक्शन के लिए ट्रांसफर मशीन की खोज।

(vii) 1940–1950 : ट्रांजिस्टर, इलेक्ट्रॉनिक कम्प्यूटर, डिजिटल कम्प्यूटर की खोज। इस अवधि में सर्वप्रथम स्वचालन शब्द का प्रयोग किया गया।

(viii) 1950–1960 : Numerical Control का मशीन टूल में प्रयोग किया जो आगे चलकर CNC (Computer Numerical Control) में परिवर्तित हो गया।

(ix) 1960–1970 : इन्टीग्रेटेड सर्किट, औद्योगिक रोबोट एवं Programmable logic controllers कीखोज।

(x) 1970–1980 : मिनी कम्प्यूटर तथा उत्पादन प्रक्रम, जैसे वैल्डिंग, संयोजन में रोबोट का इस्तेमाल।

(xi) 1980–1990 : Artificial Intelligence की खोज।

(xii) 1990–2000 : Computer Integrated Manufacturing (CIM), Robotic Manufacturing की खोज।

इसके बाद उत्पादन पूर्णत: स्वचालित हो गया।

6.3 स्वचालन के अवयय (Elements of Automation)

स्वचालन के अवयय को तीन भागों में विभाजित किया गया—

(a) शक्ति स्त्रोत (Power Source)

(b) स्वचालन मशीनें (Automatic Machines)

(c) फीडबैक कंट्रोल (Feedback Control)

(a) शक्ति स्त्रोत (Power Source)—किसी भी निकाय को कार्यकारी बनाने के लिए शक्ति स्त्रोत की आवश्यकता होती है। शक्ति स्त्रोत के रूप में सामान्यत: विद्युत स्त्रोत (Electric Source) का प्रयोग किया जाता है। हम विद्युत शक्ति को विभिन्न शक्ति संयंत्रों से प्राप्त करते हैं।

(b) स्वचालन मशीनें (Automatic Machines)—इसके अन्तर्गत निम्न अवयय सम्मिलित हैं—

(i) विभिन्न अवययों को बनाने हेतु ऑटोमैटिक मशीनें।

(ii) गुणवत्ता नियंत्रण के लिए ऑटोमैटिक निरीक्षण निकाय।

(iii) विभिन्न अवययों के संयोजन के लिए ऑटोमैटिक असेम्बली मशीन।

(iv) औद्योगिक रोबोट।

(v) स्वचालित पदार्थ स्थानान्तरण एवं भण्डारण निकाय।

(c) फीडबैक कंट्रोल (Feedback Control)—यह किसी स्वचालित निकाय के लिए रीढ़ की हड्डी की तरह कार्य करते हैं।

इसमें निम्न अवयय सम्मिलित हैं—

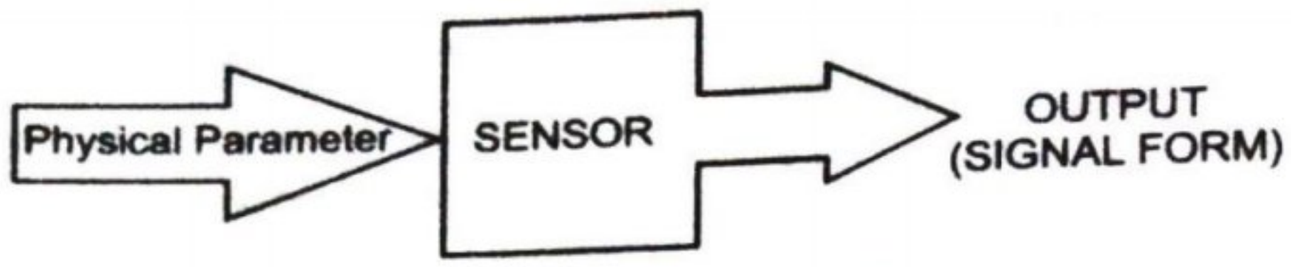
(i) सेन्सर (Sensor)

(ii) एनालाइजर (Analyzer)

(iii) प्रवर्तन (Actuators)

(iv) ड्राइव्स (Drives)

सेन्सर (Sensor)—सेन्सर किसी स्वचालन निकाय का पहला सबसे महत्त्वपूर्ण अंग है। यह वह उपकरण है जिसकी सहायता से भौतिक गुणों में परिवर्तन को पहचाना जाता है तथा उसे सिग्नल में परिवर्तित किया जाता है जिससे उसको मापा जा सके। ट्रान्सड्यूसर की सहायता से भौतिक गुणों को सिग्नल में परिवर्तित किया जाता है।



चित्र 6.3 : Sensing process

एनालाइजर (Analyzer)—यह सेन्सर द्वारा प्राप्त सूचनाओं का आकलन कर उसको अगले चरण के लिए क्रियान्वित करता है। यह एक इलेक्ट्रॉनिक उपकरण है जिसमें निम्न अवयव सम्मिलित हैं—

(i) कम्प्यूटर (Computer)

(ii) काउन्टर (Counter)

(iii) टिम्बर (Timber)

(iv) बार कोड रीडर (Bar Code Reader)

(v) ऑप्टिकल इनकोडर (Optical Encoders)

एक्चुएटर (Actuators)—उत्पादन आँकड़ों के विश्लेषण के पश्चात् अगला चरण प्रक्रिया को क्रियान्वित करना होता है। एक्चुएटर एक विद्युत सर्किट होता है।

उदाहरण के लिए सिलिण्डर, सॉलिनॉइड, रिले आदि।

ड्राइव्स (Drives)—ड्राइव्स कम्प्यूटर कंट्रोल निकाय द्वारा दिये गए निर्देशों पर कार्य करता है।

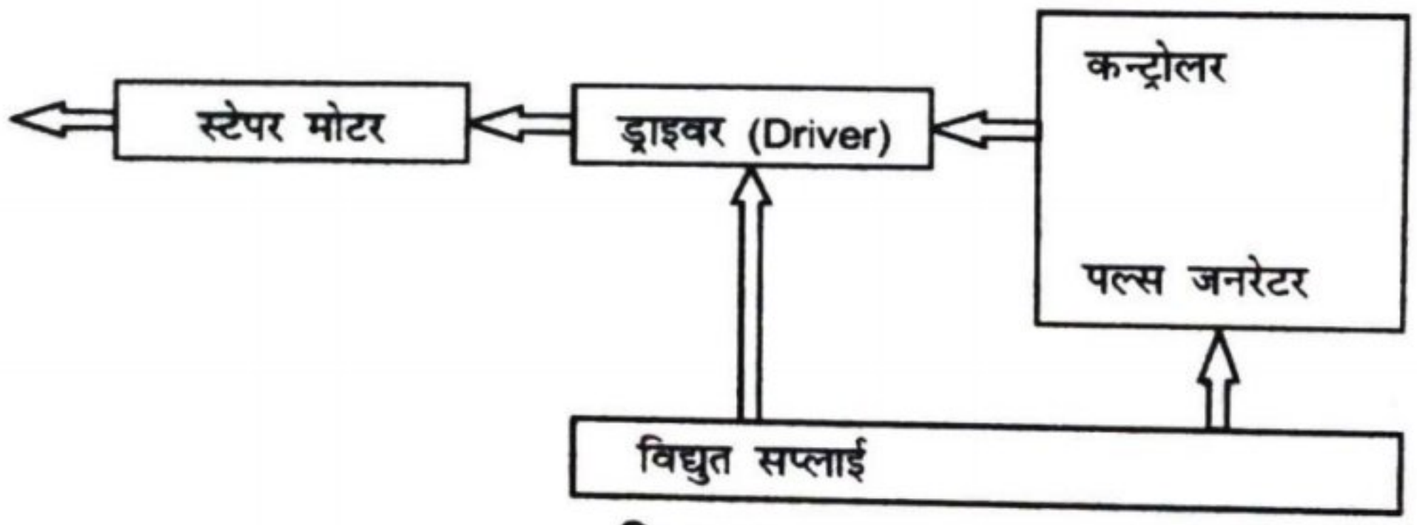
उदाहरण के लिए—

(i) विद्युत मोटर

(ii) स्टेपर मोटर

(iii) डी० सी० सर्वोमोटर

व्यवस्थित आरेख निम्न है—



चित्र 6.4

6.4 स्वचालन सिद्धांत (Automation Principle)

(a) पुराने प्रक्रम का समझना (Understand the existing process)

(i) दत्त/प्रदत्त विश्लेषण (Input/Output analysis)

(ii) वैल्यू चैन विश्लेषण (Value chain analysis)

(iii) चार्टिंग तकनीक एवं गणितीय मॉडलिंग (Charting Technique and Mathematical Modelling)

(b) प्रक्रम का सरलीकरण करना (Simplify the process)

(i) अनावश्यक चरण एवं घुमाव को कम करना (Reduces the unnecessary steps and moves)

(c) प्रक्रम को स्वचालित करना (Automate the process)

(i) स्वचालन एवं उत्पादन निकाय की दस नीतियाँ।

(ii) स्वचालन माइग्रेशन नीतियाँ

स्वचालन नीतियाँ (Automation Strategies)

(i) प्रक्रम की विशेषताएँ (Specialization of operations)

(ii) संयुक्त प्रक्रम (Combined operations)

(iii) सतत् प्रक्रम (Simultaneous operations)

(iv) प्रक्रम का एकीकरण (Integration of operations)

(v) नम्यता में बढ़ोत्तरी (Increased flexibility)

(vi) सुधार किया हुआ मैटेरियल हैन्डलिंग एवं भण्डारण (Improved material handling & storage)

(vii) ऑनलाइन निरीक्षण (Online inspection)

(viii) प्रक्रम नियंत्रण एवं बेहतरी (Process control and optimization)

(ix) संयंत्र नियंत्रण (Plant operation control)

(x) कम्प्यूटर इन्टीग्रेटेड उत्पादन (CIM;computer integrated manufacturing)

6.5 स्वचालन के प्रकार (Types of Automation)

स्वचालन का विभाजन तीन वर्गों में किया गया है—

(a) नियत स्वचालन (Fixed Automation)

(b) योजना योग्य स्वचालन (Programmable Automation)

(c) नम्य या लचीला स्वचालन (Flexible Automation)

(a) नियत स्वचालन (Fixed Automation)—इसे Hard Automation भी कहा जाता है। उपकरण विन्यास (Electronic Configuration) के आधार पर जब हम कार्यखण्ड पर होने वाली संक्रियाओं (Operations) को नियत करते है तो इस प्रकार के निकाय या मशीन को नियत स्वचालन (Fixed Automation) कहा जाता है।

इस मशीन या निकाय को विशेष उद्देश्य मशीन (Special Purpose Machine) कहा जाता है। यह मशीन कार्यखण्ड के लिए नियत होती है।

नियत स्वचालन के लक्षण

(i) प्रारम्भिक निवेश ज्यादा होता है।

(ii) उत्पादन दर बहुत ज्यादा होता है जिसके कारण उत्पादन दर प्रति यूनिट कम होता है।

(iii) उत्पाद का प्रकार बदलते ही नियत स्वचालन मशीनों का इस्तेमाल भी बंद हो जाता है।

उदाहरण—Mechanized Assembly Line and SPM (Special Purpose Machine)

(b) योजना योग्य स्वचालन (Programmable Automation)—इस प्रकार के स्वचालन में प्रक्रम के क्रम (sequence of process) के साथ-साथ टूल के क्रम को भी बदला जा सकता है। प्रक्रम क्रम को निर्देश सेट (set of instruction) की सहायता से क्रियान्वित किया जाता है जिसे हम प्रोग्राम (program) कहते हैं तथा जिसकी सहायता से मशीनों को निर्देशित करते हैं। इसलिए इसे योजना योग्य स्वचालन (programmable automation) कहा जाता है।

योजना योग्य स्वचालन के लक्षण

(i) प्रारम्भिक लागत अधिक होती है।

(ii) उत्पादन नियत स्वचालन से कम लेकिन परम्परागत मशीनों से ज्यादा होता है।

(iii) निरन्तर उत्पादन संभव होता है।

(iv) एक साथ विभिन्न प्रकार के उत्पाद बनाना संभव होता है।

(c) नम्य स्वचालन (Flexible Automation)—यह योजना स्वचालन (programmable automation) का सुधरा हुआ रूप (advanced form) है जिसके अंतर्गत उत्पादन संयंत्र बिना समय व्यर्थ किए, एक से अधिक उत्पाद एक से अधिक प्रक्रम क्रम से बना सकता है।

"It is an automatic system which is capable to produce a variety of products with virtually no time loss to change over from one product to next."

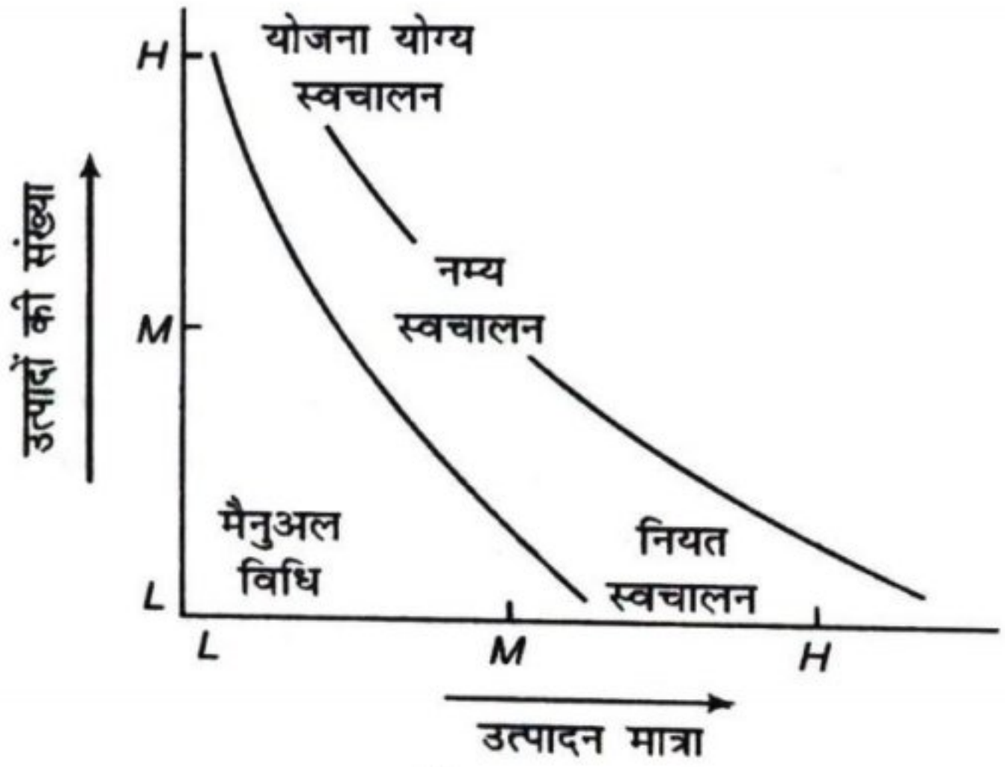
नम्य स्वचालन के लक्षण

(i) प्रारम्भिक लागत उच्च होती है।

(ii) उत्पादन दर नियत से कम तथा योजना योग्य से ज्यादा होती है।

(iii) नये-नये उत्पादों का निरन्तर उत्पादन संभव होता है।

स्वचालन का तुलनात्मक चार्ट—



चित्र 6.5

ग्राफ से यह स्पष्ट होता है कि

नियत स्वचालन—उत्पाद वैराइटी कम होती है तथा उत्पादन मात्रा अधिक होती है।

योजना योग्य स्वचालन—उत्पाद वैराइटी ज्यादा तथा उत्पादन मात्रा कम होती है।

नम्य स्वचालन—यह नियत स्वचालन तथा योजना योग्य स्वचालन के मध्य में होता है, अर्थात् वैराइटी एवं उत्पादन मात्रा एक-दूसरे के समानुपाती होती हैं।

6.6 स्वचालन की आवश्यकता (Need of Automation)

स्वचालन की आवश्यकता निम्न कारणों से आवश्यक होती है—

(i) कम श्रमिक की आवश्यकता के लिए।

(ii) अधिक एवं सुगम उत्पादन के लिए।
(iii) अधिक सुरक्षित वातावरण के लिए।
(iv) उच्च गुणवत्ता के लिए।
(v) उत्पादन की डिलीवरी समय में कमी।
(vi) उत्पादन लागत में कमी के लिए।
(vii) कम स्क्रेप बनने के लिए।
(viii) श्रमिक लागत में कमी के लिए।
(ix) उत्पादन लीड समय में कमी के लिए।
(x) कार्य दशा में सुधार के लिए।

6.7 स्वचालन के लाभ एवं हानियाँ (Advantages & Disadvantages of Automation)

स्वचालन के लाभ

(i) गुणवत्ता में सुधार (Betterment in quality)
(ii) रोजगार में सुधार (Betterment in employment)
(iii) रिजेक्शन में कमी (Reduction in rejection)
(iv) कार्य घण्टों में कमी (Reduction in working hours)
(v) दुर्घटनाग्रस्त मानव क्षति में कमी (Reduction in accident of human being)
(vi) अच्छे समाज के निर्माण में (Better society of formation)
(vii) जटिल प्रक्रिया सम्भव होती है (Complex process possible)

स्वचालन की हानियाँ

(i) मानव कौशल में कमी (Reduction in skill operator)
(ii) बेरोजगारी बढ़ना (Increasing unemployment)
(iii) दक्ष संचालक की आवश्यकता (Skilled operator required)
(iv) प्रारम्भिक एवं अनुरक्षण लागत उच्च हो जाती है। (Initial & maintenance cost is high)

6.8 कम्प्यूटर एकीकृत विनिर्माण (Computer Integrated Manufacturing)

कम्प्यूटर द्वारा उत्पादन की समस्याओं जैसे डिजाइन संबंधी, प्रक्रम संबंधी इत्यादि को सुविधापूर्वक हल करने की प्रक्रिया को हम कम्प्यूटर एकीकृत विनिर्माण (Computer Integrated Manufacturing, CIM) कहते हैं।

या

ऐसी विनिर्माण प्रक्रिया जिसमें कम्प्यूटर का उपयोग किया जाता है, CIM कहलाता है।

उत्पादन में स्वचालन के बढ़ने से तथा कम्प्यूटर के आने से एक दिन ऐसा आएगा जब उत्पादन के लिए न तो कागज की आवश्यकता होगी और न ही व्यक्तियों की जिसे हम "Paperless and Peopleless Industry" कहते हैं।

CIM को दो भागों में विभाजित किया गया है—

(a) CAD (Computer Aided Design)
(b) CAM (Computer Aided Manufacturing)

(a) कम्प्यूटर एडेड डिजाइन (Computer Aided Design)—कम्प्यूटर द्वारा डिजाइन संबंधी समस्याओं को सुलझाने की प्रक्रिया को CAD कहते हैं।

(b) कम्प्यूटर एडेड विनिर्माण (Computer Aided Manufacturing)—कम्प्यूटर द्वारा निर्माण तकनीकों तथा उसकी समस्याओं को सुलझाने की प्रक्रिया को CAM कहते हैं।

किसी उत्पादन संयंत्र में दो प्रकार की प्रक्रियाएँ होती हैं—

(i) भौतिक क्रिया-कलाप (Physical Activities)

(ii) सूचना प्रक्रमण कार्य (Information Processing Functions)

(i) भौतिक क्रिया-कलाप—ये वे क्रियाएँ होती हैं जो कर्मशाला से संबंध रखती हैं तथा सीधे उत्पादन से जुड़ी होती हैं।

उदाहरण—सभी विनिर्माण प्रक्रिया, असेम्बली, स्थानान्तरण, निरीक्षण आदि।

(ii) सूचना प्रक्रमण कार्य—उत्पादन की गतिविधियों को सुचारु रूप से चलाने के लिए कुछ अतिरिक्त कार्य करना होता है। यह क्रियाएँ कर्मशाला से न जुड़कर ऑफिस से जुड़े होते हैं।

CIM इन्हीं क्रिया-कलापों से सम्बन्धित है।

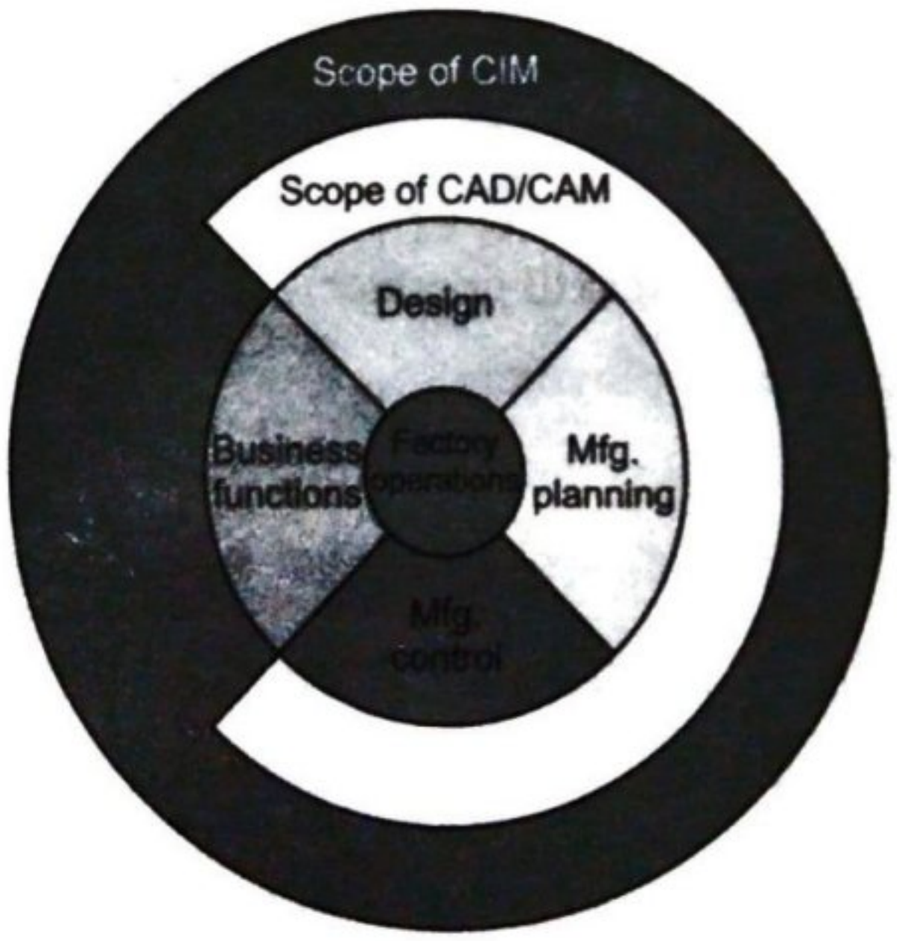
उदाहरण—मार्केटिंग, डिजाइनिंग, प्लानिंग, कन्ट्रोलिंग आदि।

CIM के मुख्य अवयय

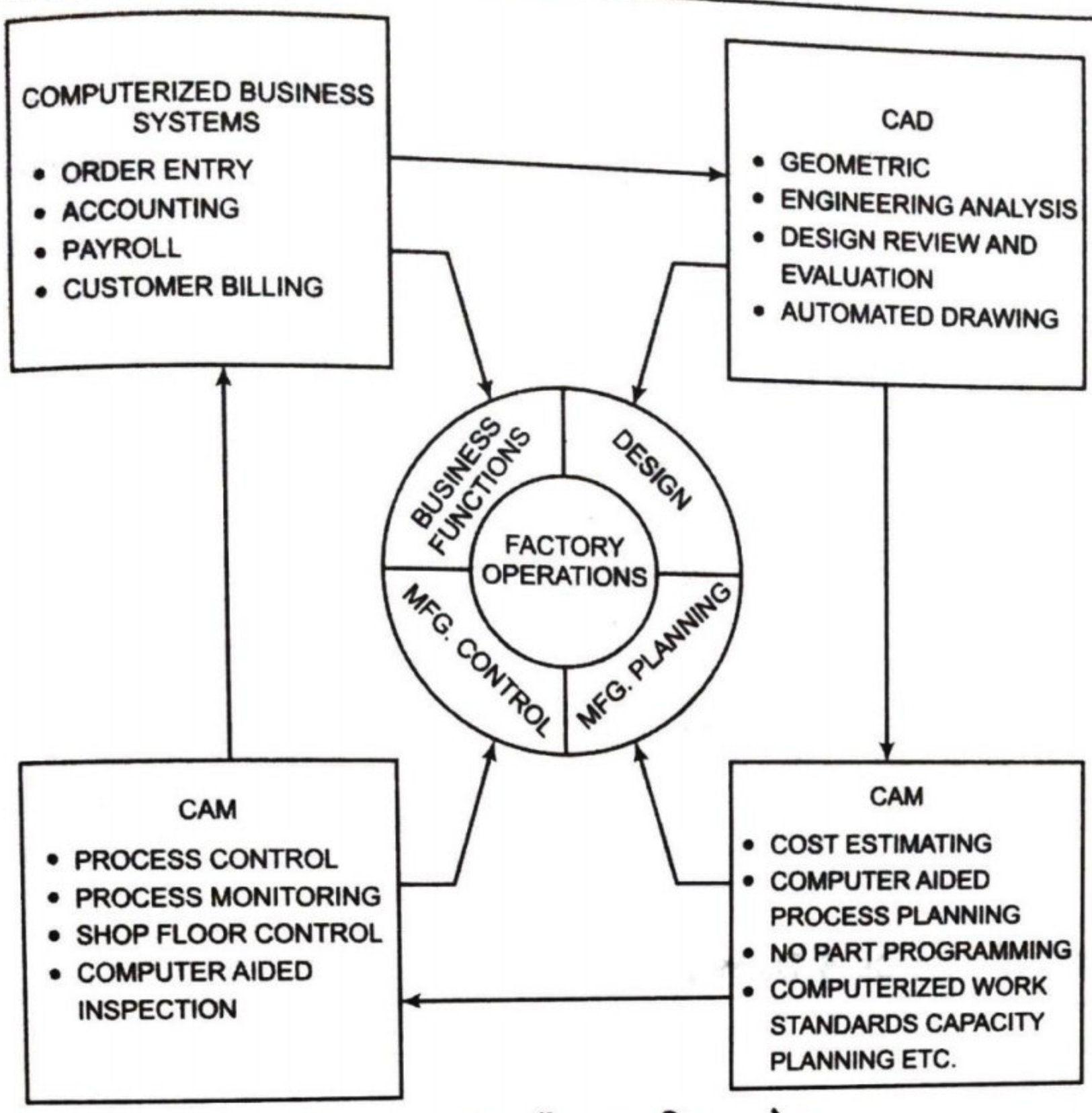
(i) मार्केटिंग (Marketing)

(ii) उत्पाद डिजाइन (Product Design)

(iii) प्लानिंग (Planning)



चित्र 6.6



चित्र 6.7 : अवयवों का व्यवस्थित आरेख

6.9 नम्य उत्पादन निकाय (Flexible Manufacturing System, FMS)

नम्य उत्पादन निकाय, मशीन टूल (सामान्यत: NC एवं CNC टूल) का एक ऐसा समूह है जो ऑटोमैटिक मैटीरियल हैण्डलिंग निकाय तथा भण्डारण निकाय से आंतरिक रूप से जुड़ा होता है।

इस निकाय का नियन्त्रण कम्प्यूटर सिस्टम द्वारा किया जाता है।

It is a group of machine tools, mostly NC and CNC machine tools, interconnected by means of an automated material handling and strorage system and this system is controlled by computer systems.

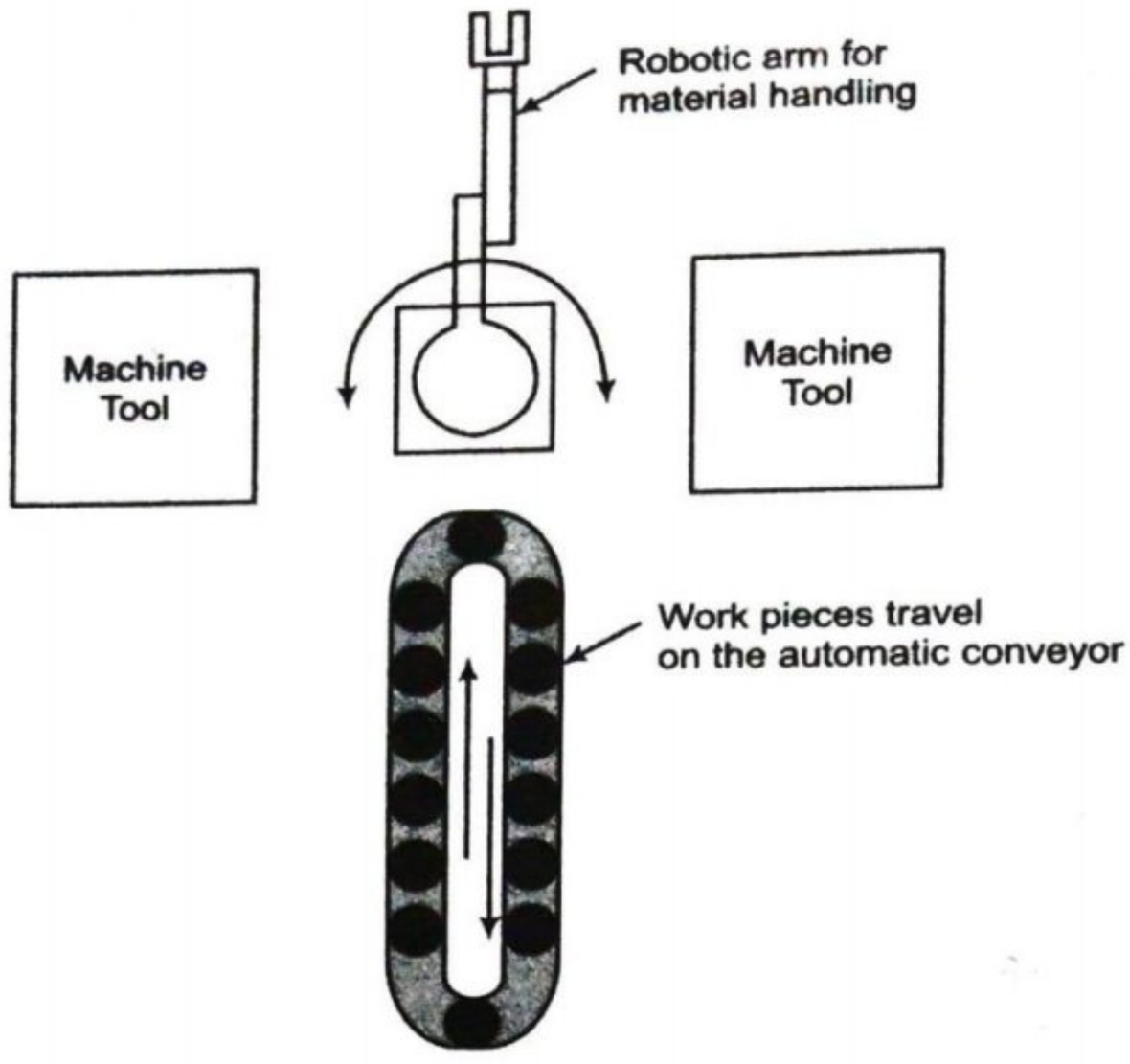
एक निकाय एक साथ कई पार्ट्स बनाने में सक्षम होता है। पार्ट्स की विशिष्टियाँ तथा डिजाइन भिन्न-भिन्न होती हैं।

नम्य उत्पादन निकाय के अवयय (Elements of Flexible Manufacturing System)

(i) ऑटोमैटिक मशीन टूल (Automatic Machine Tool)

(ii) ऑटोमैटिक मैटीरियल हैण्डलिंग निकाय (Automatic Material Handling System)

(iii) कम्प्यूटर नियंत्रण निकाय (Computer Control System)



चित्र 6.8

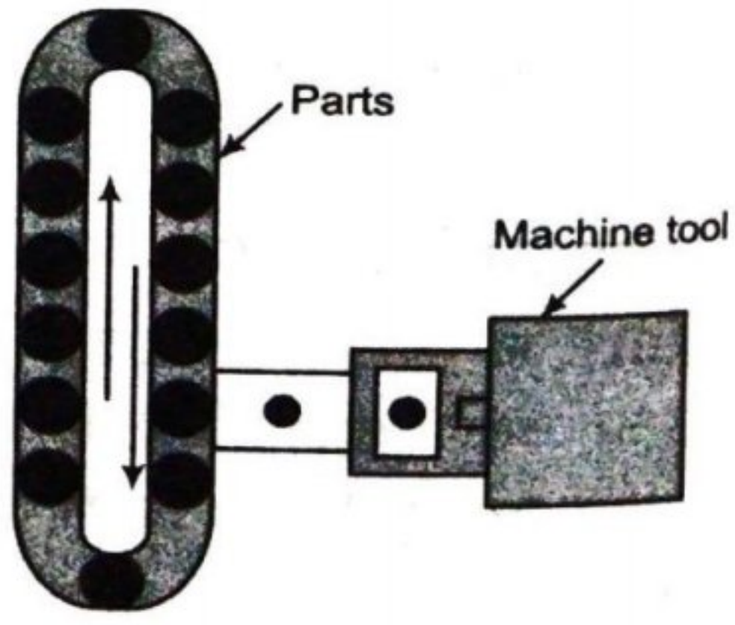
FMS के लाभ व हानियाँ (Merits & Demerits of FMS)

FMS के लाभ

- तीव्र होता है तथा एक पार्ट से दूसरे पार्ट में परिवर्तन कम लागत में संभव होता है।
- मानव श्रम लागत में कमी आती है।
- भण्डारण में कमी आती है।
- ऑटोमैटिक होने के कारण गुणवत्ता उच्च होती है।
- आउटपुट/यूनिट लागत कम होती है।
- पूंजी की बचत अधिक होने लगती है, क्योंकि मानव श्रम, मानव त्रुटि, पुन: कार्य, रिपेयर, रिजेक्ट में कमी आती है।

FMS की हानियाँ

- प्रारम्भिक लागत उच्च होती है।
- अनुरक्षण लागत उच्च होती है।
- त्वरित तकनीकी खराब संभव होता है।



चित्र 6.9

FMS के प्रकार

FMS तीन प्रकार का होता है—

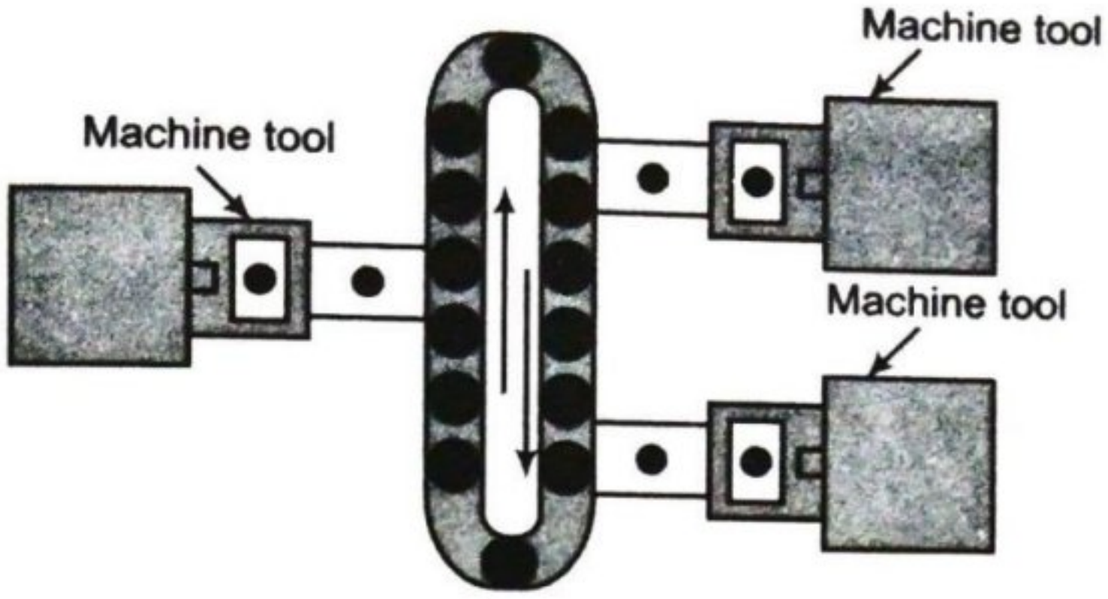
(i) एकल मशीन सेल (Single Machine Cell)

(ii) नम्य उत्पादन सेल (Flexible Manufacturing Cell)

(iii) नम्य उत्पादन निकाय (Flexible Manufacturing System)

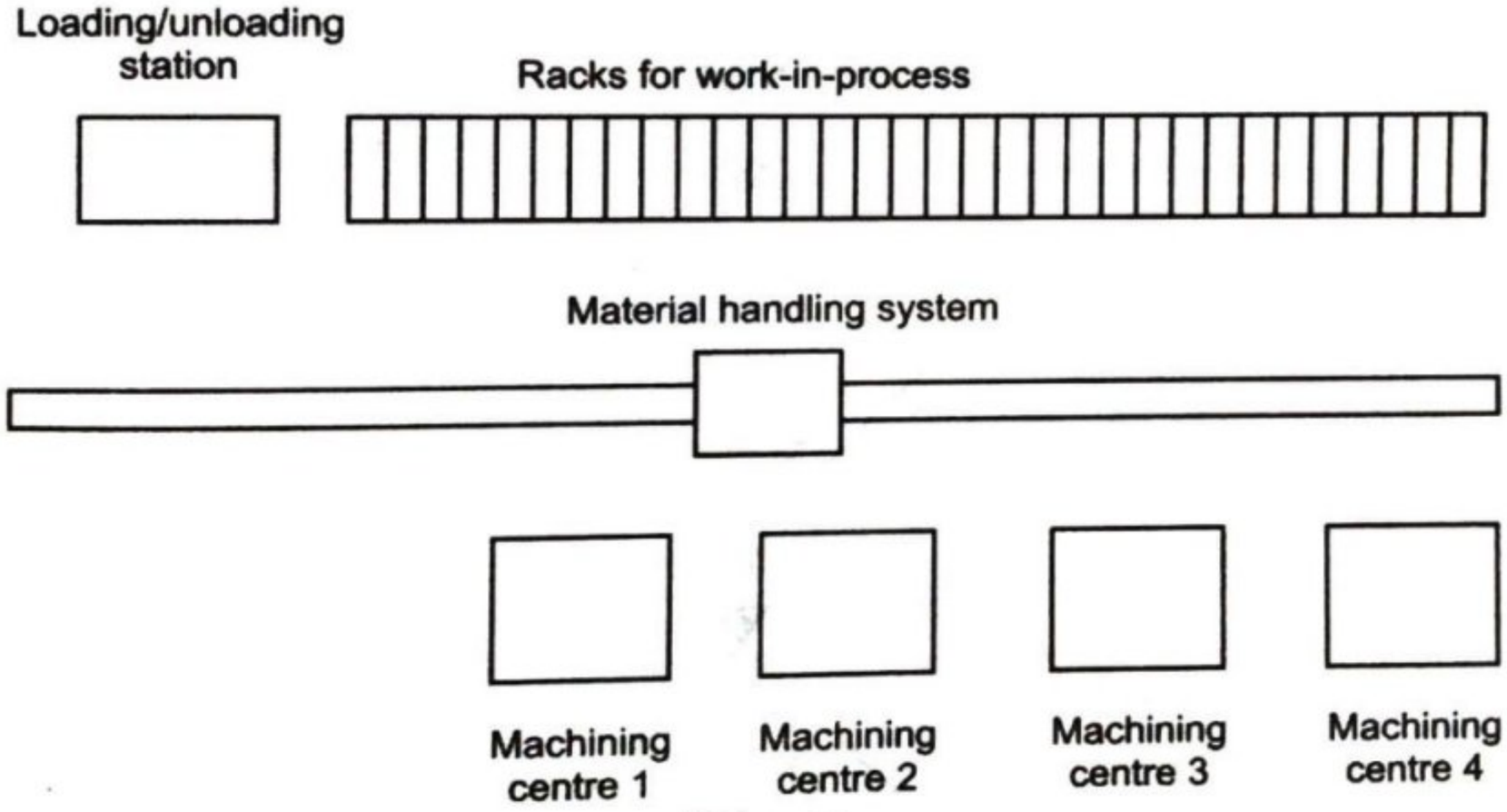
(i) एकल मशीन सेल (Single Machine Cell)—इसमें केवल एक CNC मशीन होती है जिसके साथ ऑटोमैटिक मैटीरियल हैण्डलिंग (चढ़ाने एवं उतारने के लिए) लगी होती है। यह बैच उत्पादन के लिए उपयुक्त होती है।

(ii) नम्य उत्पादन सेल (Flexible Manufacturing Cell)—इसमें दो या तीन CNC मशीन टूल ऑटोमैटिक मैटीरियल हैंडलिंग सिस्टम के साथ लगी होती हैं। यह बैच उत्पादन के साथ बदलते उत्पादन शेड्यूल तथा बढ़ते उत्पादन क्षमता के लिए उपयुक्त होता है।



चित्र 6.10

(iii) नम्य उत्पादन निकाय (Flexible Manufacturing System)—इस निकाय में चार या चार से अधिक CNC मशीन लगी होती हैं। सभी CNC मशीन एक कॉमन ऑटोमैटिक मैटीरियल हैण्डलिंग यूनिट से जुड़ी होती हैं। यह उपरोक्त वर्णित दो प्रकार का वृहद् रूप है।



चित्र 6.11

6.10 कम्प्यूटर एडेड डिजाइन (Computer Aided Design, CAD)

कम्प्यूटर की सहायता से डिजाइन संबंधित कार्य जैसे—डिजाइन बनाना, डिजाइन का विश्लेषण करना, डिजाइन का विकास करना, कम्प्यूटर एडेड डिजाइन के अंतर्गत आता है।

कम्प्यूटर एडेड डिजाइन के मुख्यत: दो घटक होते हैं—

(a) ICG (Interactive Computer Graphics) इन्टरैक्टिव कम्प्यूटर ग्राफिक्स

(b) डिजाइनर

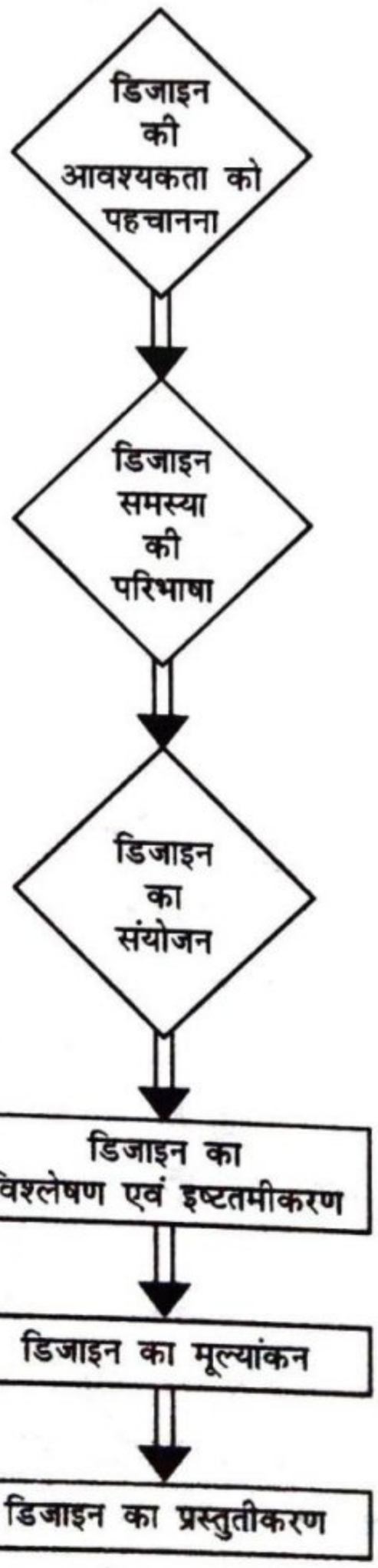
(a) इन्टरैक्टिव कम्प्यूटर ग्राफिक्स—यह एक सिस्टम होता है, जो हार्डवेयर एवं सॉफ्टवेयर का सम्मिलित रूप होता है। इसकी सहायता से हम न केवल डिजाइन के डाटा को चित्रों, आरेखों, चिन्हों के रूप में प्रदर्शित करते हैं, बल्कि उसमें बदलाव, सुधार, छोटा या बड़ा, जोड़ना एवं घटाना भी कर सकते हैं।

(b) डिजाइनर—यह मुख्यत: स्वतंत्र विचारक होता है जो किसी उत्पाद की कल्पना करता है तथा उसे रूप देने के लिए विभिन्न ज्यामिति की रचना करता है।

CAD के उद्देश्य (Objectives of CAD)

(i) डिजाइन की गुणवत्ता में वृद्धि करना।
(ii) डिजाइन के आँकड़ों को सुरक्षित रखना।
(iii) डिजाइन के आँकड़ों में सुधार करना।
(iv) डिजाइनर की उत्पादकता में वृद्धि करना।
(v) उत्पादन संयंत्र के लिए डाटा बेस आँकड़े एकत्र करना।
(vi) संयंत्र की दक्षता वृद्धि करना।

CAD के लिए प्रयुक्त चरण (Steps for CAD)



चित्र 6.12

CAD प्रक्रिया में कम्प्यूटर के अनुप्रयोग (Applications of Computer in CAD Process)

(i) ज्यामिति मॉडलिंग (Geometric modelling)—किसी अंग की ज्यामिति का गणितीय वर्गीकरण इसके अंतर्गत आता है।

(ii) अभियांत्रिकी विश्लेषण (Engineering Analysis)—इसके अंतर्गत प्रतिबल-विकृति गणना, ऊष्मा अंतरण विश्लेषण आदि आते हैं।

(iii) डिजाइन की समीक्षा एवं मूल्यांकन (Design Review & Evaluation)—ग्राफिक्स टर्मिनल की सहायता से डिजाइन की यथार्थता मापी जाती है तथा असेम्बली, यांत्रिक जोड़, विमीय गणना आदि इसके अंतर्गत आते हैं।

(iv) स्वचालित ड्राफ्टिंग (Automated Drafting)—कम-से-कम समय में उच्च यथार्थ अभियांत्रिकी डिजाइन तैयार की जा सकती है। इसमें डिजाइन की कापी तैयार की जाती है। मॉनिटर की ड्राइंग को Soft Copy तथा पेपर पर ड्राइंग को Hand Copy कहते हैं।

CAD के लाभ (Advantages of CAD)

(i) अभियांत्रिकी उत्पादन दर उच्च हो जाती है।
(ii) डिजाइन में बदलाव आसानी से हो जाता है एवं समय की बचत भी अधिक होती है।
(iii) मैनुअल ड्राफ्टिंग के कारण त्रुटियों में कमी होती है।
(iv) डिजाइन यथार्थ एवं परिष्कृत होता है।
(v) डिजाइन स्वच्छ एवं सुन्दर होता है।

5.11 कम्प्यूटर एडेड मैन्यूफैक्चरिंग (Computer Aided Manufacturing, CAM)

कम्प्यूटर का उपयोग निर्माण तकनीकों के साथ-साथ उत्पादन, प्लानिंग, मैनेजमेन्ट नियंत्रण में भी किया जाता है। कम्प्यूटर के इसी अनुप्रयोग को CAM की संज्ञा दी गई है।

CAM के कार्यों को दो भागों में वर्गीकृत किया गया है—

CAM

उत्पादन नियोजन (Production Planning)

इसके अंतर्गत कम्प्यूटर के अप्रत्यक्ष उपयोग आते हैं।

उदाहरण के लिए—

(i) **मूल्य आकलन**
(Cost Estimation)
इसके अंतर्गत श्रम लागत, मशीन लागत, प्रचालन लागत एवं अन्य लागत सम्मिलित होते हैं।

(ii) **कम्प्यूटर एडेड प्रोसेस प्लानिंग**
(Computer Aided Process Planning, CAPP)
कम्प्यूटर के द्वारा प्रक्रम की रूट-शीट तैयार की जाती है।

उत्पादन नियंत्रण (Production Control)

इसके अंतर्गत कम्प्यूटर के प्रत्यक्ष उपयोग जैसे भौतिक क्रिया-कलापों को नियंत्रित किया जाता है।

(i) **कम्प्यूटर प्रक्रम नियंत्रण**
(Computer Process Control)
कुछ प्रमुख उपयोग निम्नलिखित हैं—असेम्बली सिस्टम, संख्यात्मक कंट्रोल, रोबोट, पदार्थ स्थानान्तरण, नम्य उत्पादन निकाय आदि।

(ii) **गुण नियन्त्रण** (Quality Control)
गुणवत्ता का निरीक्षण स्वत: कम्प्यूटर द्वारा तैयार हो जाता है।

(iii) मशीनी आंकड़ों की गणना
(Calculation of Machining Data)
कम्प्यूटर की सहायता से मशीन गति, टूल गति, भरण एवं अन्य प्रचालन आँकड़ों आदि की गणना की जाती है।

(iv) NC पार्ट प्रोग्रामिंग
जटिल ज्यामिति की रचना के लिए कम्प्यूटर का प्रयोग किया जाता है।

(v) कम्प्यूटर एडेड लाइन बैलेंस
(Computer Aided Line Balance, CALB)
CALB द्वारा फ्लो लाइन में कार्य अवयय को विभिन्न कार्य स्टेशनों पर बाँटने की क्रिया कम्प्यूटर द्वारा आसान हो जाती है।

(vi) उत्पादन एवं इनवेन्ट्री नियोजन
(Production & Inventory Planning)
स्टॉक, कच्चे माल, उत्पादन का रिकार्ड रखना आसान हो जाता है।

(iii) Shop Floor Control
कार्य प्रगति में कमी को दूर किया जाता है।

CAM के लाभ

(i) उत्पादन समय में ह्रास कम होता है।
(ii) मशीनों का उपयोग अधिक-से-अधिक हो जाता है।
(iii) जीवन स्तर में सुधार हो जाता है।
(iv) श्रम (प्रत्यक्ष एवं अप्रत्यक्ष) में कमी होती है।

6.12 असेम्बली लाइन (Assembly Line)

हम जानते हैं कि उत्पादन में स्वचालन के आ जाने से स्वचालित प्रवाह लाइनों का प्रयोग किया जाने लगा है। स्वचालित प्रवाह लाइनों के सम्बन्ध में निम्नलिखित बिन्दु विचारणीय होते हैं—

(i) उत्पादन प्रक्रम में कौन-कौन से प्रक्रम हो रहे हैं?
(ii) किस प्रकार की मशीनों का प्रयोग किया जा रहा है?
(iii) मशीनों पर कौन-कौन से टूल प्रयोग किये जा रहे हैं?
(iv) मशीन की चाल एवं भरण क्या है?
(v) मशीन में प्रक्रम के दौरान किन-किन प्रकार के कम्पन उत्पन्न हो रहे हैं?

उपरोक्त तथ्यों से हम उत्पादन की क्षमता ज्ञात कर सकते हैं। परन्तु स्वचालन में प्रयुक्त किसी भी कार्य स्टेशन में खराबी पूरे उत्पादन को रोक देती है, क्योंकि पूरी स्वचालित प्रवाह रेखा बाधित हो जाती है। उपरोक्त कमी को दूर करने के लिए हम सुरक्षा भण्डारण (Buffer Storage) का प्रयोग करते हैं।

स्वचालित प्रवाह रेखा की दक्षता एवं कुशलता का मापन निम्न पदों में किया जाता है—

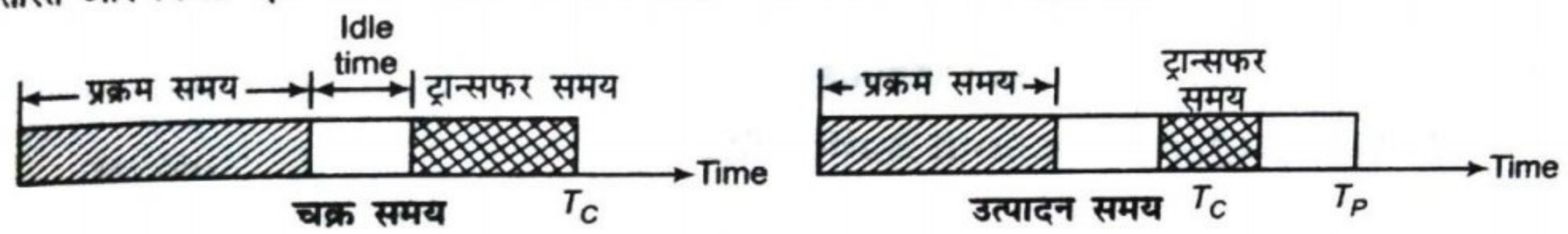
(i) औसत उत्पादन दर (Average Production Rate)
(ii) फ्लो लाइन की लागत (Cost of Flow line)
(iii) फ्लो लाइन की दक्षता एवं उपयोगिता (Efficiency of Flow Line and Utilization)

स्वचालित प्रवाह रेखा की सामान्य शब्दावली और विश्लेषण (General Terminology and Analysis of Automated Flow Line)

स्वचालित प्रवाह रेखा के अध्ययन के लिये सर्वप्रथम एक ऐसी प्रवाह रेखा का अध्ययन करते हैं जो बिना सुरक्षा भण्डारण (Buffer Storage) की है तथा एक सिंक्रोनस ट्रांसफर निकाय है।

हम जानते हैं कि सिंक्रोनस ट्रांसफर निकाय में एक कार्य स्टेशन पर कार्यखण्ड पर केवल एक ही प्रोसेस होता है। यह कार्यखण्ड एक निश्चित समयान्तराल पर ही अगले कार्य स्टेशन (Work station) पर प्रवाहित होगा।

इस समयान्तराल को चक्र समय (cycle time) T_c कहते हैं। चक्र समय वह समय होता है जो कार्यखण्ड को स्थानान्तरित और किसी एक कार्य स्टेशन पर सभी प्रक्रम को करने में व्यय होता है।



चित्र 6.13

माना T_p = औसत उत्पादन समय (Average production time)

T_d = औसत डाउन समय प्रति ब्रेक-डाउन (Average down time per break-down)

F = चक्र आवृत्ति (Cycle frequency)

प्रति चक्र रुकने में लगा कुल समय = $F.T_d$

अत: $$T_p = T_c + F.T_d \quad \text{...(a)}$$

R_p = औसत उत्पादन दर (Average production rate)

$$R_p = \frac{1}{T_p}$$

R_c = सैद्धान्तिक उत्पादन दर (Theoretical Production Rate)

$$R_c = \frac{1}{T_c}$$

E = चक्र दक्षता या लाइन दक्षता (Cycle Efficiency or Line Efficiency)

$$E = \frac{R_p}{R_c} = \frac{T_c}{T_p} \quad (T_p \text{ का मान रखने पर})$$

$$E = \frac{T_c}{T_c + F.T_d} \quad \text{....(b)}$$

यदि D = Down time proportion

$$D = \frac{\text{Total Down Time}}{\text{Average Production Time}} = \frac{F.T_d}{T_p}$$

$$D = \frac{F.T_d}{T_c + F.T_d} \quad \text{....(c)}$$

समीकरण (b) एवं समीकरण (c) से

$$E + D = 1$$

उत्पादन की लागत प्रति उत्पाद की गणना

C_m = प्रति उत्पाद कच्चे माल की लागत

C_L = प्रति मिनट लाइन चलाने की लागत (Labour + overhead + maintenance + depression)

C_t = प्रति उत्पादन टूल लागत

T_p = औसत उत्पादन समय

लागत प्रति उत्पाद $C_{pc} = C_m + C_L T_p + C_t$

सुरक्षा भण्डार रहित ट्रांसफर लाइनों का विश्लेषण (Analysis of Transfer Lines without Buffer Storage)

इस अनुच्छेद के अंतर्गत हम दो प्रकार की स्थानान्तरण लाइनों का अध्ययन करेंगे—

- सतत् ट्रांसफर लाइन (Continuous Transfer Line)
- सिंक्रोनस ट्रांसफर लाइन (Synchronous Transfer Line)

किसी स्वचालित प्रवाह रेखा के खराब हो जाने पर उसे चालू करने के लिए दो विधियाँ प्रयोग की जाती हैं—

प्रथम विधि—ऊपरी बाउन्ड एप्रोच (Upper Bound Approach)

द्वितीय विधि—निचली बाउन्ड एप्रोच (Lower Bound Approach)

प्रथम विधि—ऊपरी बाउन्ड एप्रोच (Upper Bound Approach)—इस विधि में कार्यखण्ड को बिना ट्रांसफर लाइन से उतारे लाइन के रुकने की आवृत्ति (Frequency) की अधिकतम सीमा का आकलन करते हैं।

उदाहरण के लिए यदि कटिंग टूल घिस गया हो तो कार्यखण्ड को बिना उतारे ट्रांसफर लाइन को ठीक किया जाता है।

किसी कार्यखण्ड के किसी स्टेशन i पर रुकने की प्रायिकता

$$= P_i \qquad \text{जहाँ} \quad i = 1, 2, 3, 4, ..., (n-1), n$$

लाइन स्टॉप की आवृत्ति $F = \sum_{i=1}^{n} P_i$ $\quad \because \quad P_1 = P_2 = P_n = P$

$$F = nP$$

द्वितीय विधि—निचली बाउन्ड एप्रोच (Lower Bound Approach)—इस विधि में कार्यखण्ड को ट्रांसफर लाइन से उतारकर लाइन के रुकने की आवृत्ति की न्यूनतम सीमा का आकलन करते हैं।

उदाहरण के लिए यदि कोई टेप किसी पार्ट में टूट जाए तो कार्य स्टेशन पर टेप तो बदलना पड़ता है साथ ही कार्यखण्ड को भी उतारना पड़ता है।

किसी पार्ट के स्टेशन i पर रुकने की प्रायिकता = P_i

बिना लाइन रुके उस पार्ट के पास होने की प्रायिकता = $P_i\,(1 - P_{i-1})\,(1 - P_{i-2})\,.....\,(1 - P_2)\,(1 - P_1)$

या $$= \prod_{i=1}^{n} (1 - P_i)$$

प्रति चक्र लाइन के रुकने की आवृत्ति

$$F = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - P_i)$$

$$P_1 = P_2 = P_3 \ldots . P_n = P$$

$$F = 1 - (1 - P)^n$$

or

$$R_p = \frac{1 - F}{T_p}$$

आंशिक स्वचालन (Partial Automation)

स्वचालित एवं हस्तचालित प्रवाह लाइन के सम्मिलित रूप को आंशिक स्वचालन कहते हैं।

आंशिक स्वचालन के कारण—

(i) स्वचालित प्रवाह लाइन के लिए सर्वप्रथम कुछ हस्तचालित कार्य स्टेशनों का प्रयोग किया जाता है जिससे उत्पादन स्वचालन प्रभावित न हो।

(ii) आर्थिक नीतियाँ।

उत्पादन के प्रमुख भाग जहाँ हस्तचालित प्रणाली का उपयोग किया जाता है—

(i) ऐसे प्रक्रम जहाँ मानवीय कौशल की आवश्यकता होती है।

(ii) ऐसे प्रक्रम जहाँ Alignment की आवश्यकता होती है।

(iii) ऐसे प्रक्रम जहाँ सूक्ष्म निरीक्षण की आवश्यकता होती है।

हम जानते हैं कि—

T_c = Cycle time

P = Probability

n = No. of work stations

n_a = Automatic station

n_o = Operator station

C_L = Cost of flow line to run

C_o = Cost of operator line to run

C_{as} = Automatic work station cost

$$C_L = n_o C_o = n_a C_{as} + C_{at}$$

$$T_p = T_c + F.T_d$$

$$F = n_a.P$$

$$T_p = T_c + n_a.P.T_d$$

$$C_{pc} = C_m + C_L T_P + C_t$$

$$C_{pc} = C_m + n_o . C_o + n_a.C_{as} + C_{at} (T_c + n_a P.T_d) + C_t$$

C_{pc} = Cost of workpiece/product

➤ उपरोक्त गणना केवल स्वचालित उपक्रमों के लिए है।

सुरक्षा भण्डार सहित स्वचालित फ्लो लाइन (Automated Flow Lines with Storage Buffers)

यदि n स्वचालित प्रवाह रेखा है तो $(n-1)$ सुरक्षा भण्डार प्रयोग किया जाएगा।

सुरक्षा भण्डार की क्षमता का आकलन दो आधार पर किया गया है—

(i) शून्य सुरक्षा भण्डार क्षमता (No Buffer Storage Capacity)—इसमें Flow Line एक मशीन की तरह कार्य करती है तथा Break-down होने पर पूरा प्रवाह रुक जाता है।

इसकी दक्षता $$E_o = \frac{T_c}{T_c + F \cdot T_d}$$

(ii) अनन्त सुरक्षा भण्डार क्षमता—इसमें किसी एक प्रवाह रेखा के बीच Break-down होने पर प्रवाह नहीं रुकता है।

$$E_k = \frac{T_c}{T_c + F_k \cdot T_{dk}}$$

स्वचालित फ्लो लाइन में कम्प्यूटर अनुकार (Computer Simulation of Automated Flow Lines)

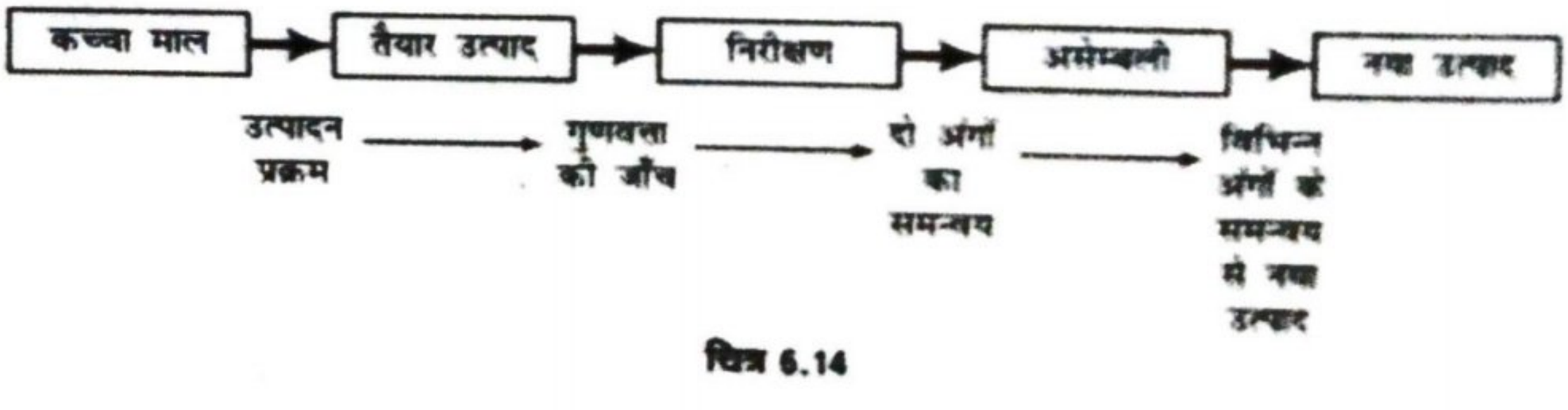
कम्प्यूटर की सहायता से ऑटोमैटिक और नॉन-ऑटोमैटिक प्रवाह रेखा की जटिलता का अध्ययन किया जाता है, जिसे हम स्वचालित फ्लो लाइन में कम्प्यूटर अनुकार कहते है।

यह निम्न में उपयोगी होता है—

- Asynchronous Transfer Line
- Robot Cells
- Flexible Manufacturing System

6.13 असेम्बली प्रक्रम (Assembly Process)

किसी उत्पाद का निर्माण विभिन्न चरणों में होता है। उत्पाद का प्रथम चरण होता है उसके अंगों का निर्माण, द्वितीय चरण होता है अंगों का निरीक्षण तथा अंतिम चरण होता है अंगों की असेम्बली।



चित्र 6.14

उत्पादन प्रक्रम के पश्चात् दो या दो से अधिक अंगों को जोड़कर एक नए उत्पाद की रचना, असेम्बली प्रक्रम के अंतर्गत आती है। अत: जोड़ने की क्रिया को असेम्बली कहते है तथा जोड़ने के लिए प्रयुक्त तंत्र को असेम्बली तंत्र कहते है।

सामान्यत: तीन विधियों द्वारा जोड़ तैयार किया जाता है—

(i) यांत्रिक विधि द्वारा जोड़ (ii) फ्यूजन विधि द्वारा जोड़

(iii) ऐडहीसिव विधि द्वारा जोड़

(i) यांत्रिक विधि द्वारा जोड़—प्रमुख यांत्रिक विधि निम्नलिखित है—

(a) चूड़ीदार जोड़ (Threaded Joint)—इसकी सहायता से आवश्यकतानुसार अंगों को खोला एवं जोड़ा जा सकता है। खोलने व जोड़ने के लिए हस्तचालित उपकरणों का प्रयोग किया जाता है।

(b) **रिवेट जोड़** (Rivet Joint)—इसकी सहायता से आवश्यकतानुसार अंगों को आसानी से खोला नहीं जा सकता है। इसमें दोनों अंगों को मोल्ड करके या पीट करके जोड़ा जाता है।

(c) **प्रेस फिट** (Press Fit)—यह Interference Fit के लिए प्रयोग की जाती है। इसमें शाफ्ट का व्यास सम्पूर्ण व्यास से बड़ा होता है। अंगों को अलग करना आसान नहीं होता है।

(d) **स्नेप फिट** (Snap Fit)—यह Temporary Interference जैसे—C-ring, snap ring के लिए उपयुक्त होता है।

(e) **सिलाई द्वारा** (Sewing and Stitching)—इसकी सहायता से कपड़ा, रेक्सिन, फोम की असेम्बली की जाती है।

(ii) **फ्यूजन विधि द्वारा जोड़** (Fusion Method Joint)—इस विधि में सामान्यत: वैल्डिंग, सोल्डरिंग, ब्रेजिंग विधियों का प्रयोग किया जाता है।

(iii) **ऐडहीसिव जोड़** (Adhesive Bonding)—सामान्यत: दो प्रकार के ऐडहीसिव जोड़ प्रयोग किये जाते है—

(a) थर्मोप्लास्टिक

(b) थर्मोसैटिंग।

असेम्बली तन्त्र का वर्गीकरण (Classification of Assembly System)

असेम्बली तन्त्र को तीन भागो में विभाजित किया गया है—

(a) हस्तचालित एकल स्टेशन असेम्बली (Manual Single Station Assembly)

(b) हस्तचालित असेम्बली लाइन (Manual Assembly Line)

(c) स्वचालित असेम्बली लाइन (Automated Assembly Line)

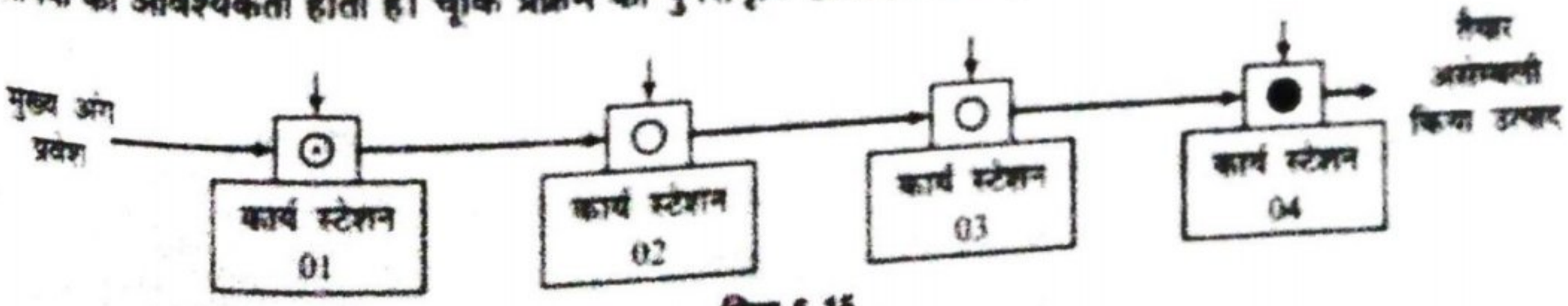
(a) **हस्तचालित एकल स्टेशन असेम्बली** (Manual Single Station Assembly)—यह बड़े आकार के उत्पादन तथा कम संख्या में उत्पादन के लिए प्रयोग किया जाता है। इसमें दो से अधिक मजदूर प्रयोग नहीं किये जाते है। उदाहरण—एयर क्राफ्ट, रेल इंजन, डिब्बा, बड़े मशीन टूल, पानी के जहाज आदि।

(b) **हस्तचालित असेम्बली लाइन** (Manual Assembly Line)—इसमें कई कार्य स्टेशन (work stations) की सहायता से असेम्बली पूरी की जाती है। अवयवों को कई स्टेशनों पर अलग-अलग जोड़ा जाता है तथा अंत में एक कार्य स्टेशन पर सभी जोड़े अवयवों का निरीक्षण होता है।

(c) **स्वचालित असेम्बली लाइन** (Automated Assembly Line)—इसमें मजदूरों के स्थान पर स्वचालित मशीनों का प्रयोग किया जाता है।

हस्तचालित असेम्बली लाइन (Manual Assembly Line)

यह प्रणाली उन उत्पादों के लिए उपयुक्त होती है जहाँ पूरी असेम्बली के कार्यों को छोटे-छोटे भागों में बाँटा जा सकता है। प्रत्येक कार्य स्टेशन पर मुख्य पार्ट (basc part) पर अन्य अंगों को जोड़ने के लिए मजदूरों का प्रयोग किया जाता है। कम दक्ष श्रमिक की आवश्यकता होती है। चूंकि प्रक्रम की पुनरावृत्ति होती है इसलिए श्रमिक समय के साथ दक्ष होते जाते है।



चित्र 6.15

प्रत्येक कार्य स्टेशन पर मुख्य अंग में विभिन्न अंगों की असेम्बली की जाती है। मुख्य अंग को कार्य स्टेशनों पर प्रवाहित करने की दो विधियाँ हैं—

(i) हस्तचालित लाइन (Non-mechanical Line)

(ii) चालित कन्वेयर लाइन (Moving Conveyor Line)

(i) हस्तचालित लाइन (Non-mechanical Line)—इसमें किसी प्रकार के यांत्रिक उपकरण का प्रयोग नहीं किया जाता है। इसमें ऑपरेटर ही अंगों को कार्य स्टेशन पर प्रवाहित कर देता है। बफर स्टोरेज को दो कार्य स्टेशनों के बीच रखा जाता है।

(ii) चलित कन्वेयर लाइन (Moving Conveyor Line)—इसमें यांत्रिक उपकरण का प्रयोग किया जाता है। इसमें कार्यखण्ड को तीन विधियों द्वारा स्थानान्तरित किया जाता है—

- Continuous Transfer System
- Synchronous System
- Asynchronous System

6.14 स्वचालित असेम्बली निकाय (Automatic Assembly Line)

किसी उत्पादन निकाय में असेम्बली तंत्र का विशेष महत्व होता है। पुरानी उत्पादन प्रणाली में असेम्बली तंत्र हस्तचालित होता है। उत्पादन में स्वचालन के आ जाने से हस्तचालित असेम्बली तंत्र का प्रयोग करना असम्भव होने लगा था। अत: स्वचालित मशीनों के लिए हमें स्वचालित असेम्बली तन्त्र की आवश्यकता होती है।

दो या दो से अधिक अंगों को जोड़ने की स्वचालित प्रक्रिया के लिए प्रयुक्त तंत्र को स्वचालित असेम्बली तंत्र कहते हैं। जोड़ने की क्रिया क्रमागत होती है।

"Automated assembly refers to the use of mechanized and automated devices to perform the various functions in an assembly line or cell."

Assembly involves the joining together of two or more separate parts to form new entity which may be assembly or sub-assembly.

स्वचालित असेम्बली लाइन का डिजाइन (Design for Automated Assembly Line)

मानव इस विश्व की सबसे बुद्धिमान एवं कुशल मशीन है, परन्तु जोखिम वाले कार्यों तथा उत्पाद की गुणवत्ता को बनाए रखने के लिए स्वचालन असेम्बली पद्धति का प्रयोग किया जाता है। स्वचालित असेम्बली लाइन का डिजाइन करते समय निम्न सिद्धान्तों का विचार किया जाता है—

(i) असेम्बली की संख्या को घटाकर कम-से-कम असेम्बली की जाती है। अंगों की जटिलता महत्व नहीं रखती है।

(ii) एक ही असेम्बली में यदि 12, 13 पार्ट्स हैं तो उसे दो असेम्बली में विभाजित कर लिया जाता है जिसे मॉड्यूलर डिजाइन (Modular Design) कहा जाता है।

(iii) कम-से-कम नट-बोल्ट, रिवेटों या अन्य जोड़ने के लिए अवयवों का प्रयोग किया जाना चाहिए।

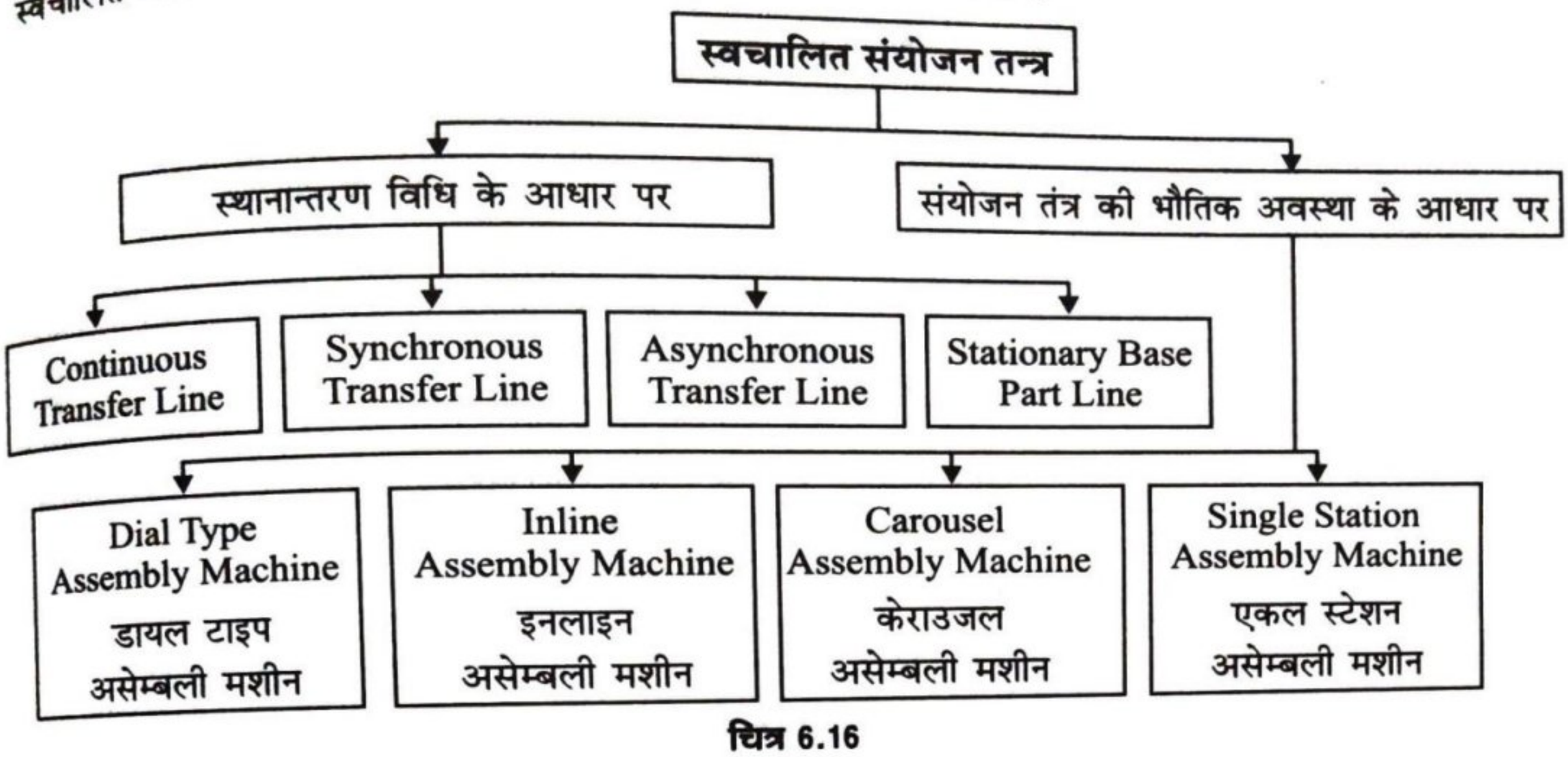
(iv) एक कार्य स्टेशन पर केवल एक ही पार्ट या अंग का संयोजन किया जाए।

(v) स्वचालित असेम्बली अंगों की गुणवत्ता उच्च होनी चाहिए।

(vi) अंगों का orientation यथार्थता से होना चाहिए।

स्वचालित संयोजन तन्त्रों का वर्गीकरण (Classification of Automated Assembly System)

स्वचालित असेम्बली निकाय का वर्गीकरण निम्न आधार पर किया गया है—



चित्र 6.16

(i) स्थानान्तरण विधि के आधार पर—इस अनुच्छेद का अध्ययन हम पहले अध्याय में कर चुके हैं।

(ii) भौतिक संरचना के आधार पर

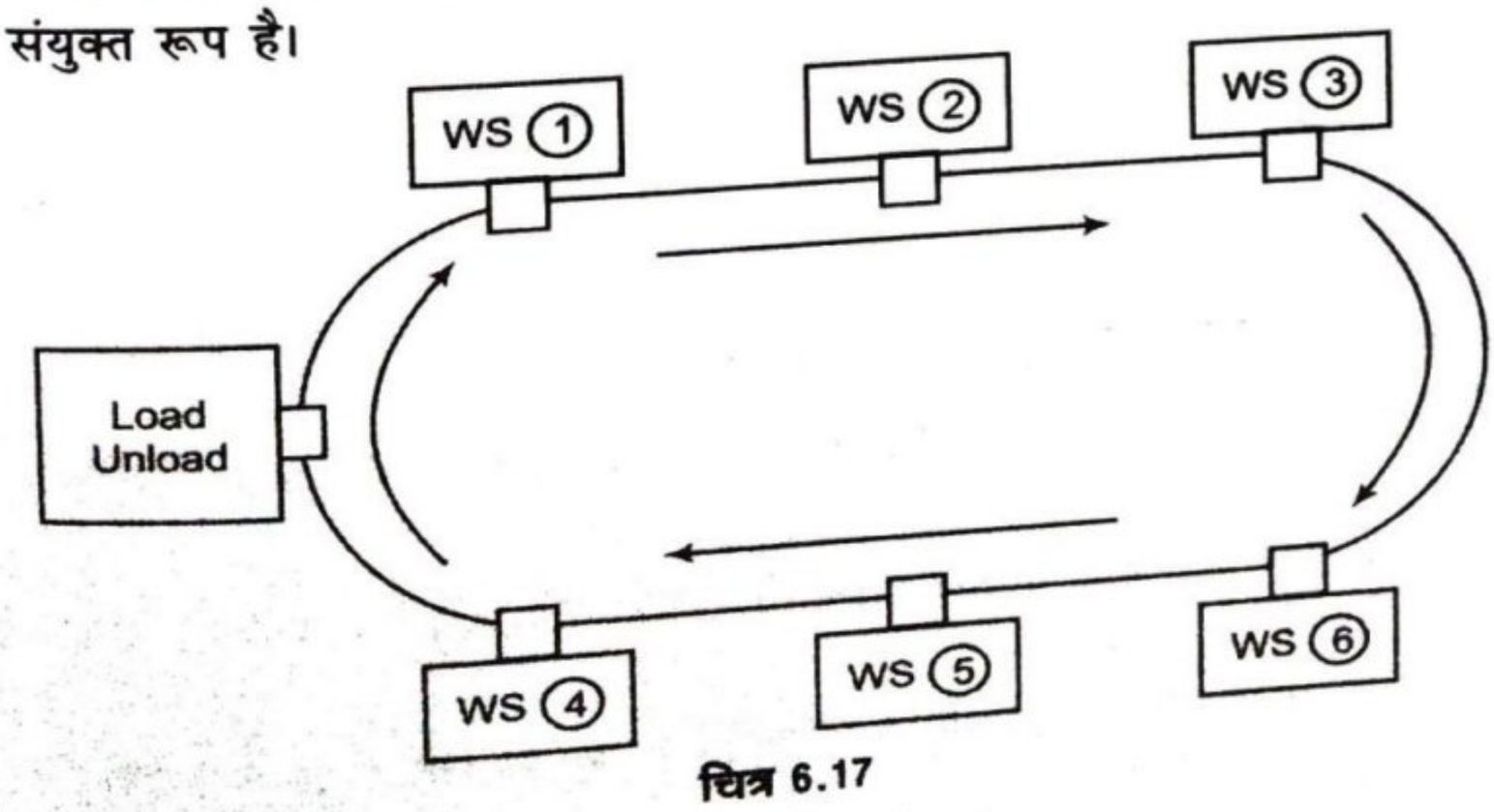
(a) डायल टाइप असेम्बली मशीन (Dial type Assembly Machine)—इसमें मुख्यत: एक वृत्ताकार डायल होता है जो इसका मुख्य अंग होता है। इस आधार अंग (Base Part) में लगे फिक्सचर में विभिन्न अंग पकड़े जाते हैं। इसमें डायल सिंक्रोनस गति में घूमता है। डायल की परिधि के पास सभी कार्य स्टेशनों पर अंगों को रखा जाता है।

(b) इन-लाइन असेम्बली मशीन (Inline assembly machine)—इसमें स्वचालित कार्य स्टेशन (automated work stations) एक सीधी रेखा में होते हैं। इसमें तीनों प्रकार की स्थानान्तरण विधियाँ प्रयोग की जाती हैं—

(i) सतत् ट्रांसफर विधि (ii) सिंक्रोनस ट्रांसफर विधि

(iii) असिंक्रोनस ट्रांसफर विधि

(c) केराउजल असेम्बली मशीन (Carousel Assembly Machine)—यह डायल टाइप तथा इन-लाइन असेम्बली मशीन का संयुक्त रूप है।



चित्र 6.17

(d) एकल स्टेशन असेम्बली लाइन (Single Station Assembly Line)—यह Stationary Base Part का रूप है जिसमें रोबोट्स का प्रयोग किया जाता है।

पुर्जा भरण युक्ति (Part Feeding Device)

संयोजन तंत्र में पुर्जों के भरण के लिए प्रयुक्त उपकरण या युक्ति को पुर्जा भरण युक्ति कहते हैं।

पुर्जा भरण युक्ति के विभिन्न अवयव निम्नलिखित हैं—

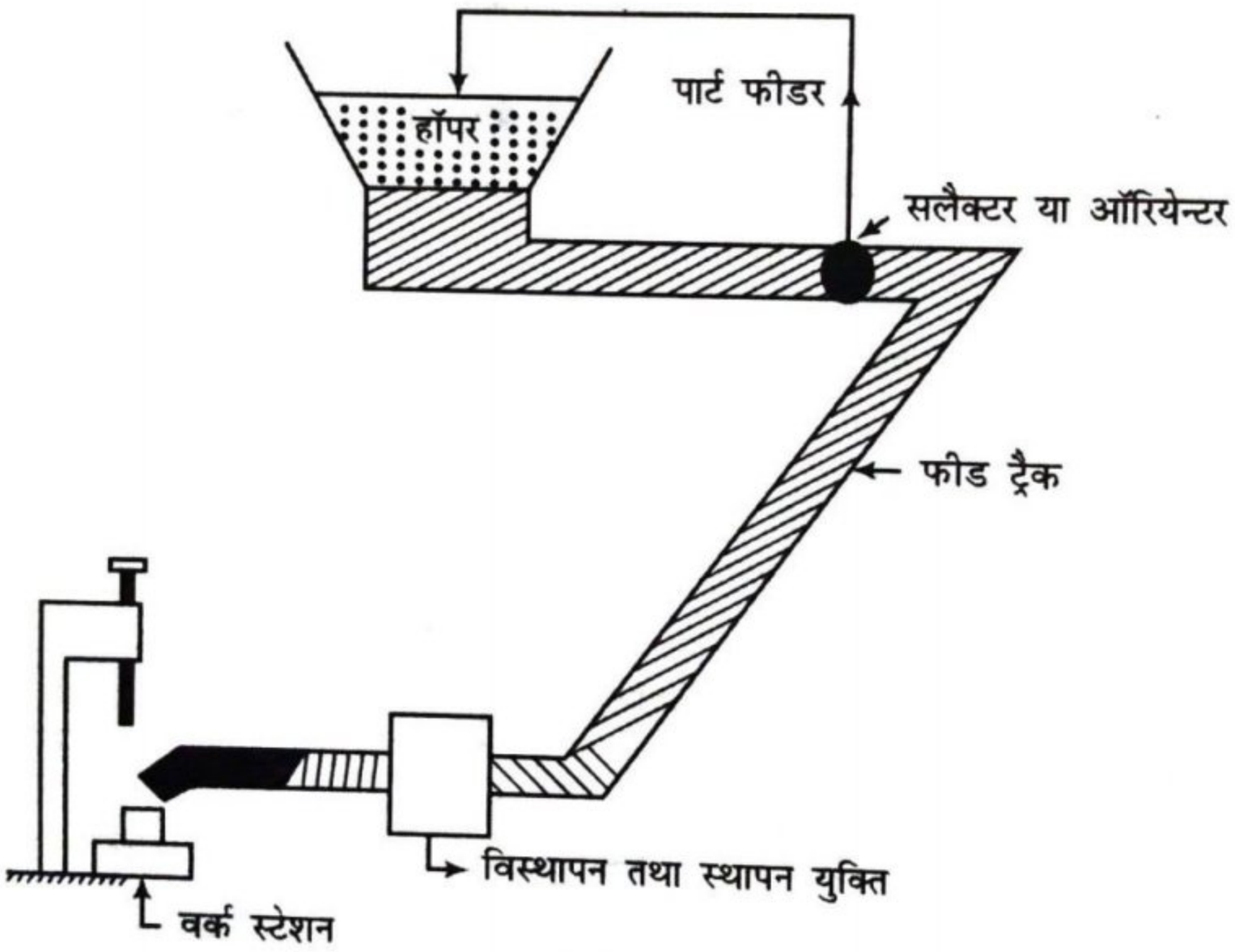
(i) हॉपर (Hopper)

(ii) पार्ट फीडर (Part Feeder)

(iii) सलैक्टर और ऑरियेन्टर (Selector or Orientor)

(iv) फीड ट्रैक (Feed Track)

(v) विस्थापन तथा स्थापन युक्ति (Escapement and Placement Device)



चित्र 6.18

(i) **हॉपर** (Hopper)—हॉपर एक भण्डारक माध्यम (storage medium) की तरह कार्य करता है। प्रत्येक पुर्जे के लिए अलग-अलग हॉपर का प्रयोग किया जाता है। पुर्जे को हॉपर में भर दिया जाता है जहाँ से यह सलैक्टर या ओरियेन्टर में जाता है।

(ii) **पार्ट फीडर**—यह हॉपर से जुड़ा भाग होता है। इसका मुख्य कार्य एक बार में केवल एक पार्ट को निकालना होता है तथा सही दिशा में पार्ट को असेम्बली स्थल से जोड़ दिया जाता है।

(iii) **सलैक्टर और ऑरियेन्टर**—ये वे अंग होते हैं जो पुर्जों को ठीक प्रकार से एक ही स्थिति में कार्य स्टेशन को भेज देते हैं।

सलैक्टर—इसका मुख्य कार्य होता है केवल उन्हीं अंगों को आगे जाने देना जो सही दिशा में हो। शेष पार्ट या अंग वापस हॉपर को भेज दिया जाता है।

ऑरियेन्टर—इसका मुख्य कार्य पार्ट की दिशा परिवर्तित करके उसे सही दिशा में करना।

(iv) **फीड ट्रैक**—इसकी सहायता से हम पार्ट्स को हॉपर से कार्य स्टेशन तक ले जाते हैं। इसका डिजाइन इस प्रकार होता है कि यह पार्ट की दिशा परिवर्तित नहीं करता है। पार्ट की गति या तो गुरुत्वाकर्षण बल के कारण होती है या पॉवर ट्रैक की सहायता से होती है।

(v) **विस्थापन तथा स्थापन युक्ति**—विस्थापन युक्ति से पार्ट को बाहर निकाला जाता है तथा स्थापन युक्ति से पार्ट को अंदर प्रवेश कराया जाता है।

मात्रात्मक विश्लेषण (Quantitative Analysis)

किसी भरण यंत्रावली में ऑरियेन्टेशन के दौरान पार्ट्स f रेट पर सलैक्टर को प्राप्त होती है। सलैक्टर में केवल θ ही रहता है।

फीड ट्रैक में प्राप्त पुर्जे की दर $R_c = f.\theta$

यदि $f\theta > R_c$ तब

फीड ट्रैक की upper sensor की क्रियाकारी लम्बाई, L_{f_2} है एवं पार्ट की लम्बाई L_c है तो

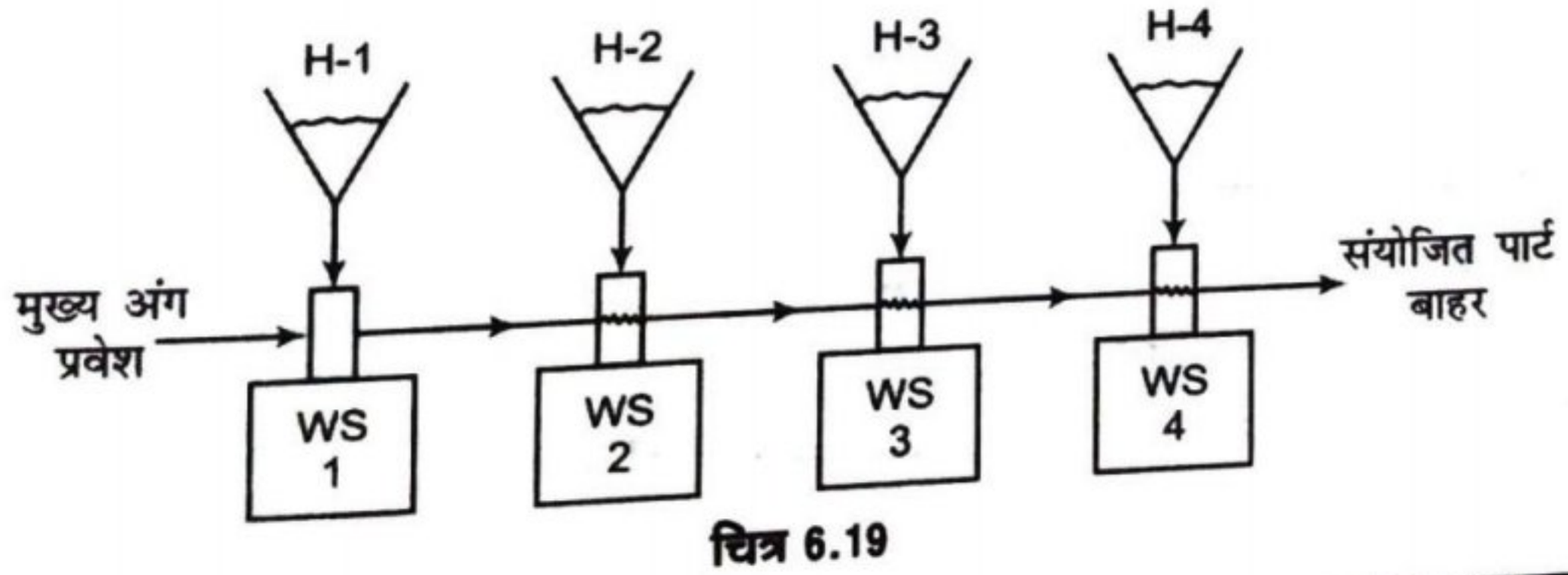
फीड ट्रैक की क्षमता $$\eta_{f_2} = \frac{L_{f2}}{L_c}$$

यदि Lower sensor की लम्बाई L_{f1} है, तो

फीड ट्रैक दक्षता $$\eta_{f1} = \frac{L_{f1}}{L_c}$$

बहुस्टेशन असेम्बली मशीनों का विश्लेषण (Analysis of Multistation Assembly Machine)

दो से अधिक कार्य स्टेशनों को बहुस्टेशन असेम्बली मशीन की संज्ञा दी जाएगी।



चित्र 6.19

स्वचालित असेम्बली में यदि पार्ट खराब हैं तो उन्हें Defective Component कहा जाएगा। इन Defective Component के कारण पूरी असेम्बली लाइन रुक जाती है।

यदि q = Defective Component Rate

m = Work station block Probability

जब कोई पार्ट किसी कार्यखण्ड से जुड़ा होता है, तो—

1. या तो पार्ट खराब हो या स्टेशन जाम कर देता है।

$$P_i = m_i q_i$$

2. या तो पार्ट खराब हो परन्तु स्टेशन जाम न करे।

$$P_i = (1 - m_i)\, q_i$$

3. या तो पार्ट खराब ही न हो।

$$P_i = (1 - q_i)$$

हम जानते हैं कि—

$$(P_i)_1 + (P_i)_2 + (P_i)_3 = 1$$

$$m_i q_i + (1 - m_i)\, q_i + (1 - q_i) = 1$$

$\because$ $m_i = m$ and $q_i = q$

$$m_q + (1 - m)\, q + (1 - q) = 1$$

n स्टेशनों के लिए

$$i = n\,[m_i\, q_i + (1 - m_i)\, q_i + (1 - q_i)] = 1$$

या $$i = [mq + (1 - m)\, q + (1 - q)\,]^n = 1$$

6.15 समूह तकनीक (Group Technology)

1990 के दशक में जब विनिर्माण का मानकीकरण प्रारम्भ हुआ तब यह कोशिश की गयी कि पदार्थ हस्तान्तरण एवं परिवहन (Material handling & tansportation) लागत एवं समय कम किया जाये जिससे उत्पादन की लागत कम हो। जिसके लिए एक प्रकार एवं विशिष्टियों के उत्पादन, अवयय एवं टूल को एक बार में Material handling & transportation किया जाए। इस तथ्य ने ही समूह तकनीक (group technology) को विकसित किया।

"समूह तकनीक एवं प्रबन्धन का सिद्धान्त है जिसमें एकसमान क्रिया एक बार में सम्पन्न की जाती है जिसके अन्तर्गत एक विमा एक संरचना आदि के अवयय (component) को एक साथ व्यवस्थित किया जाता है।"

ग्रुप तकनीक में विनिर्माण को विभिन्न छोटी मशीनों के समूहों में बाँट लिया जाता है तथा प्रत्येक मशीनों के समूह को cell कहते हैं। समूह तकनीक को cellular manufacturing के नाम से भी जाना जाता है। इसमें सभी (cell) एक विशिष्ट पार्ट के लिए बने होते हैं जिसे family कहते हैं। समूह तकनीक को part family की विशेषता के अनुरूप लागू किया जाता है। ये विशेषताएँ ज्यामिति लक्षण के आधार पर निर्धारित की जाती हैं। परन्तु कभी उत्पादन प्रक्रम के आधार पर भी इसे निर्धारित किया जाता है।

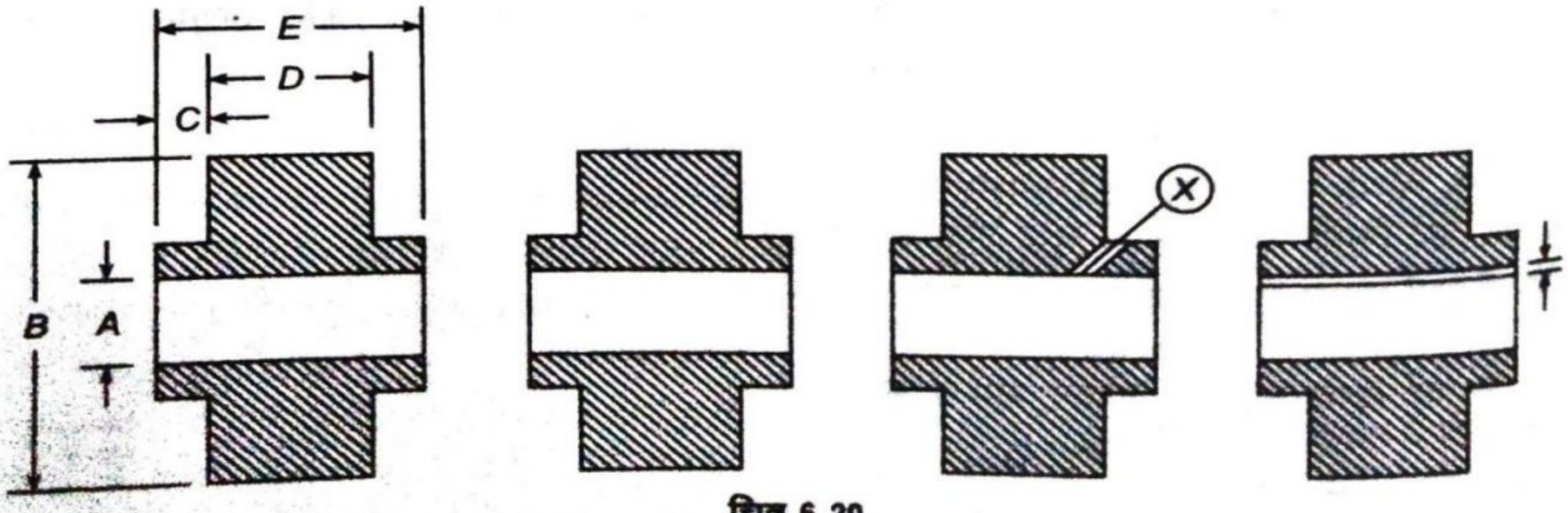
ज्यामिति लक्षण निम्न पर आधारित होता है—

(i) पार्ट का साइज (ii) पार्ट का आकार

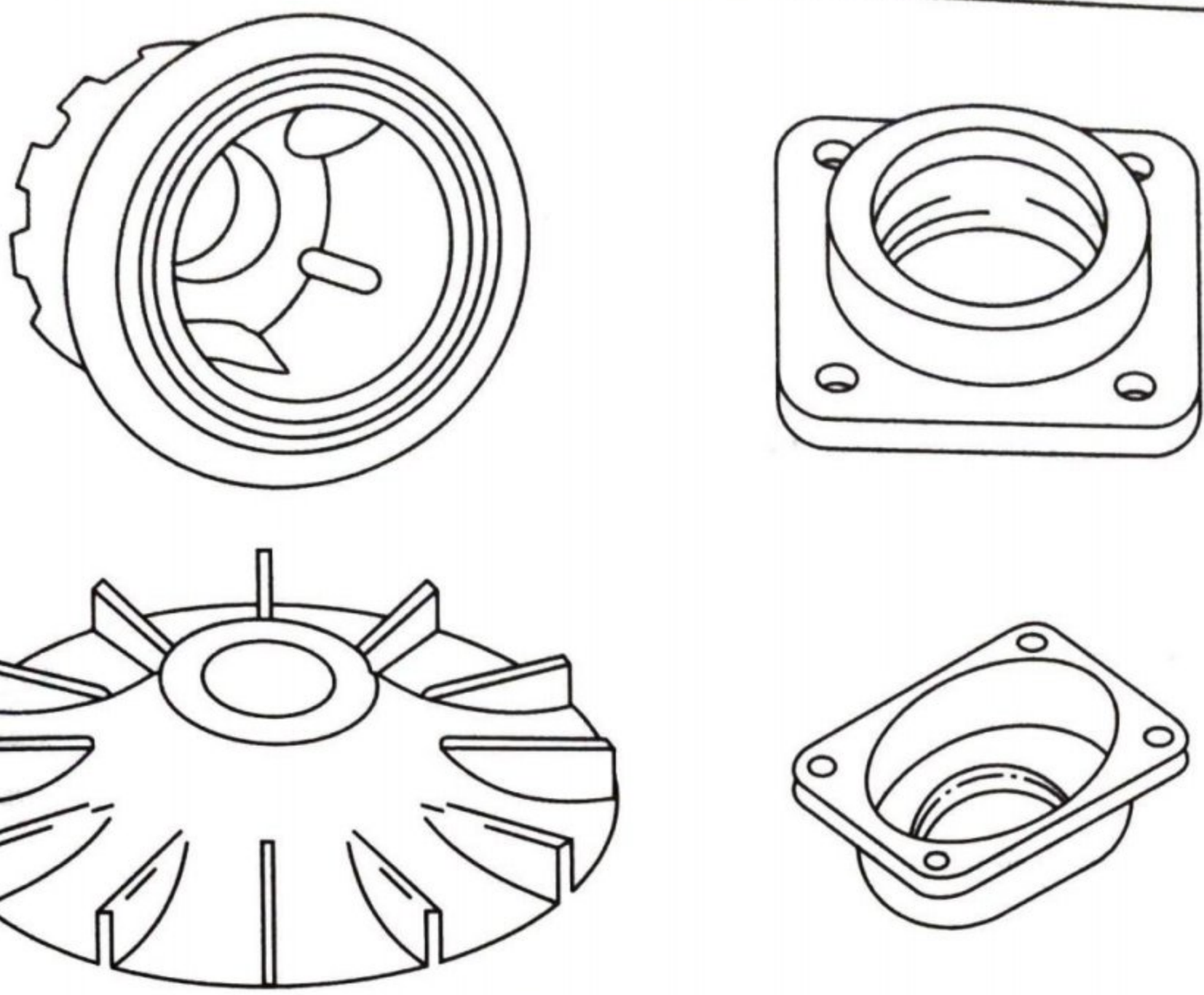
उत्पादन प्रक्रम निम्न पर आधारित होता है—

(i) प्रक्रम का प्रकार, मशीन टूल (ii) प्रक्रम का क्रम

(ii) प्रक्रम की कुल संख्या



चित्र 6.20



चित्र 6.21

सारांश

स्वचालन—यह तकनीकों का सेट होता है जिसके अन्तर्गत हम मशीनों पर क्रियाएँ बिना मानवीय हस्तक्षेप के सम्पन्न कराते हैं।

उदाहरण

(i) स्वचालित मशीन टूल

(ii) स्वचालित ट्रान्सफर लाइन

(iii) स्वचालित असेम्बली लाइन

स्वचालन उत्पादन की वह कला है जिसके अंतर्गत हम mechanical, electronic तथा computer पर आधारित उपक्रमों का प्रयोग करके किसी संस्थान में उत्पादन को आसानी से संचालित और नियन्त्रित करते हैं।

स्वचालन के अवयय

(i) शक्ति स्रोत

(ii) स्वचालन मशीनें

(iii) फीडबैक कंट्रोल

स्वचालन सिद्धान्त

(i) पुराने प्रक्रम को समझना

(ii) प्रक्रम का सरलीकरण करना

(iii) प्रक्रम को स्वचालित करना

स्वचालन नीतियाँ

(i) प्रक्रम की विशेषताएँ

(ii) संयुक्त प्रक्रम

(iii) प्रक्रम का एकीकरण

(iv) नम्यता में बढ़ोत्तरी

(v) सुधार किया हुआ मैटैरियल हैन्डलिंग निकाय

(vi) ऑनलाइन निरीक्षण

(vii) प्रक्रम नियंत्रण एवं बेहतरी

(viii) संयन्त्र नियंत्रण

(ix) कम्प्यूटर इन्टीग्रटेड उत्पादन

स्वचालन के प्रकार

स्वाचालन को तीन वर्गों में बाँटा गया है—

(i) नियत स्वचालन

(ii) योजना योग्य स्वचालन

(iii) नम्य या लचीला स्वचालन

CIM (Computer Intergrated Manufacturing)—ऐसी विनिर्माण प्रक्रिया जिसमें कम्प्यूटर का उपयोग किया जाता है, CIM कहलाती है। यह दो भागों में विभक्त है—

(a) CAD (b) CAM

NC System (Numerical Control System)—यह योजना योग्य स्वचालन का रूप है। जिसमें मशीन का नियंत्रण नम्बर या अन्य चिन्हों द्वारा किया जाता है।

मुख्य अवयय हैं—

(i) मशीन कंट्रोल यूनिट

(ii) पार्ट प्रोग्राम

(iii) मशीन टूल

CNC (Computer Numerical Control)—यह एक NC मशीन होती है जिसमें मशीन कंट्रोल यूनिट की जगह एक Dedicated Computer लगा होता है।

इसके मुख्य अवयय हैं—

(i) प्रदत्त उपकरण

(ii) डिस्प्ले यूनिट

(iii) मशीन टूल

(iv) चालन प्रणाली

(v) मशीन कंट्रोल यूनिट

(vi) फीडबैक प्रणाली

मध्य उत्पादन निकाय—यह मशीन टूल का एक ऐसा समूह है जो ऑटोमैटिक मैटीरियल हैण्डलिंग निकाय तथा भण्डारण निकाय से जुड़ा होता है।

इसका नियंत्रण कम्प्यूटर द्वारा होता है।

CAD (Computer Aided Design)—कम्प्यूटर की सहायता से डिजाइन संबंधी कार्यों को हल करना CAD के अन्तर्गत आता है।

इसके दो मुख्य घटक हैं—

(i) ICG (ii) Designer

CAM (Computer Aided Manufacturing)—कम्प्यूटर का उपयोग निर्माण तकनीकों के साथ-साथ उत्पादन, प्लानिंग, मैनेजमेन्ट नियंत्रण के अन्तर्गत आता है।

असेम्बली प्रकम—दो या दो से अधिक अंगों को जोड़कर नए उत्पाद बनाने की प्रक्रिया असेम्बली प्रक्रम कहलाती है।

(i) यांत्रिक जोड़

(ii) फ्यूजन विधि

(iii) ऐडहीसिव विधि

यांत्रिक जोड़ को निम्न वर्गों में विभाजित किया गया है—

(i) चूड़ीदार जोड़

(ii) रिवेट जोड़

(iii) प्रेस फिट

(iv) स्नेप फिट

(v) सिलाई द्वारा

असेम्बली यंत्र का वर्गीकरण—

(i) हस्तचालित एकल स्टेशन असेम्बली

(ii) हस्तचालित असेम्बली लाइन

(iii) स्वचालित असेम्बली लाइन

स्वचालित असेम्बली तंत्र—दो या दो से अधिक अंगों को जोड़ने की स्वचालित प्रक्रिया के लिए तंत्र को स्वचालित असेम्बली तंत्र कहते हैं।

स्वचालित तंत्र का वर्गीकरण—इसे दो प्रकार से वर्गीकृत किया गया है—

(i) स्थानान्तरण विधि के आधार पर

(ii) संयोजन तंत्र की भौतिक अवस्था के आधार पर

पुर्जा भरण युक्ति—संयोजन तंत्र मे पुर्जों के भरण के लिए प्रयुक्त उपकरण या युक्ति को पुर्जा भरण युक्ति कहते है। प्रमुख अवयव है—

(i) हॉपर

(ii) पार्ट फीटर

(iii) सलैक्टर और ओरियेन्टर

(iv) फीड ट्रैक

(v) विस्थापन तथा स्थापन युक्ति

मात्रात्मक विश्लेषण—

ऊपरी सेन्सर की फीड ट्रैक की क्षमता

$$\eta_2 = \frac{Lf_2}{L_c}$$

निचली सेन्सर की फीड ट्रैक की क्षमता

$$\eta_1 = \frac{Lf_1}{L_c}$$

बहुस्टेशन असेम्बली मशीनों का विश्लेषण—दो से अधिक कार्य स्टेशनों को बहुस्टेशन असेम्बली मशीनें कहा जा है।

$$mq + (1 - m)q + (1 - q) = 1$$

प्रश्नावली

1. स्वचालन को परिभाषित कीजिए।
2. स्वचालन के विकास की व्याख्या कीजिए।
3. स्वचालन के मुख्य अवयय को लिखिए।
4. स्वचालन को वर्गीकृत कीजिए।
5. स्वचालन के लाभ एवं हानियों को लिखिए।
6. CIM को परिभाषित कीजिए।
7. संख्यात्मक नियंत्रण सिस्टम का विस्तृत वर्णन कीजिए।
8. CNC की व्याख्या करें।
9. DNC से आप क्या समझते हैं? विस्तार से समझाइए।
10. CNC तथा DNC में अंतर लिखें।
11. अनुकूली नियन्त्रण को परिभाषित कीजिए।
12. नम्य उत्पादन निकाय क्या है?
13. निम्न को समझाइये—
    (a) CAD (b) CAM
14. मशीन सेन्टर क्या है? संक्षेप में वर्णन कीजिए।
15. रोबोटिक्स को परिभाषित कीजिए।
16. असेम्बली लाइन से आप क्या समझते है?
17. सुरक्षा भण्डार रहित ट्रांसफर का विश्लेषण कीजिए।
18. आंशिक स्वचालन से आप क्या समझते है?
19. असेम्बली प्रक्रम से आप क्या समझते है?
20. असेम्बली प्रक्रम का वर्गीकरण कीजिए।
21. हस्तचालित असेम्बली लाइन किसे कहते है?
22. स्वचालित असेम्बली लाइन से आप क्या समझते है?
23. स्वचालित असेम्बली लाइन को वर्गीकृत कीजिए।

24. पुर्जा भरण युक्ति से आप क्या समझते हैं?
25. मात्रात्मक विश्लेषण को समझाइए।
26. समूह तकनीक को समझाइए।
27. कैड व कैम पदों को समझाइए।
28. स्वचालन के कारण, क्षेत्र तथा गुण समझाइए।
29. DNC की परिभाषा बताइए तथा DNC Configuration समझाइए।
30. एक स्वच्छ रेखाचित्र की सहायता से अनुकूली नियंत्रण को समझाइए।
31. डिजाइन व उत्पादन में कम्प्यूटर के उपयोग बताइए।
32. CIM को परिभाषित कीजिए।
33. स्वचालकता की विभिन्न रणनीतियाँ कौन-सी हैं और उनके क्या प्रभाव हैं?
34. NC टूल प्रणाली क्या है? प्रत्येक अवयय का एक स्वच्छ चित्र द्वारा संक्षेप में वर्णन कीजिए।
35. DNC, CNC तथा Adaptive Control में अंतर स्पष्ट कीजिए।
36. NC मशीन में बंद एवं खुला निकाय की तुलना कीजिए।
37. NC मशीनों के साथ कम्प्यूटर क्यों प्रयोग होते हैं?
38. CNC की तुलना में DNC के लाभ बताइए।
39. संयुक्त अभिक्रियाओं पर विशेष महत्व देते हुए स्वचालन योजनाओं की विवेचना कीजिए। कम्प्यूटर संघटित निर्माण के संबंध में संक्षिप्त विचार प्रस्तुत कीजिए।
40. विभिन्न स्वचालन रणनीतियों को समझाइए।
41. उद्योग के उत्पादन में स्वचालन के क्या फायदे हैं? हानियों की भी विवेचना कीजिए।
42. लचीला उत्पादन पद्धति क्या है? इस पद्धति में रोबोट की क्या भूमिका है?
43. नये उत्पाद को उद्योग में लाने के लिए FMS किस प्रकार मददगार है?
44. निम्नलिखित पदों को समझाइए—
    CAD, CAM, CIM, FMS, CNC, DNC
45. मशीन टूल के नियंत्रण में NC का उपयोग बताइए।
46. उत्पादन प्रणालियों में स्वचालन को परिभाषित कीजिए।
47. स्वचालित उत्पादन प्रणाली के अवयय तथा प्रकार का वर्णन कीजिए।
48. निम्न को समझाइए—
    (i) अनुकूल मशीन नियंत्रण (ii) एफ०एम०एस०
49. स्वचालन की परिभाषा, इसकी कारखाने में जगह व NC, CAM की आजकल के चलन के बारे में लिखें।

वस्तुनिष्ठ प्रश्नावली

1. स्वचालन में फीडबैक कन्ट्रोल के रूप में कौन-कौन से अवयय होते हैं ?
   (a) सेन्सर (b) एनालाइजर
   (c) प्रवर्तन (d) सभी

2. टेप रीडर होता है—

(a) इलेक्ट्रानिक उपकरण
(b) मैकेनिकल उपकरण
(c) इलेक्ट्रोमैग्नेटिक उपकरण
(d) इनमें से कोई नहीं

3. CNC में भाषा का प्रयोग किया जाता है—

(a) C-Language
(b) C^{++} Language
(c) APT -Language
(d) JAVA

4. निष्पादन सूची (Performance Index) होता है—

(a) $\frac{TWR}{MRR}$
(b) $\frac{MRR}{TWR}$
(c) MRR × TWR
(d) MRR – TWR

5. CAD के घटक हैं—

(a) ICG
(b) Designer
(c) (a) and (b)
(d) इनमें से कोई नहीं

6. रोबोट का Degree of freedom होता है—

(a) 05
(b) 06
(c) 07
(d) 08

7. रोबोट के कितने नियम हैं?

(a) 2 नियम
(b) 3 नियम
(c) 4 नियम
(d) 5 नियम

8. रोबोट का जनक है—

(a) Issac Asimov
(b) Nicolus Carnot
(c) James Bond
(d) All of these

9. कार्यस्टेशनों को विभिन्न कार्यखण्ड पर बाँटने की क्रिया को सम्पादित करता है—

(a) CAM
(b) CAD
(c) CALB
(d) CIM

10. मशीन सेन्टर के मुख्य अवयव हैं—

(a) Automatic tool changer
(b) Pallet pools
(c) Monitoring of machine of tools
(d) All of these

वस्तुनिष्ठ प्रश्नों के उत्तर

1. (d), **2.** (c), **3.** (c), **4.** (b), **5.** (c), **6.** (b), **7.** (a), **8.** (a), **9.** (c), **10.** (d)

7 टर्निंग एवं मिलिंग में प्रयुक्त संक्रियाएँ
(CNC Operations Involved in Turning and Milling)

7.1 सी० एन० सी० टूल : परिचय

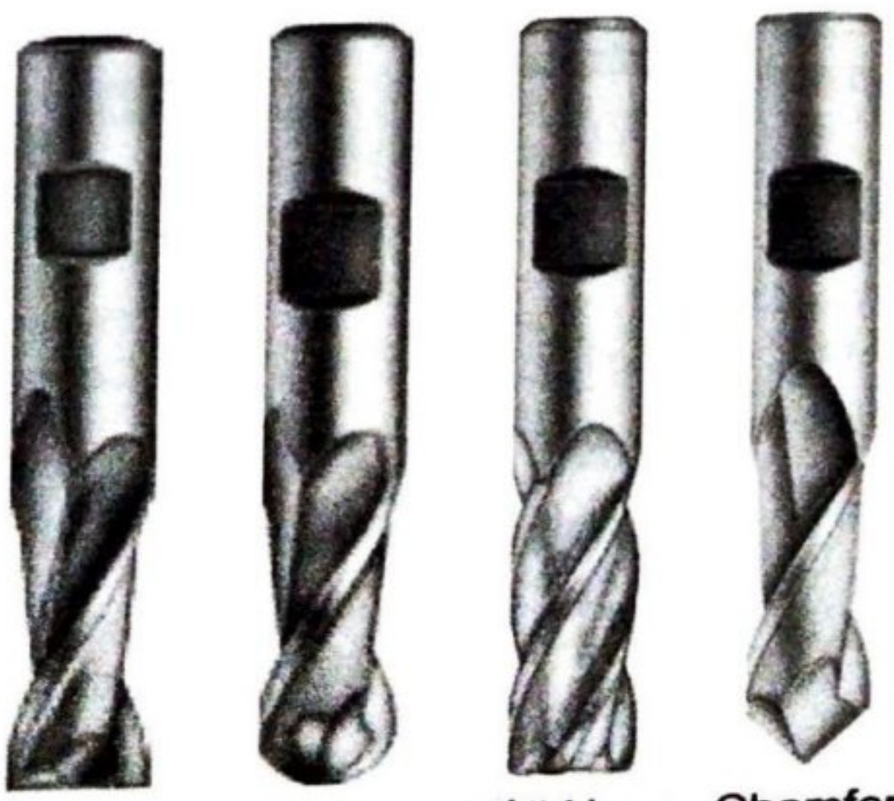
सी० एन० सी० मिलिंग मशीन के लिए विविध रेन्ज में विभिन्न टूल प्रकार एवं विभिन्न टूल विन्यास में उपलब्ध हैं। इस अनुभाग में विभिन्न टूल तथा उनके प्रकार का अध्ययन करेंगे। **विभिन्न प्रकार के टूल निम्नलिखित हैं—**

(i) अंत मिल टूल (फ्लैट, बाल, बूल एवं चैम्फर)
(ii) कार्नर राउन्डिंग टूल्स
(iii) स्लाट टूल
(iv) स्पाट सेन्टर टूल
(v) मरोड़ टूल
(vi) टैप
(vii) रीमर
(viii) काउन्टर बोर

1. अंत मिल्स (End Mills)

मिलिंग टूल के अंतर्गत फ्लैट, बॉल, बूल नोज तथा चैम्फर आते हैं—

(i) फ्लैट नोज मिल टूल का प्रयोग 2 D Contours एवं Pockets के लिए किया जाता है।
(ii) बॉल नोज मिल टूल का प्रयोग 3 D मिलिंग के लिए किया जाता है।
(iii) बूल नोज का प्रयोग radius corner के लिए किया जाता है।



चित्र 7.1 : Mill Tool Nose Types

इनका उपयोग एक दीवार के नीचे एक पट्टिका बनाने के लिए किया जाता है। क्योंकि वे एक अंत मिल की तुलना में अधिक मज़बूत होते हैं, वे कभी-कभी रफिंग ऑपरेशन के लिए उपयोग किए जाते हैं।

चैम्फर मिल—चैम्फर मिल में एक कोण वाली नाक होती है। जिसका उपयोग एक चैम्फर या De-bore पार्ट बनाने के लिए किया जाता है।

फ्ल्यूट की संख्या (Numbers of Flutes)

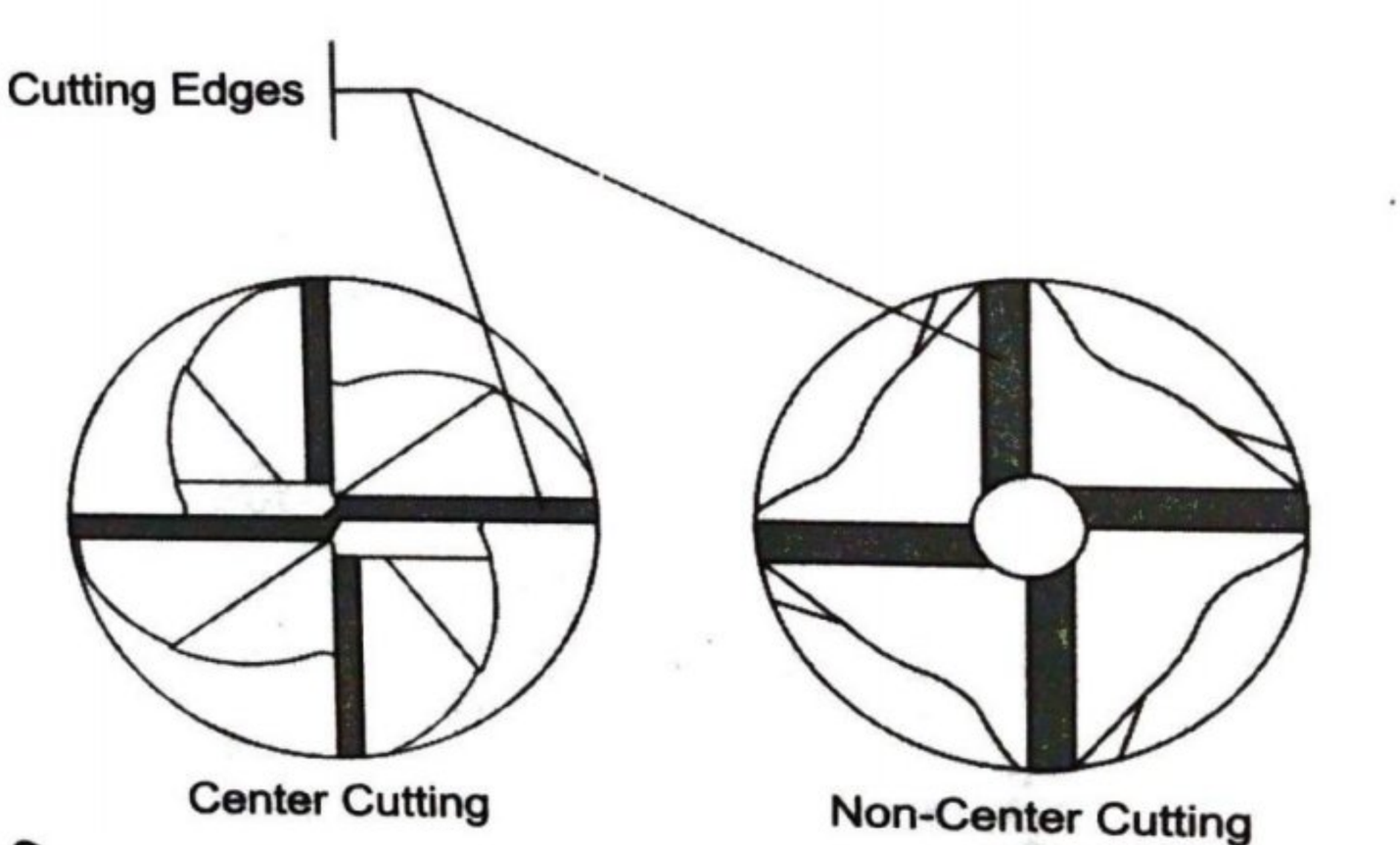
मिलिंग टूल में दो या चार कटिंग फ्ल्यूट होते हैं।

दो कटिंग फ्ल्यूट बंद क्षेत्र में मिलिंग करते समय अधिक चिप निकासी प्रदान करते हैं। चार flute कटर अधिक कठोर होती है, इनका भरण तीव्र गति से किया जा सकता है। यह अधिक चिप क्लीयरेन्स के लिए उपयुक्त होता है। उदाहरण के लिए बाहरी कन्टूर मिलिंग।

केन्द्रित-कटिंग अंतः मिल्स (Centre Cutting End mills)

मिलिंग टूल या तो सेन्टर कटिंग या नॉन–सेन्टर कटिंग होते हैं। Centre Cutting End mill सीधे केन्द्र में मिलिंग कर सकती है जबकि Non-Centre end milling tools नहीं कर सकते हैं।

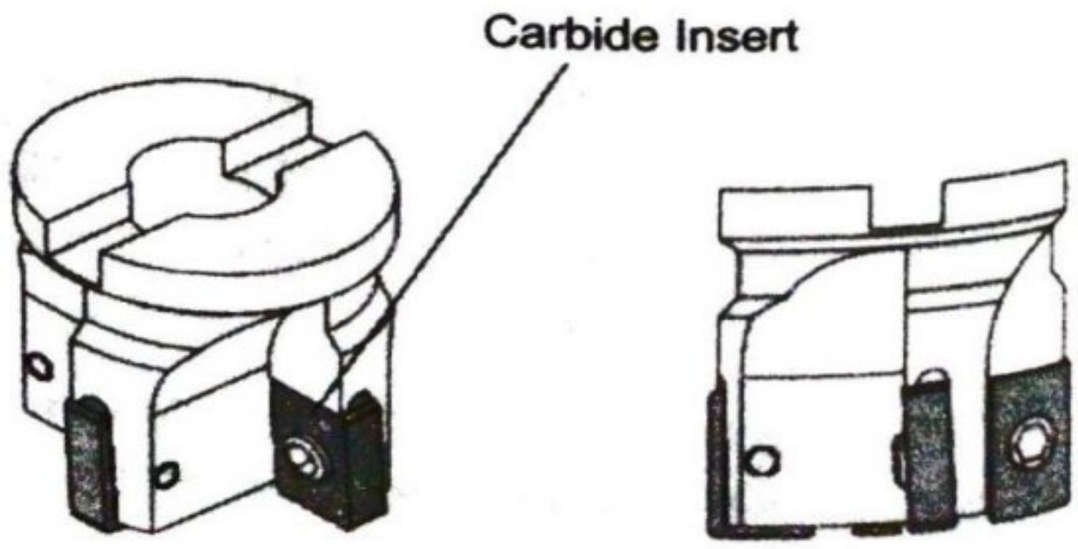
नीचे दिए गए चित्र में Centre Cutting तथा Non-Centre Cutting and mills के End view को दर्शाया गया है। ध्यान दें कि उपकरण के केन्द्र के लिए कटिंग सेन्टर के अंत किनारों को जारी रखा गया है। दूसरे केन्द्र में एक छोटा छेद होता है। गैर–केन्द्र काटने वाले अंत: मिल को एक पायलट छेद की आवश्यकता होती है जो पदार्थ में प्लंज को ramping or helical गति प्रदान करते हैं।



चित्र 7.2 : End View of Center and Non-Center Cutting End Mill

फलक मिल (Face Mill)

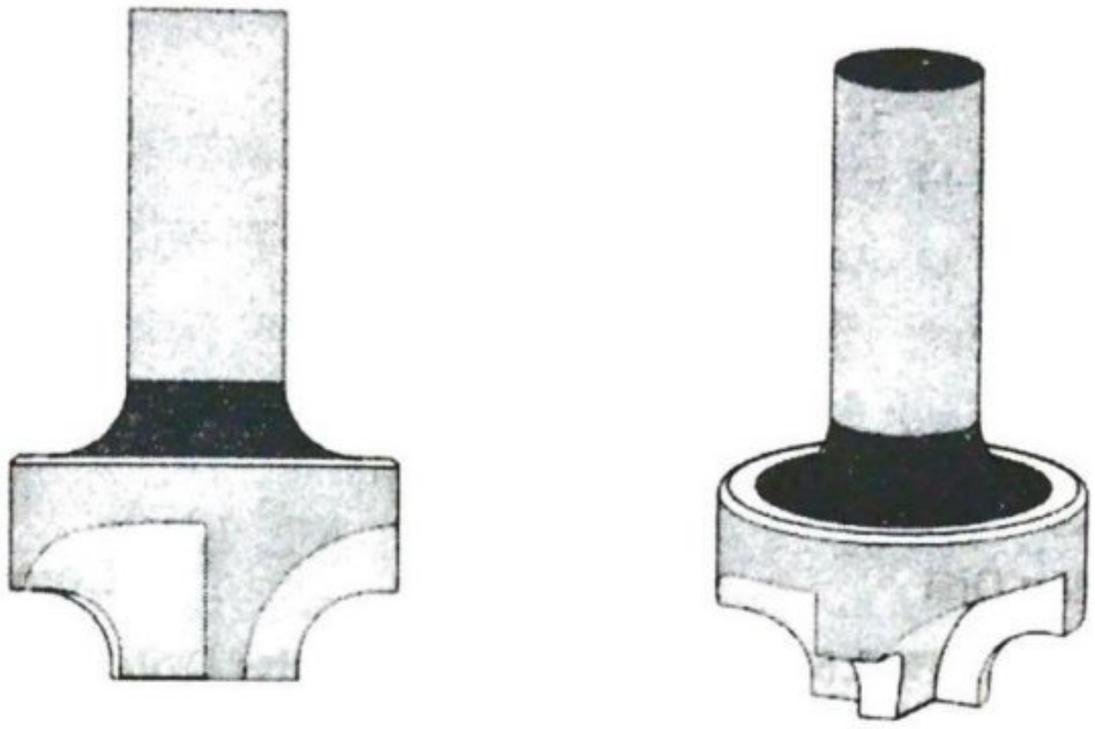
एक फलक मिल में कटिंग इन्स्र्ट होते हैं जिसे वार्म की सहायता से बदला जाता है। ये कठोर होते हैं, आठ या अधिक कटिंग किनारों तक हो सकते हैं तथा पदार्थ को जल्दी से हटा सकते हैं। ये पहले मशीनिंग ऑपरेशन के लिए प्रयोग किये जाते हैं। ताकि वे जल्दी से फ्लैट परिष्कृत face बना सकें।



चित्र 7.3 : Face Mill

कार्नर रेडियस टूल (Corner Radius Tool)

इसे Corner round भी कहते हैं। इस टूल का प्रयोग fillet को बाहरी कार्नर में व्यवस्थित करने के लिए प्रयोग किया जाता है।



चित्र 7.4 : Corner Round Tool

स्लॉट मिल/स्लॉटिंग सॉ

स्लॉट मिल्स में साइड मिलिंग कटर, स्लिटिंग आरी और वुड्रूफ कुंजी सेट आरी शामिल हैं। Slitting आरी और साइड मिलिंग कटर एक विशेष आर्बर पर स्थापित किए जाते हैं। वुड्रूफ कटर एकल कटाई उपकरण होते हैं जिनका उपयोग स्लॉट और अंडरकट बनाने के लिए किया जाता है जो एक मानक टूल होल्डर में व्यवस्थित किए जाते हैं।

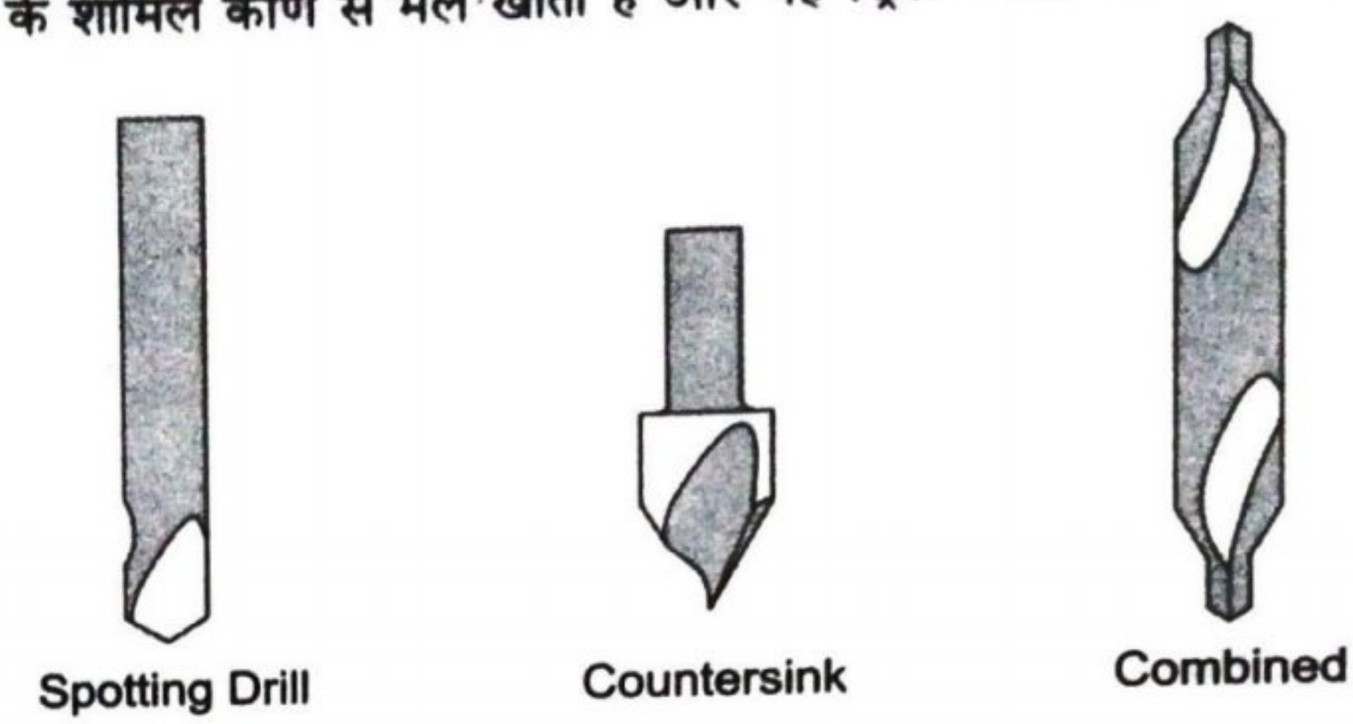
चित्र 7.5 : Slot Tools

छिद्र बनाने वाली युक्ति (Hole Making Tool)

केन्द्रक स्पॉट ड्रिल (Centre Spot Drill)—केन्द्र स्पाटिंग ड्रिल छोटी और बहुत कठोर ड्रिल है जिनका उपयोग पार्ट के फलक पर एक शंकु बनाने के लिए किया जाता है। चूँकि ये नुकीले प्वाइन्ड तथा Bending को resist करता है इसलिए यह छिद्र को accurate करता है। शंकु ड्रिल के कारण Wobbling से होने वाले नुकसान को बचाता है तथा छिद्र को उपयुक्त स्थान पर संयोजित करता है।

Counter Sink ड्रिल का प्रयोग एक मशीन स्क्रू के लिए शंक्वाकार फलक बनाने के लिए प्रयोग किया जाता है। संयुक्त स्पोटिंग-काउंटर सिंक का प्रयोग एक ही संक्रिया में स्क्रू क्लीयरेन्स होल तथा काउन्टर सिंक बनाने के लिए किया जाता है।

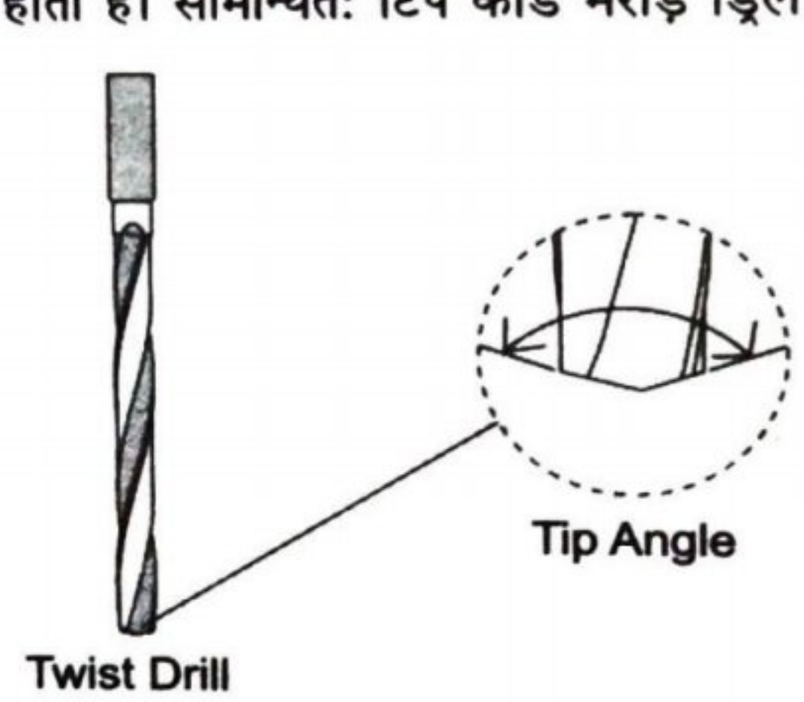
केन्द्र, काउन्टर सिंक तथा संयुक्त ड्रिल के लिए अलग-अलग आकार के टिप कोण होते हैं। सुनिश्चित करें कि काउंटर सिंक की नोक मशीन स्क्रू के शामिल कोण से मेल खाती है और यह ड्रिल व्यास पेंच हेड व्यास से अधिक हो।



चित्र 7.6 : Countersink and Center Drill

मरोड़ ड्रिल (Twist Drill)

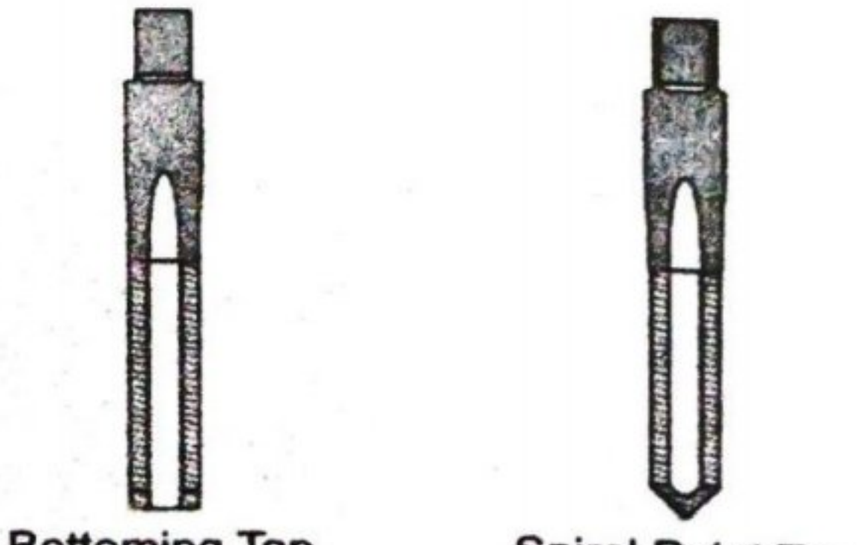
मरोड़ ड्रिल कई व्यास तथा लम्बाई में उपलब्ध होते हैं। सामान्यत: हाई स्पीड स्टील, कार्बाइड या कोबाल्ट के बने होते है। जिसमें टाइटेनियम नाइट्राइड की कोटिंग होती है। सामान्यत: टिप कोड मरोड़ ड्रिल का 118° होता है।



चित्र 7.7 : Twist Drill

टैप (Tap)

कटाई टैप कर्तन पदार्थ की सहायता से थ्रोड का निर्माण करते हैं। यह चिप्स का निर्माण करते हैं तथा सामान्यत: मुलायम धातु जैसे एल्युमिनियम, कॉपर, ब्रास तथा प्लास्टिक के लिए प्रयोग किया जाता है।



चित्र 7.8 : Taps

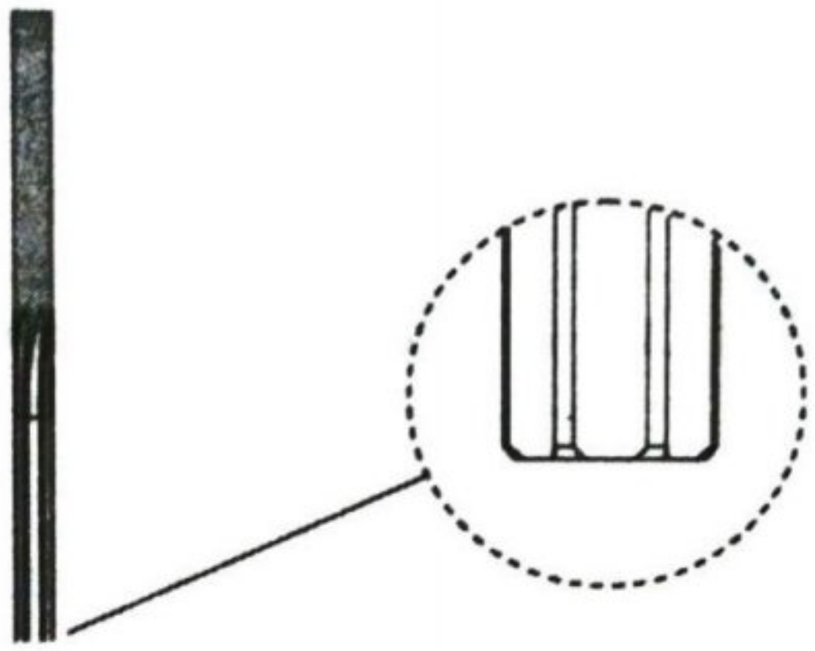
बाटमिंग टैप (Bottoming tap)

Bottoming tap का प्रयोग Blind hole के लिए किया जाता है। इसमें Spiral बिन्दु tap chip को आगे बढ़ाता है तथा Bottom part hole का निर्माण करता है।

रीमर (Reamer)

रीमर का प्रयोग परिष्कृत एवं उत्कृष्ट सतह वाली छिद्र के लिए किया जाता है। रीमर होल सामान्यत: .0002 inch व्यास तक accurate होते हैं। उदाहरण के लिए रीमर का प्रयोग ground pins तथा bushing में छिद्र के लिए प्रयोग किया जाता है।

रीमर छिद्र करने से पूर्व उपयुक्त साइज में ड्रील की आवश्यकता होती है। रीमर के सन्दर्भ में कटाई गति तथा भरण भी आवश्यक होता है। यह कम-से-कम तथा अधिक-से-अधिक स्क्रैप निकालता है तथा होल उपयुक्त साइज का नहीं बनाता है।



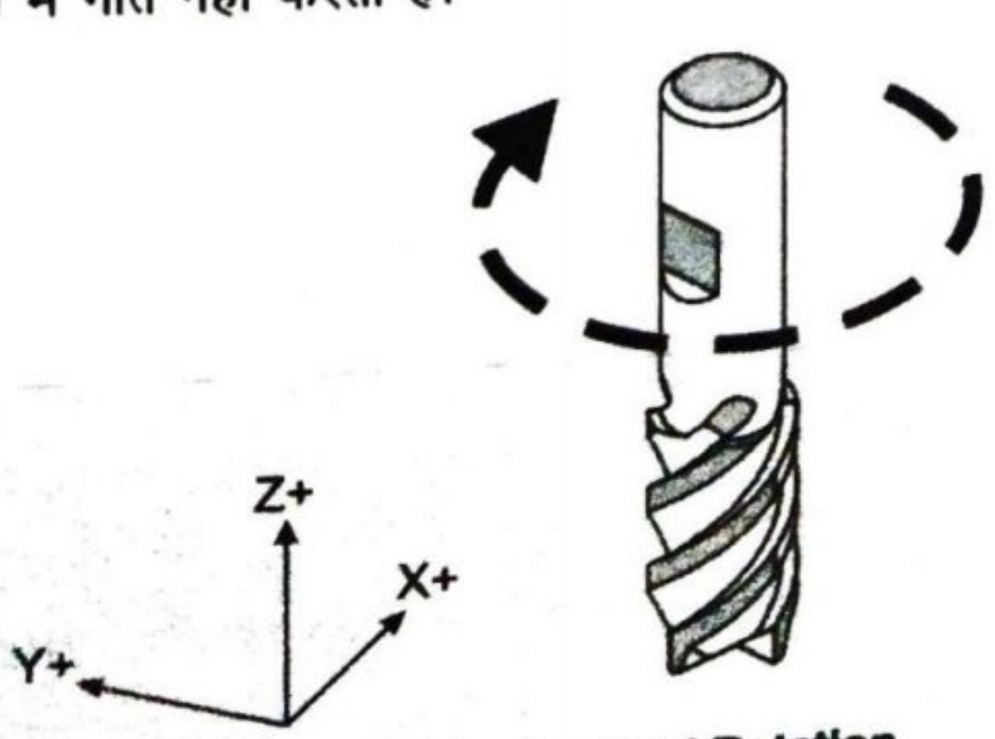
चित्र 7.9 : Reamer

काउन्टर बोर (Counter bore)—काउन्टर बोर अंत: मिल के समान होता है जिसमें केन्द्र में एक पाइलट होता है। यह Spot face hole के लिए उपयुक्त होता है। जब CNC Machining Operation प्रयोग किया जाता है।

7.2 कटाई टूल सिद्धान्त (Cutting Tool Fundamentals)

घुमाऊ दिशा (Rotation Direction)

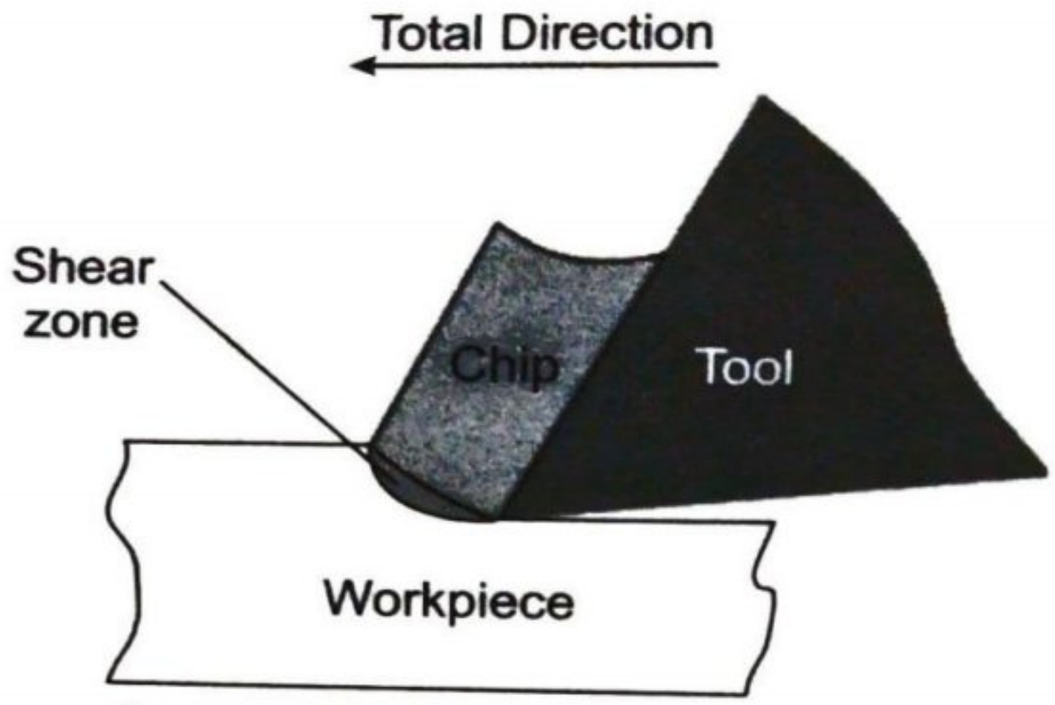
सभी टूल Clockwise (M3) दिशा में घुमाऊ गति करते हैं, जब मशीन स्पिण्डल नीचे की ओर घुमता है। केवल left-handed taps clockwise दिशा में गति नहीं करता है।



चित्र 7.10 : Clockwise Tool Rotation

7.3 चिप्स निर्माण (Chips Formation)

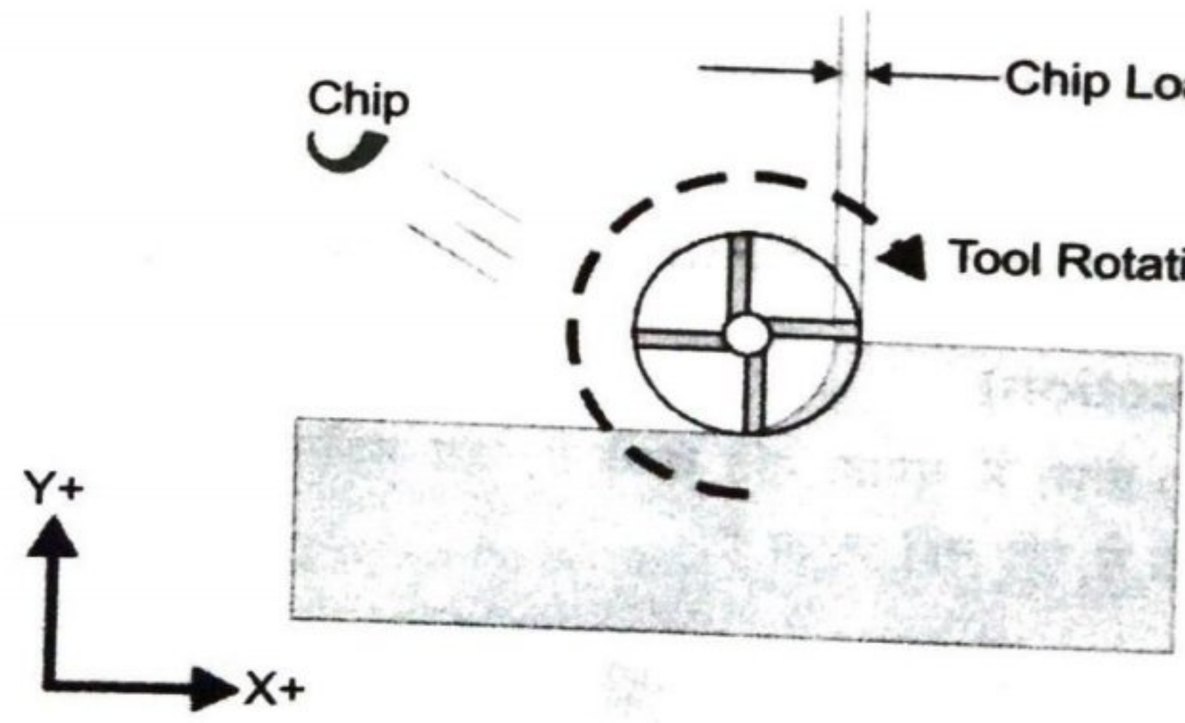
कर्तन क्रिया के कारण कटाई टूल धातु को सतह से हटाते हैं। जैसे कि चित्र में दर्शाया गया है। जैसे-जैसे टूल धातु की सतह पर आगे बढ़ता है कर्तन क्रिया के कारण थोड़े मात्रा में धातु को निकालता है जिसे चिप्स की संज्ञा दी जाती है।



चित्र 7.11 : Chip Formation Diagram

चिप लोड (Chip Load)

प्रत्येक काटने वाले दांत द्वारा दूर की गई सामग्री की मोटाई को प्रति दात फीड़ या चिप लोड कहा जाता है। चूँकि चिप को कार्यक्षेत्र से बाहर निकाल दिया जाता है, इसलिए यह कर्तन प्रक्रिया द्वारा उत्पन्न कुछ ऊष्मा को अपने साथ ले जाता है।



चित्र 7.12 : Chip Load

काटने की गति और फीड की गणना के लिए एक पद्धति इस अध्याय में अंत में प्रस्तुत की गई है। काटने की गति और फीड को मान्य करने के सर्वोत्तम तरीकों में से एक मशीनिंग प्रक्रिया द्वारा बनाई गई चिप्स का निरीक्षण करना है। चिप्स को curled किया जाना चाहिए और हीटिंग के कारण रंग बदल सकता है। थोड़े समय के बाद मशीन के आकार और चिप्स के रंग और काटने की प्रक्रिया द्वारा उत्पन्न ध्वनि के आधार पर कटिंग गति और फीड को समायोजित करने में सक्षम होते हैं।

7.4 क्लिम्ब एवं परम्परागत मिलिंग में अंतर (Climb Vs Conventional Milling)

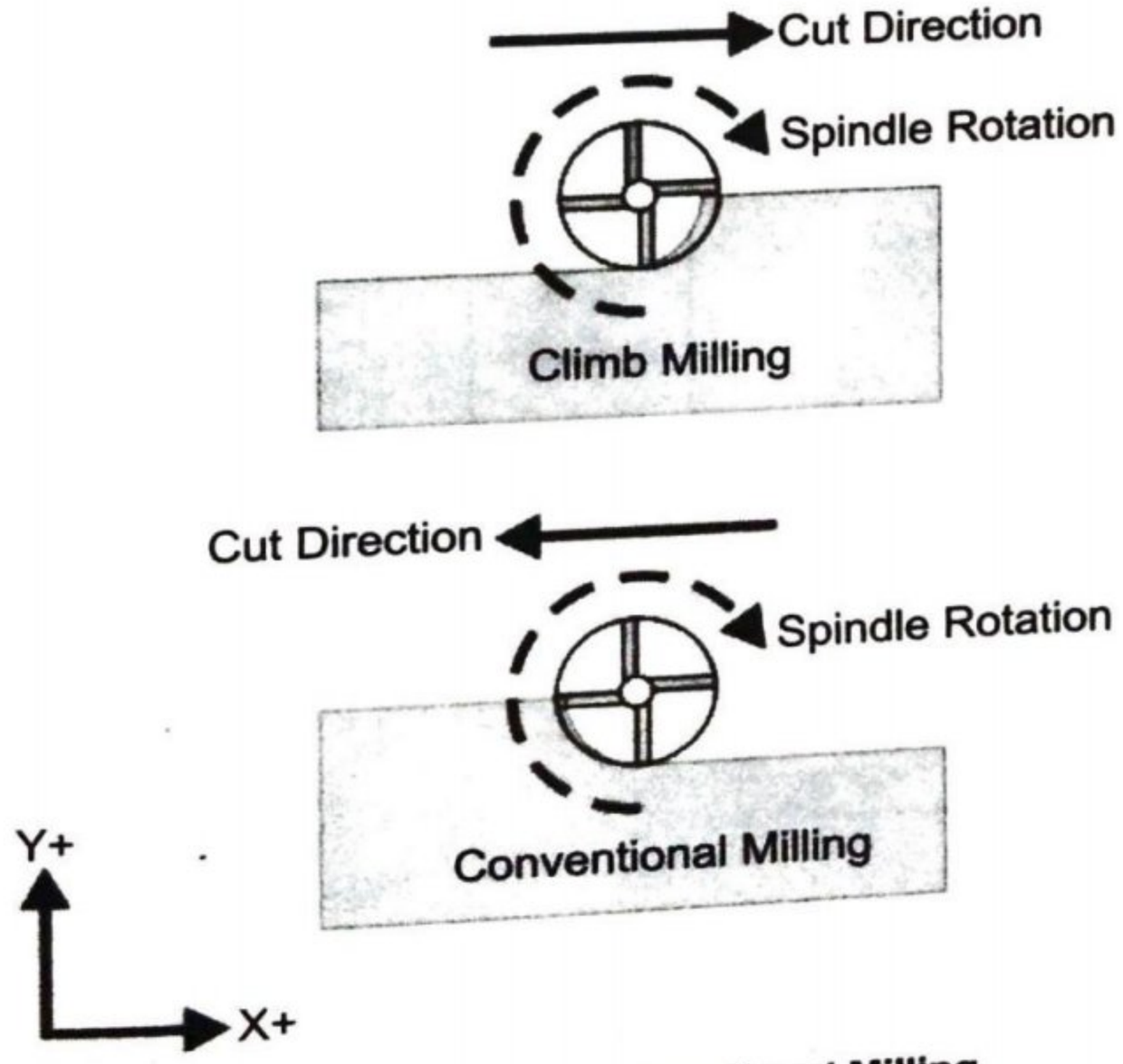
मिलिंग टूल पदार्थ के माध्यम से आगे बढ़ सकते हैं ताकि काटने वाली फ्लयूर अधिकतम मोटाई पर पदार्थ को संलग्न करें और फिर घटकर शून्य हो जाए, इसे Climb Milling कहा जाता है।

विपरीत दिशा में काटने से उपकरण को पदार्थ को स्क्रूप करने का कारण बनता है। शून्य मोटाई से शुरू होकर अधिकतम तक बढ़ जाता है, इसे Conventional Milling कहते हैं।

पारम्परिक Milling का प्रयोग अक्सर मैनुअल मशीनों पर किया जाता है क्योंकि मशीन लीड स्क्रू में बैक लैश टूल का कारण बनता है। यह CNC मशीन की कोई समस्या नहीं है क्योंकि वे बॉल स्क्रू का उपयोग करते हैं।

पारम्परिक मिलिंग उपकरण को काटने की सतह के खिलाफ रगड़ने का कारण बनता है, पदार्थ को सख्त करने, गर्मी पैदा करने और उपकरण टूट-फूट को बढ़ाने का काम करता है। तैयार सतह के पार रेकिंग चिप्स भी एक खराब सतह उत्पन्न करता है।

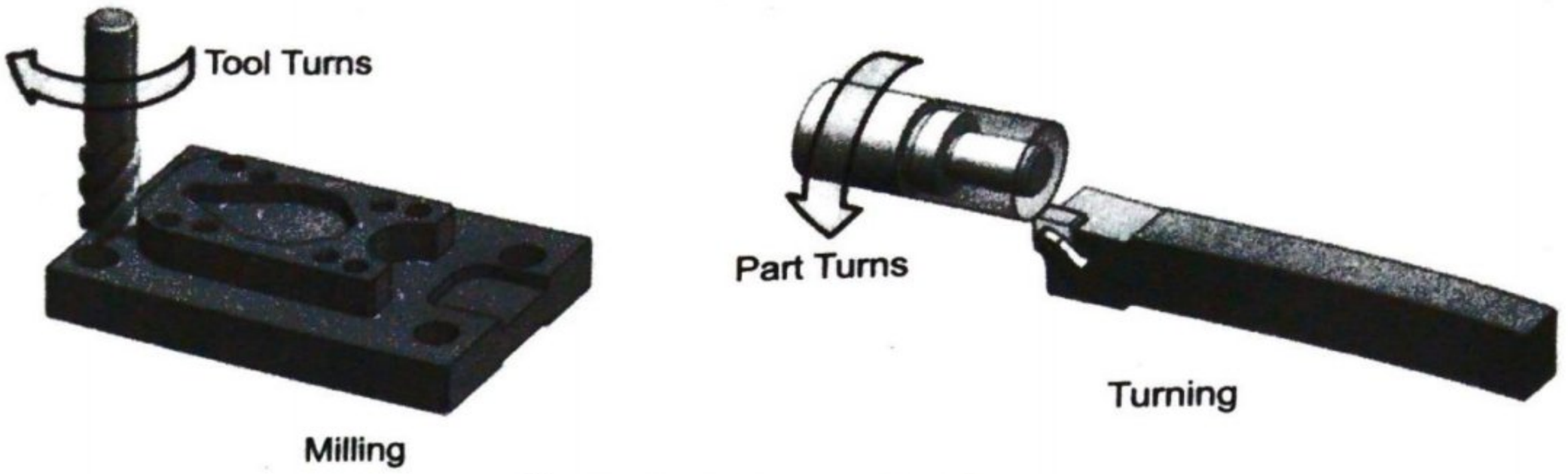
जब तक कि पदार्थ निर्माता द्वारा विशेष रूप से मिलिंग के लिए अनुशंसित नहीं की जाती है, तब तक हमेशा एक CNC मशीन पर Climb Milling का उपयोग करें। Climb Milling से बहुत कम कटाई दबाव और गर्मी पैदा होती है, जिससे एक बेहतर सतह खत्म हो जाती है और उपकरक की आयु भी घटती है।



चित्र 7.13 : Climb vs. Conventional Milling

7.5 सी० एन० सी० टर्निंग

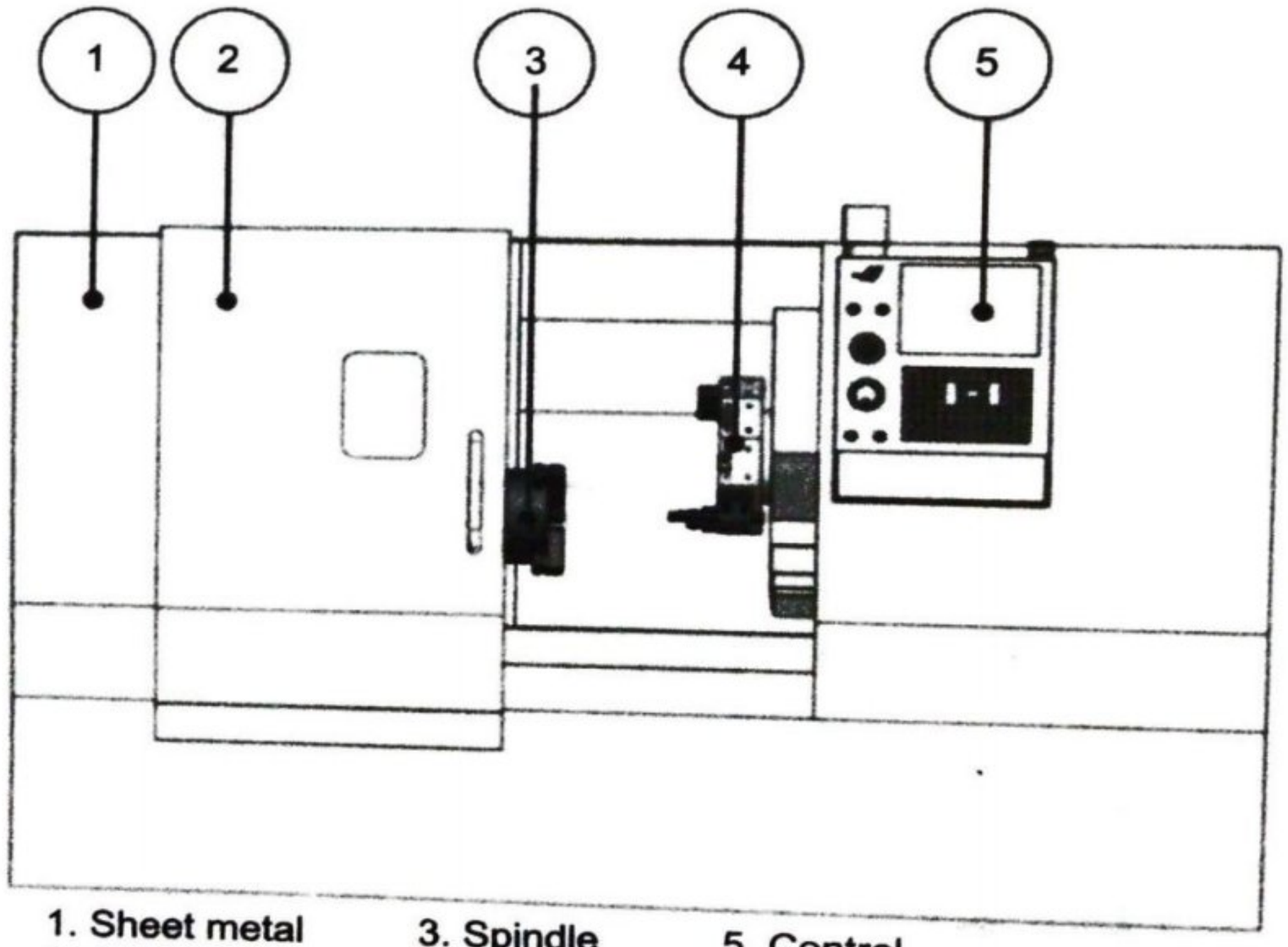
मिलिंग मशीनें एक स्थिर भाग एक कटाई उपकरण को स्थानान्तरित करने का काम करती हैं। Lathes भाग को उपकरण से काटकर काम करते हैं, जिससे उन्हें शाफ्ट, Pins, पुली आदि सुगमता से बनाया जा सकता है।



चित्र 7.14 : Milling vs. Turning

7.6 लेथ अवयय (Lathe Component)

प्रमुख लेथ अवयय (CNC turning centre) को आरेख द्वारा दर्शाया गया है।

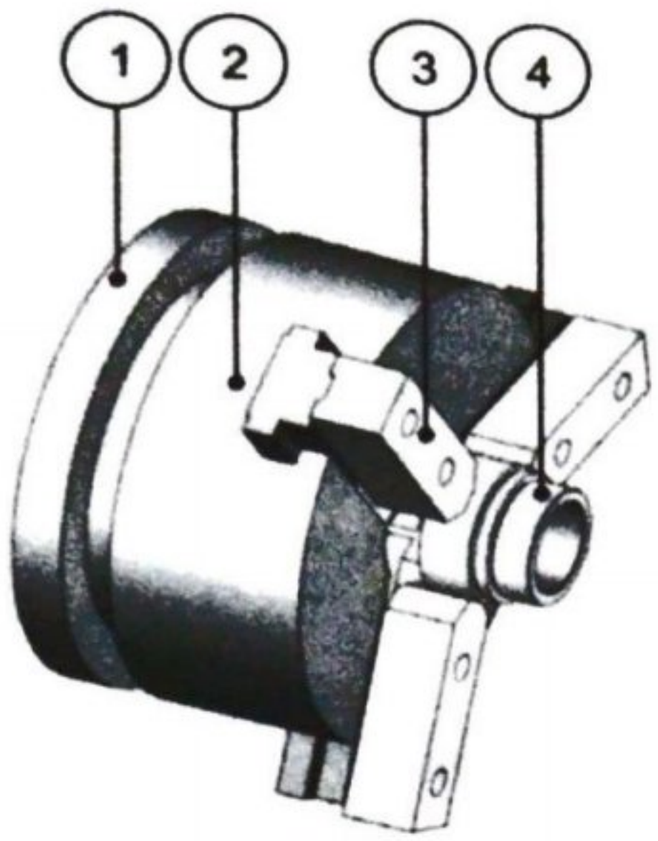


1. Sheet metal
2. Door
3. Spindle
4. Turret
5. Control

चित्र 7.15 : CNC Lathe

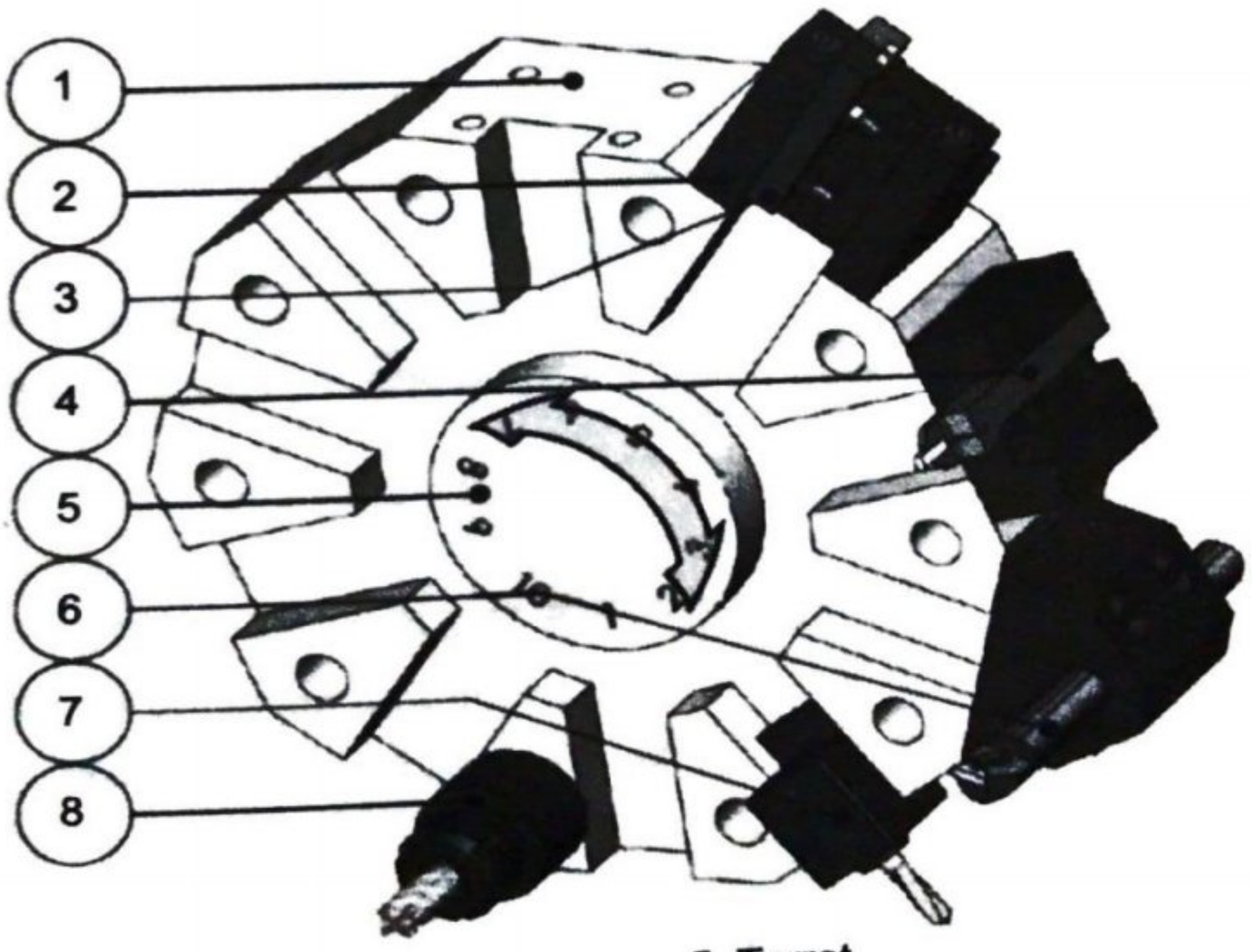
प्रमुख अवयय

1. शीट मेटल (Sheet Metal)
2. डोर (Door)
3. स्पिण्डल (Spindle)
4. टरेट (Turret)
5. कंट्रोल (Control)



1. Spindle 2. Chuck 3. Jaws 4. Part

चित्र 7.16 : Spindle Detail



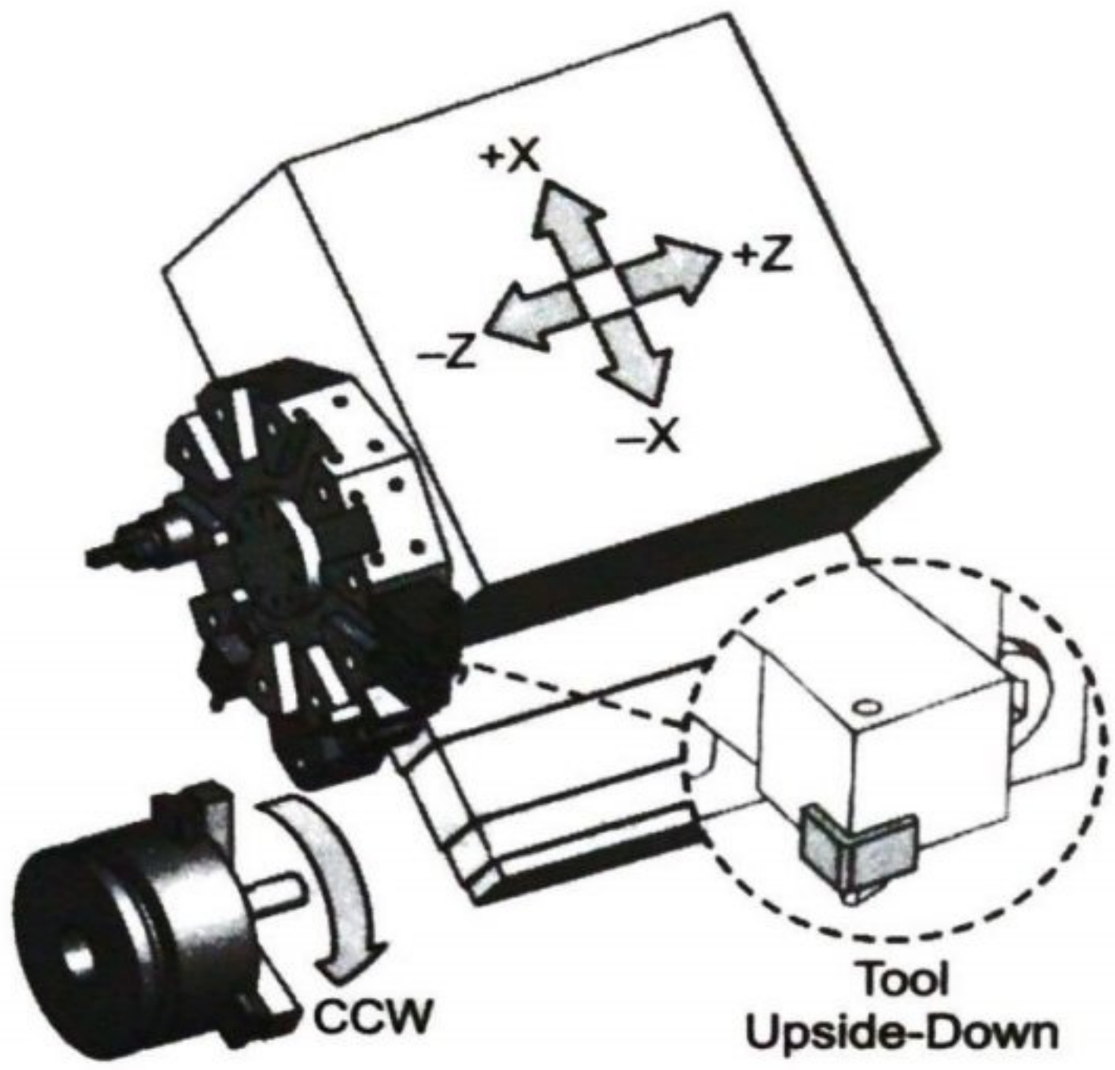
1. Tool Station
2. Toll Block
3. Face/Turn Tool
4. Face Groove Tool
5. Turret
6. Boring Bar Tool
7. Live Tool (Radial Mount)
8. Live Tool (Axial Mount)

चित्र 7.17 : Turret Detail

7.7 लेथ कोआर्डिनेट निकाय (Lathe Coordinate System)

अधिकांश लेथ Z-axis coordinate system पर आधारित है। जैसा कि चित्र में दिखाया गया है, Z-अक्ष मशीन धुरी के समान्तर है और X-अक्ष धुरी के लम्बवत् है। सामान्य स्पिण्डल रोटेशन वामावर्त है हालांकि उचित G-Code को कमान्ड करके मिल की तरह ही बाएँ हाथ के थ्रेड्स के लिए दिशा को उत्तर दिया जा सकता है।

ध्यान दें एक झुकाव पर turret क्षैतिज से कैसे सेट होता है, यह तथाकथित Slant bed विन्यास मशीन के अंदर फ्लैट सतहों पर जमा होने से चिप्स काटता रहता है।



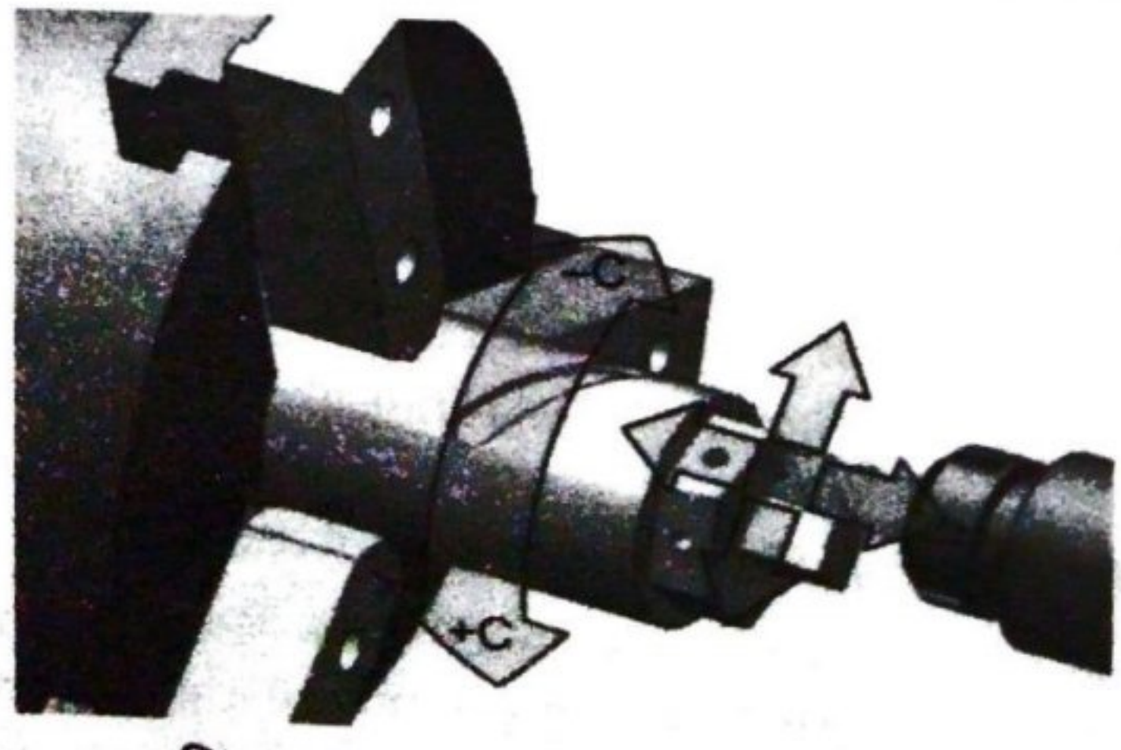
चित्र 7.18 : Lathe Coordinate System

यह भी ध्यान दें कि उपकरण भाग के ऊपर से आता है, इसे upper turret configuration के रूप में जाना जाता है और इसके लिए उपकरण को धारक के ऊपर नीचे रखा जाना चाहिए जैसा कि उपरोक्त चित्र में दिखाया गया है।

7.8 ड्राइवन टूल (Driven Tool)

CNC खराद की एक भिन्नता को मिल-टर्न सेन्टर कहा जाता है। मिलिंग मोड में स्पिण्डल एक रोटरी अक्ष बन जाता है जो face की मिलिंग रेडियल छेद और स्लाट सहित आकृतियाँ बनाने के लिए अन्य अक्षों के साथ रुक सकता है, सूचकांक कर सकता है या सिंक कर सकता है। उदाहरण के लिए चित्र में एक face milling operation को दर्शाया गया है।

X-C अक्ष के टूल के face पर एक चौकोर आकार में स्थानांतरित करने के लिए समन्वित किया जाता है।

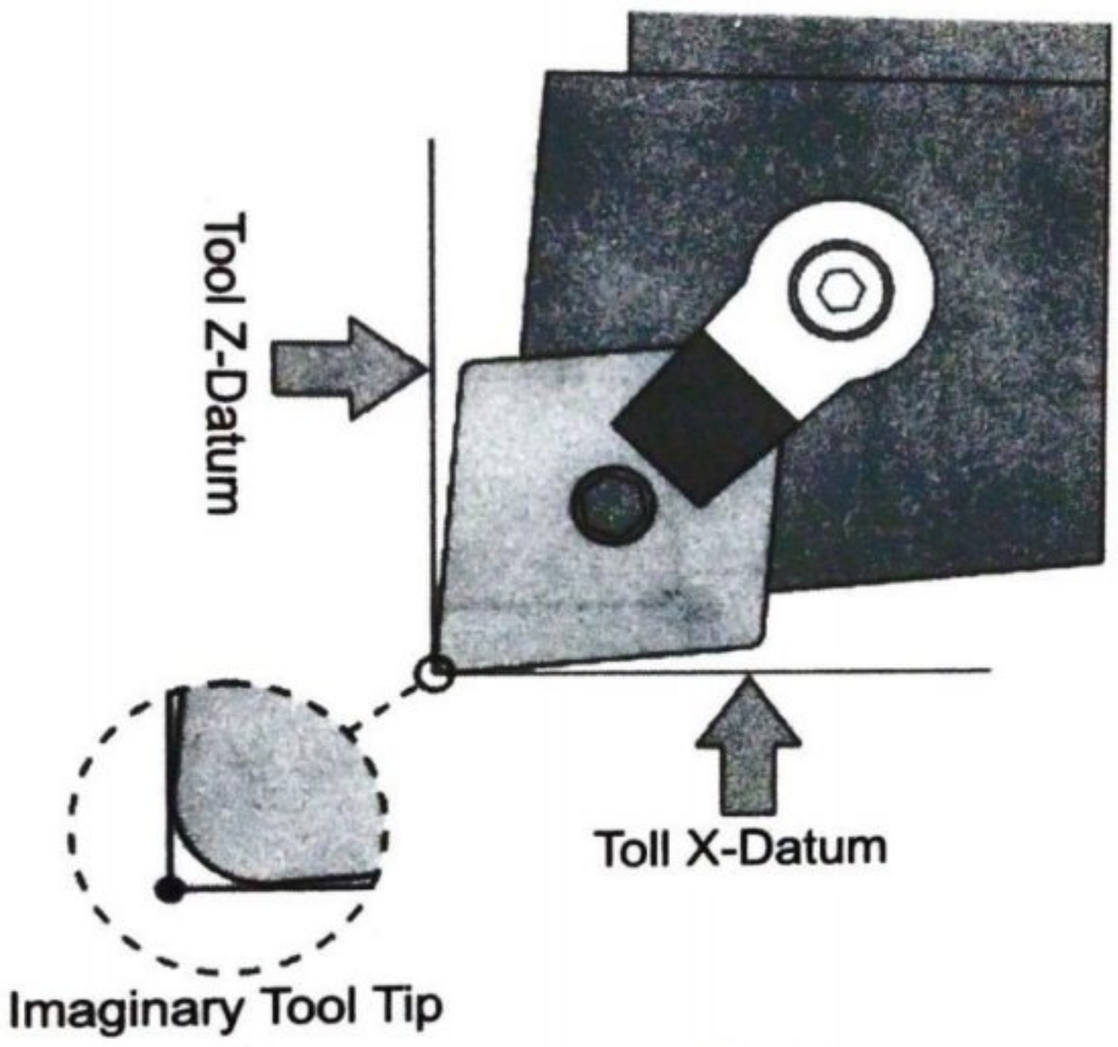


चित्र 7.19 : Driven Tool Machining

7.9 अवास्तविक टूल टिप (Imaginary Tool Tip)

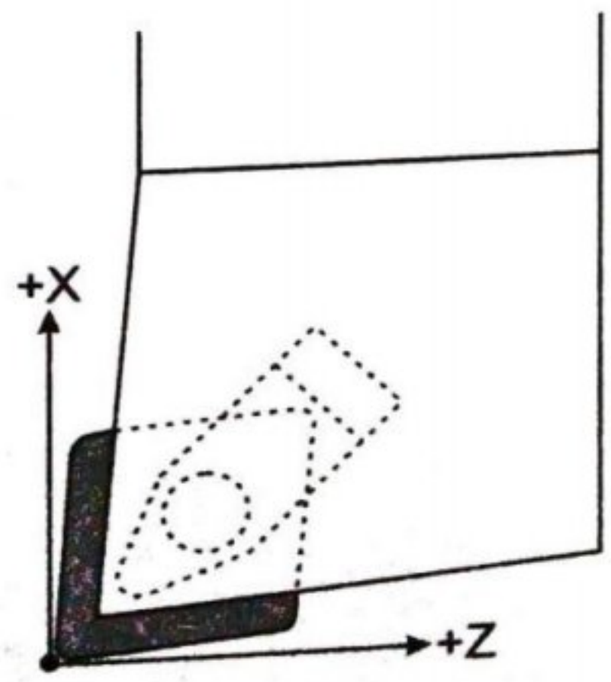
काल्पनिक उपकरण टिप वह है जहाँ उपकरण केन्द्र के किनारे खड़ी और क्षैतिज रेखाएँ स्पर्श रेखा की ओर होती है यह बिन्दु भाग 2 और X दिशाओं में उपकरण को छूने या उपकरण जाँच का उपयोग करके पाया जाता है क्योंकि काल्पनिक उपकरण की टिप को बहुत सटीकता के साथ पाया जा सकता है।

इसका उपयोग उपकरण को नियंत्रित करने के लिए किया जाता है हालांकि CAD/CAM साफ्टवेयर या ऑन-कंट्रोल प्रोग्रामिंग करने वाले लगभग सभी कार्यक्रमों के बाद से आपको जटिल खराद उपकरण पथों की गणना करने की आवश्यकता नहीं होगी। प्रोग्रामर भाग प्रोफाइल ज्यामित को इनपुट करता है और नियंत्रण पर सॉफ्टवेयर सभी की गणना करता है। CAP/CAM सॉफ्टवेयर या नियंत्रण सॉफ्टवेयर को इस काम को करने में सहायता करता है।



चित्र 7.20 : Imaginary Tool Tip

काल्पनिक टूल टिप जब एक खराद का प्रोग्रामिंग करते हैं तो काल्पनिक टूल टिप की गति के संदर्भ में सोचे जैसा कि चित्र में दिखाया गया है चित्र 7.21; अधिक सकारात्मक 2-मान उपकरण को दाईं ओर ले जाते हैं अधिक सकारात्मक एक्स मान उपकरण को भाग से दूर ले जाते हैं।

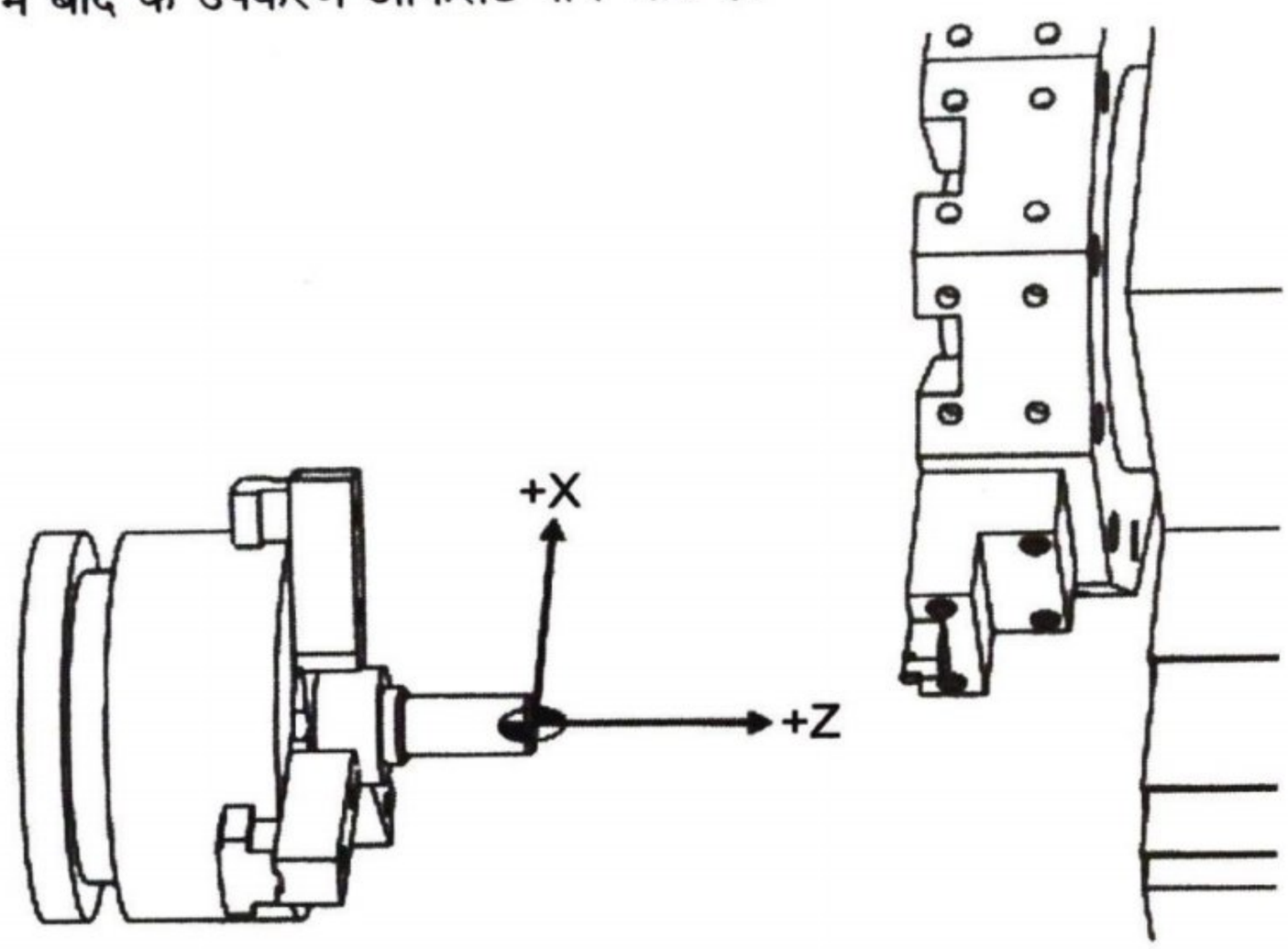


चित्र 7.21 : Tool Motion

7.10 पार्ट डेटम (Part Datum)

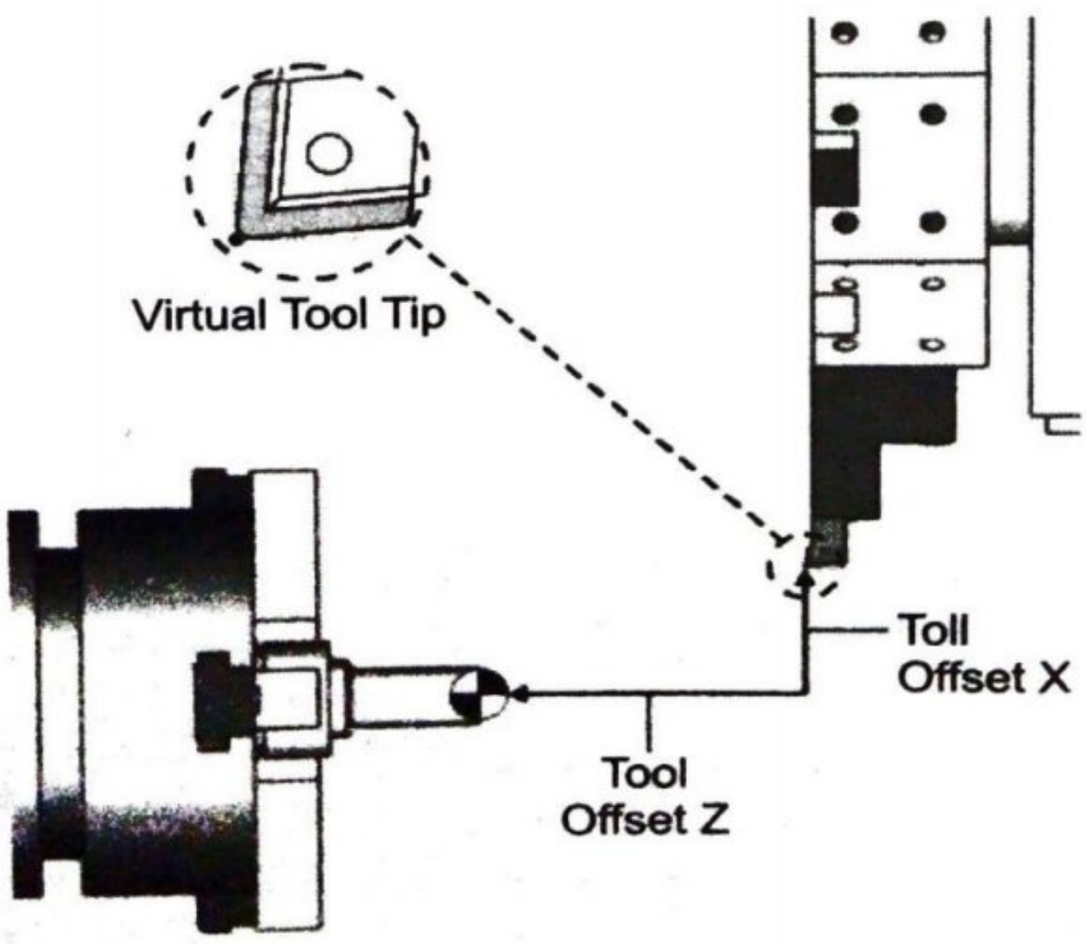
पार्ट डेटम आमतौर पर तैयार भाग के केन्द्र फ्लक के रूप में सेट किया जाता है जैसा कि नीचे चित्र 7.22 में दिखाया गया है।

खराद उपकरण में दो टूल ऑफसेट होते हैं Z और X जो फ्लक की स्थिति में काल्पनिक टूल टिप से पार्ट डेटम तक की दूरी है। खराद उपकरण ऑफसेट सेट करने के दो तरीके हैं पहले में एक छोटा-सा कट (ट्राइकट) बनाना शामिल है। इन फ्लक के सन्दर्भ में बाद के उपकरण ऑफसेट पाये जाते हैं।



चित्र 7.22 : Part Datum

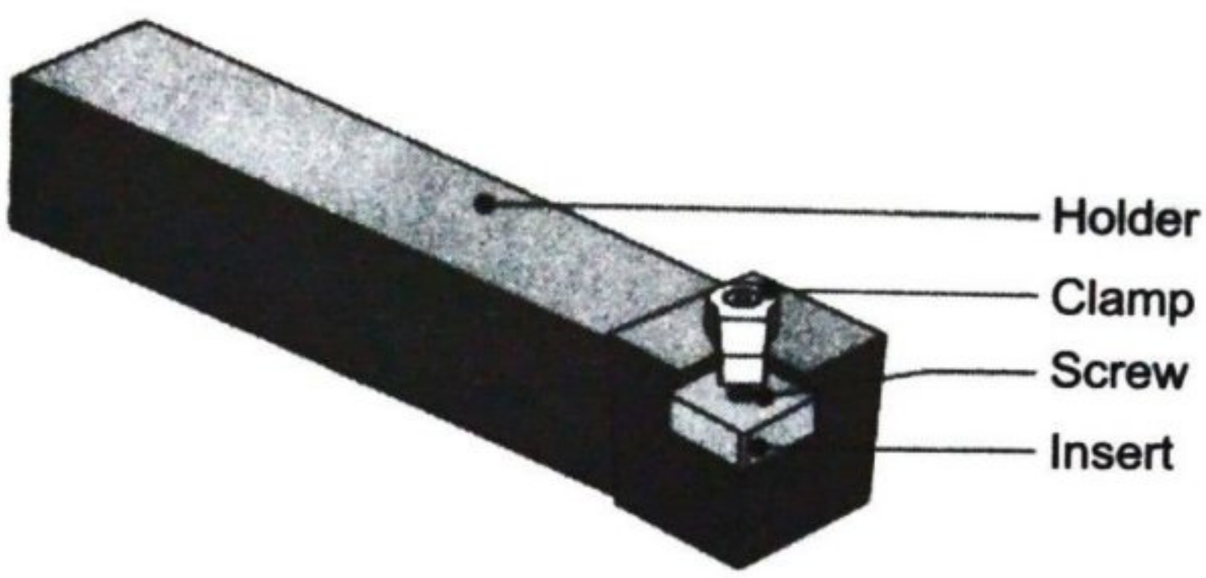
कई लेथों में अब मानक या वैकल्पिक उपकरण के रूप में एक उपकरण जाँच शामिल है। कृपया अपने मशीन और इसके विकल्पों के बारे में विशिष्ट निर्देशों के लिए अपने मशीन प्रलेखन का संदर्भ लें।



चित्र 7.23 : Tool Offsets

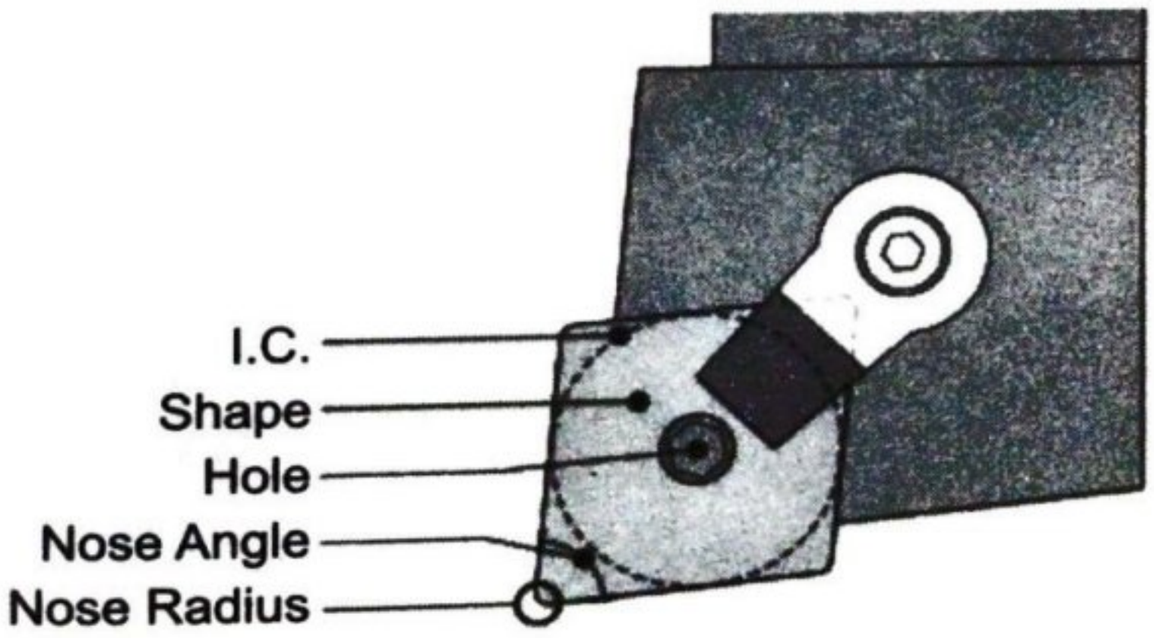
7.11 लेथ टूल होलडर्स (Typical Lathe Tool Holder)

लेथ कुछ ऐसे ही टूल का उपयोग करता है जो मिलिंग उपयोग करते हैं, जिसमें स्पॉट ड्रिल, ड्रिल और टैप शामिल हैं। अधिकांश टूल कार्बाइड अवशोषण का उपयोग करके किया जाता है। Holder को पकड़ लिया जाता है जो बाद में खराद टूल से टकराते हैं। चित्र 7.2 देखें। चित्र 7.29 में एक विशिष्ट आवेषण धारक दिखता है। यह बाएँ हाथ का धारक है क्योंकि टूल कटिंग एज बाईं ओर से ऊपर की ओर दिखने वाले के इंगित करता है जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।



चित्र 7.24 : Typical Lathe Tool Holder

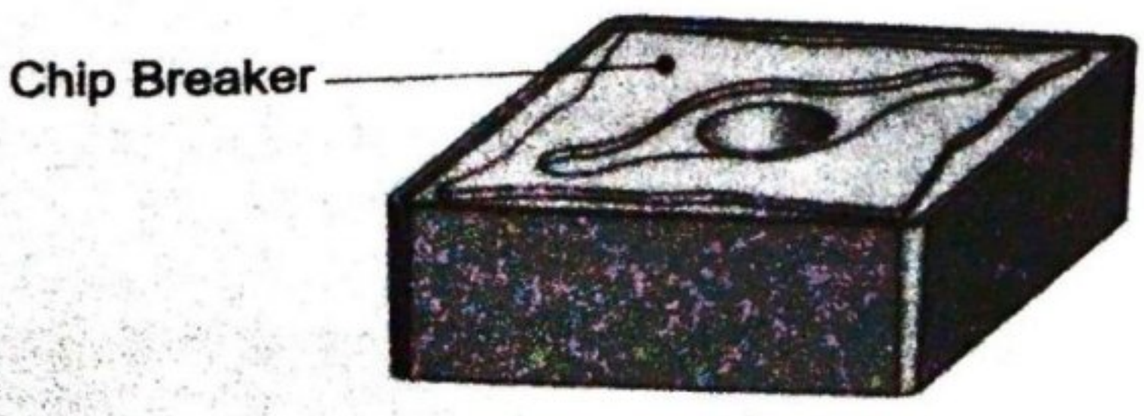
कार्बाइड आवेषण सटीकता और उच्च सामग्री हटाने की दर को प्राप्त करने के लिए अत्यधिक मिश्रित संरचनाओं, कोटिंग्स और ज्यामिति सुविधाओं को रोजगार देते हैं जब कुछ परत चढ़ा जाता है तो कुछ आवेषणों को अन्य किनारों का उपयोग करने के लिए अनुक्रमित किया जा सकता है। मशीन में इसंर्ट जल्दी और आसानी से बदल सकते हैं।



चित्र 7.25 : Insert Terms

चिप ब्रेकर (Chip Breaker)

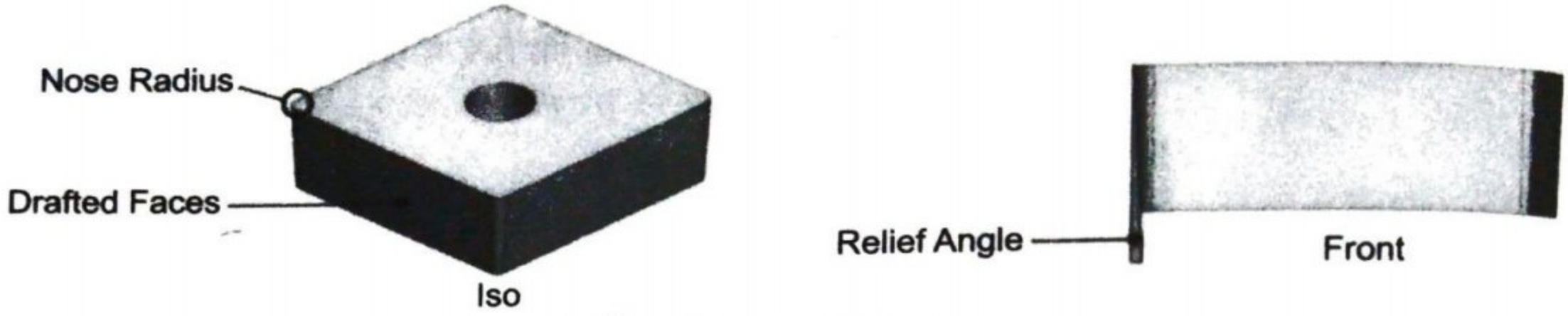
चिप ब्रेकर टूल की एक विशेषता होती है। जो चिप्स के प्रवाह को बाधित करता है जिससे कि वे लंबे, कठोर चिप बनाने के बजाय छोटे खंडों में चिप्स का निर्माण करते हैं।



चित्र 7.26 : Chip Breaker

रिलिफ एंगल (Relief Angle)

अधिकांश टूल में दीवारों पर Face का मसौदा तैयार किया है। इसे रिलीफ एंगल कहा जाता है। Relief Angle पदार्थ की दीवारों को अन्य भाग के खिलाफ रगड़ने से रोकती है।

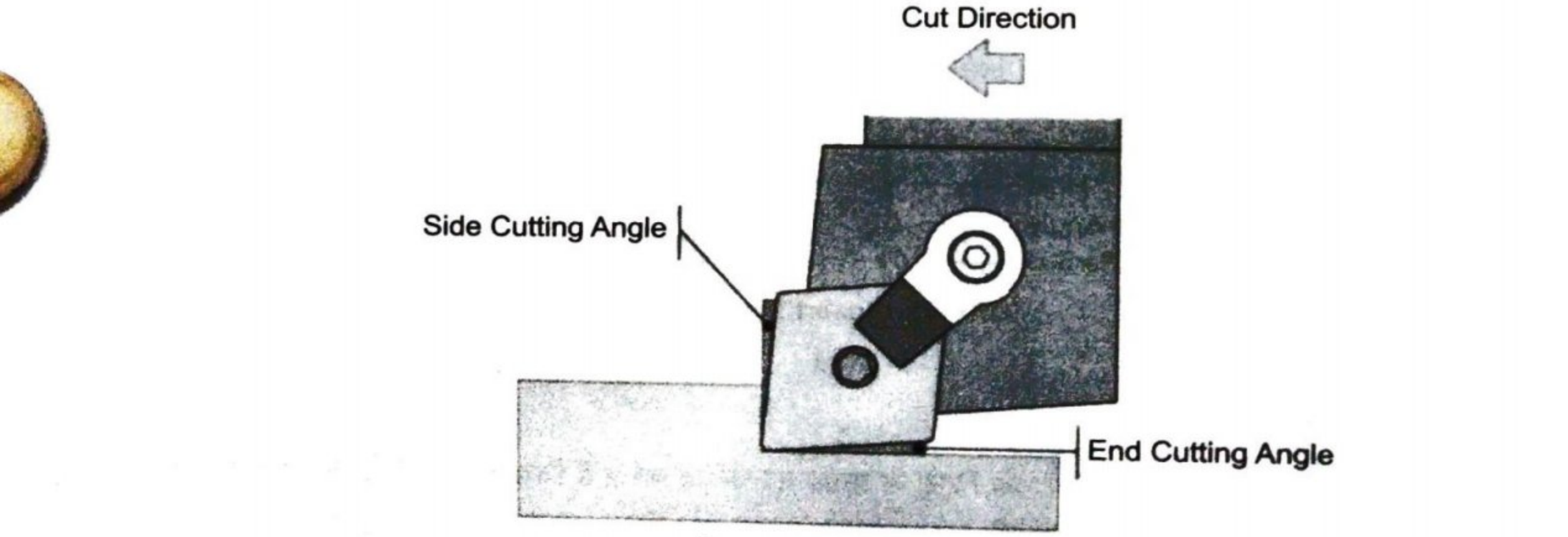


चित्र 7.27 : Relief Angle

कटिंग एंगल (Cutting Angle)

कोण कटिंग दिशा में उपकरण का किनारा कट दिशा के लिए लंबवत् रेखा के साथ एक कोण बनाता है इसे साइड कटिंग एंगल कहा जाता है। अनुगामी किनारे और कट दिशा के समानान्तर स्थिर कोण को अंत कटिंग कोण कहा जाता है।

इन कोणों का उद्देश्य उपकरण और कार्यखण्ड के टुकड़े के बीच उचित निकासी प्रदान करना है। उदाहरण चित्र 7.28 में दिखाया गया है। 80 डिग्री का प्रवेश कठोर है और पर्याप्त साइड एंड कटिंग एंगल फेसिंग और रफ टर्निंग ऑपरेशंस हैं हालांकि टूल और होल्डर के लिए टूल साइड और क्लीयरेस प्रदान करने के लिए कॉम्पलेक्स कंट्रोवर्स को 55 या 30 डिग्री इंसर्ट की आवश्यकता हो सकती है।

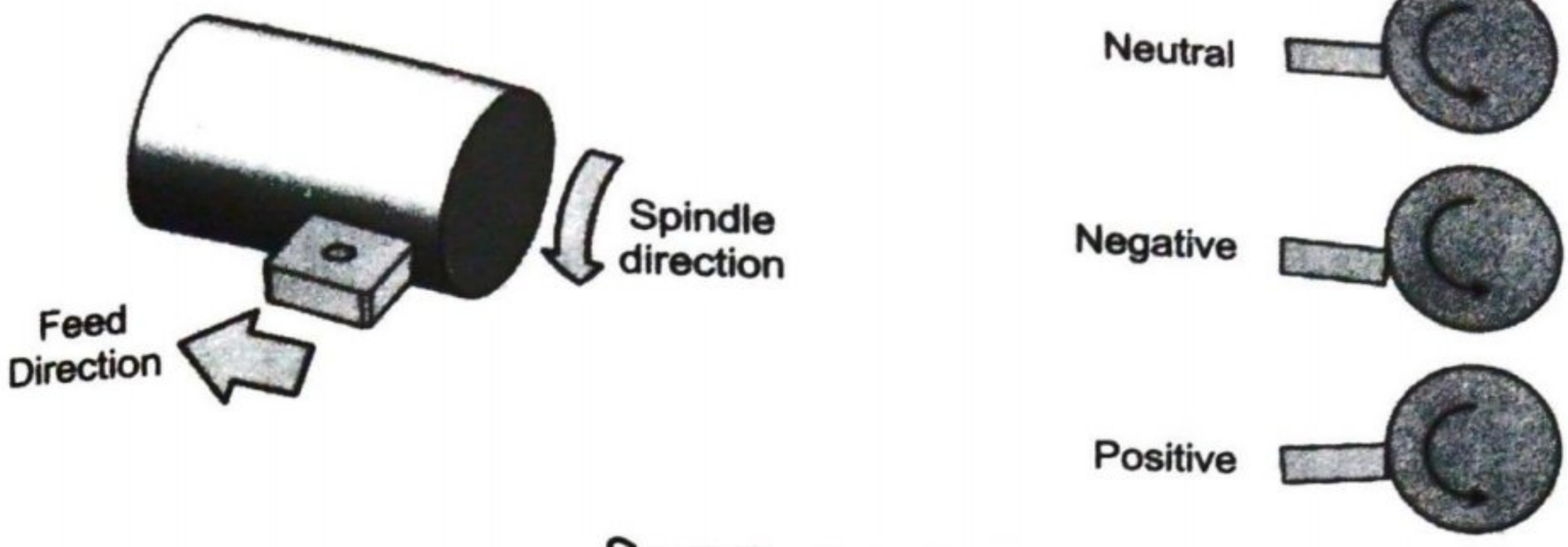


चित्र 7.28 : Cutting Angles

कठोर दीवारों को उत्कीर्ण करने के लिए एक गोल या स्लॉट उपकरण की आवश्यकता हो सकती है।

रेक एंगल (Rake Angle)

रेक कोण के कार्यखण्ड के Face से मापा जाता है जो चिप की दिशा को नियंत्रित करने और दबाव को काटने में मदद करता है।



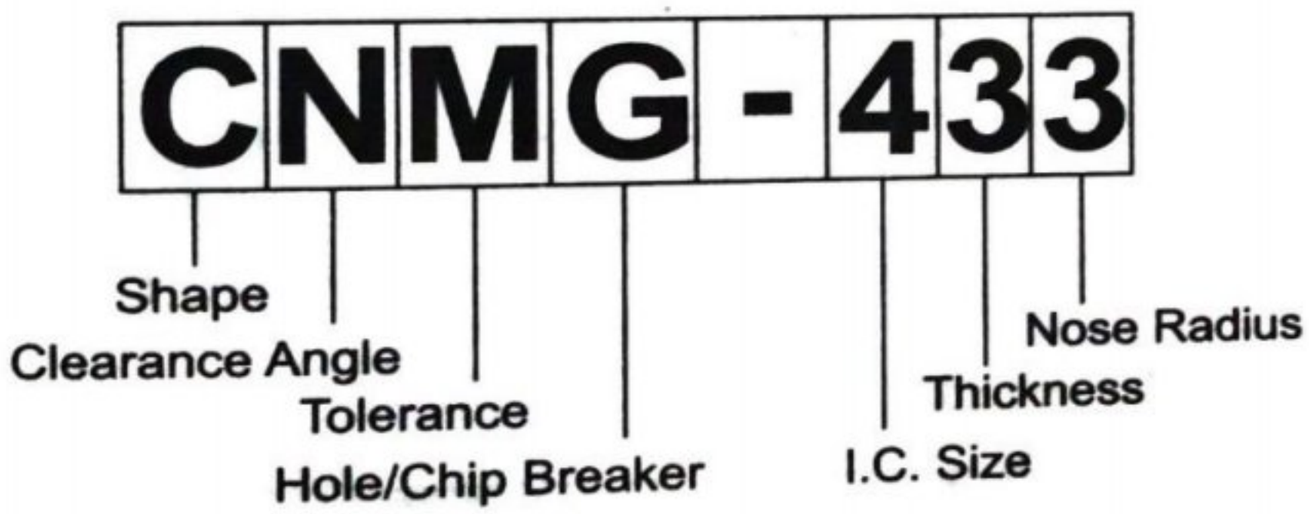
चित्र 7.29 : Rake Angle

7.12 कार्बाइड इनर्सट डिजाइनेशन

कार्बाइड आवेषण संख्याओं और अक्षरों की कोडिंग प्रणाली का उपयोग करते हैं उनका आकार/आयाम और महत्वपूर्ण पैरामीटर।

उदाहरण के लिए—आँकड़े चित्र 11-18 में दिखाए गए हैं।

CNMG—933



चित्र 7.30 : Carbide Insert Designation

Shape (CNMG—433)

कार्बाइड आवेषण के कम-से-कम 18 अलग-अलग आकार हैं जिसका सबसे अधिक उपयोग किया जाता है। तालिका में उनके पत्र पदनाम के साथ दिखाया गया है।

इस पदनाम में कोण उपकरण के कटिंग त्रिज्या को प्रेरित नली कोण को संदर्भित करता है।

Table 7.1 : Common Insert Shape Codes

Shape		
T	Triangle	
S	Square	

C	80 degree diamond	
D	55 degree diamond	
V	35 degree diamond	
R	Round	

Clearance Angle (CNMG—433) क्लीयरेंस एंगल

क्लीयरेंस कोण मशीनिंग के दौरान संपर्क सामग्री के चेहरे पर मसौदा है।

Table. 7.2 : Common Insert Clearance Angles

Designation	Clearance Angle
N	0 Degrees (No Draft)
A	3 Degrees
B	5 Degrees
C	7 Degrees
P	11 Degrees

टालरेंस (Tolerance) (CNMG—433)

यह आवेषण के आयामी आकार में कितनी भिन्नता को प्रदर्शित करता है। इस पैरामीटर के साथ वर्णित टालरेंस में कोने बिन्दु (नाक त्रिज्या), मोटाई और आई सी टेबल 7.3 में विशिष्ट सहिष्णुता दिखायी गयी है।

Table 7.3 : Typical Insert Tolerance (Inch)

Designation	Cornerpoint	Thickness	I.C.
M	0.002-0.005	0.005	0.002-0.005
G	0.001	0.005	0.001
E	0.001	0.001	0.001
K	0.0005	0.001	0.002-0.005

होल/चिप ब्रेकर (CNMG—433) Hole/Chip Breaker

होल/चिप ब्रेकर पदनाम एक पद के साथ दोनों विशेषताओं का वर्णन करता है। इन्सर्ट और टूल होल्डर का छेद मैच होना चाहिए।

Table 7.4 : Common Insert Hole/Chip Breaker Configurations

Designation	Hole Shape	Chipbreaker Type
G	Cylindrical	Single-sided
W	40-60 deg, double c-sink	None
R	None	Single-sided
T	40-60 deg, double c-sink	Single-sided
P	Cylindrical	Hi-double positive
Z	Cylindrical	Single-sided

I.C. साइज (CNMG)—I.C. Size

आवेषण एक सम्मिलित सर्किल के व्यास द्वारा मापा जाता है।

I.C. की रेंज 0.625" से 1.25" तक है तालिका 7.5 उन आकारों को सूचीबद्ध है।

जिनका हम सबसे अधिक उपयोग करते हैं।

Table 7.5 : Common Inscribed Circle Sizes

Designation	Decimal (inch)	Fractional (inch)
3	0.375	3/8
4	0.500	1/2

थिकनेस (CNMG-433) Thickness

Table 7.6 : Common Inscribed Circle Sizes

Designation	Decimal (inch)	Fractional (inch)
3	0.187	3/16
4	0.250	1/4

Nose Radius (CNMG—433)–नोज रेडियस

इन्ट्रस्ट कटिंग नोज रेडियस

Table 7.7 : Common Inscribed

Designation	Decimal (inch)	Fractional (inch)
1	0.016	1/64
2	0.031	1/32
4	0.047	3/64

इन तालिकाओं में सम्मिलित आकृतियाँ, आकार और पदनाम बस कुछ ही उपलब्ध हैं। किसी भी खराद उपकरण सूची या निर्माताओं की वेबसाइट पर और अधिक दिखाएगा।

7.13 Lathe Tool Types लेथ टूल टाइप

निम्नलिखित सबसे सामान्य खराद विशिष्ट उपकरण प्रकारों की एक सूची है हालांकि ये सबसे आम प्रकार हैं जिनका आप उपयोग करने की सम्भावना रखते हैं, वे केवल कुछ ही संसाधनों का प्रतिनिधित्व करते हैं जो उपलब्ध हैं।

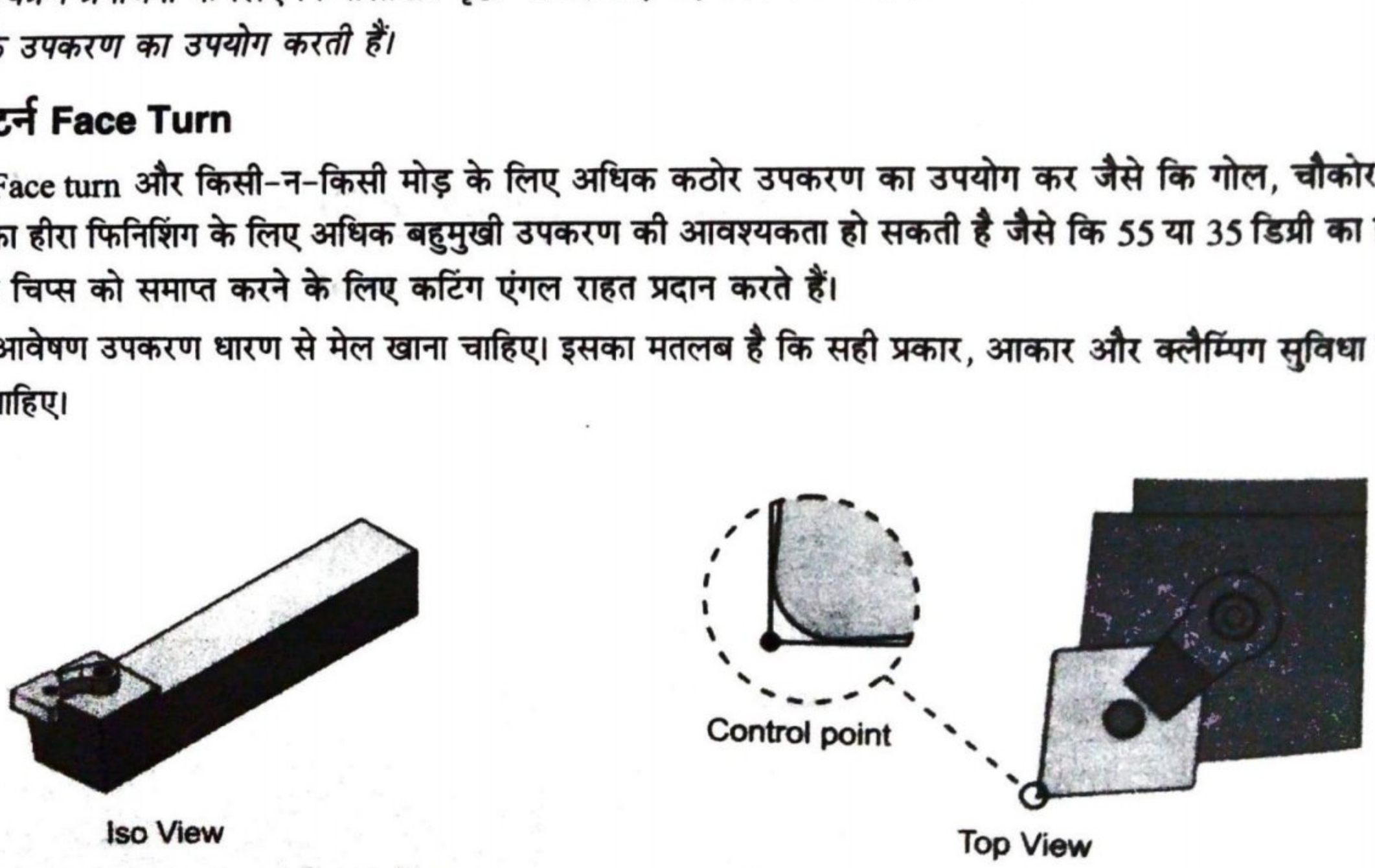
Note—

चित्रण प्रयोजनों के लिए निम्नलिखित पृष्ठों पर दिखाए गए उपकरण बाएँ हाथ के हैं। ऊपरी वर्ज मशीनें ज्यादातर दाएँ हाथ के उपकरण का उपयोग करती हैं।

फेस टर्न Face Turn

Face turn और किसी-न-किसी मोड़ के लिए अधिक कठोर उपकरण का उपयोग कर जैसे कि गोल, चौकोर या 80 डिग्री का हीरा फिनिशिंग के लिए अधिक बहुमुखी उपकरण की आवश्यकता हो सकती है जैसे कि 55 या 35 डिग्री का हीरा। ये अधिक चिप्स को समाप्त करने के लिए कटिंग एंगल राहत प्रदान करते हैं।

आवेषण उपकरण धारण से मेल खाना चाहिए। इसका मतलब है कि सही प्रकार, आकार और क्लैम्पिंग सुविधा दोनों में होना चाहिए।



चित्र 7.31 : Face/Turn Tool (Left Hand)

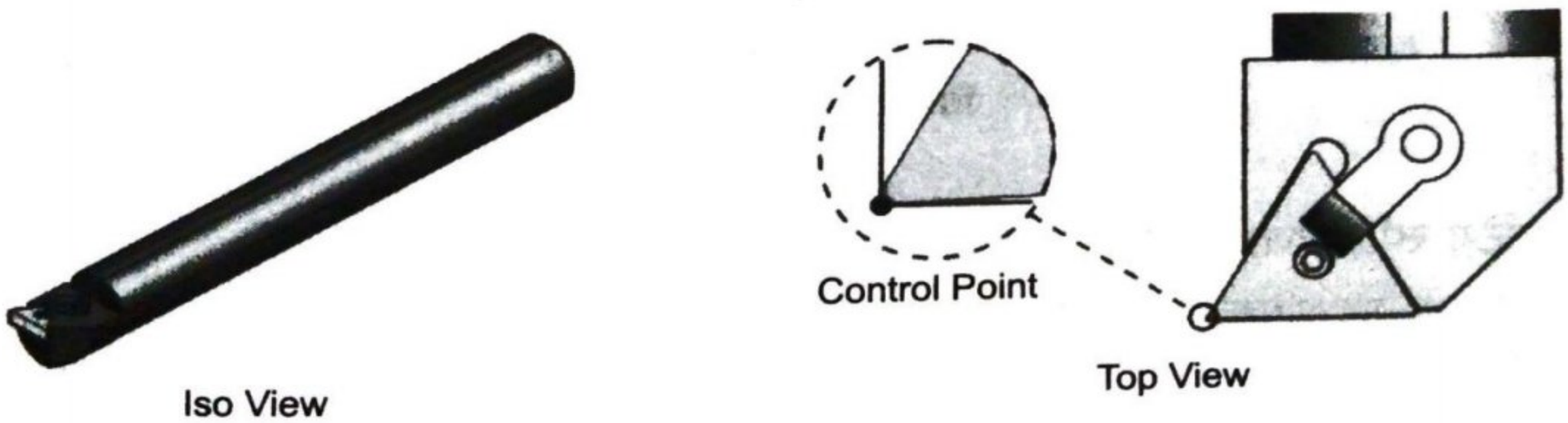
ग्रूव (Groove)

ग्रूव टूल का वर्गीकरण पार्ट द्वारा उनके चौड़ाई एवं कॉर्नर रेडियस द्वारा किया जाता है। हालांकि इसका उपयोग ज्यादातर खाँचे वाले फीचर्स बनाने के लिए किया जाता है, जैसे कि ओ-रिंग या स्नैप रिंग कट। इन पीढ़ियों का उपयोग रफ एण्ड फिनिश कंटूरिंग ऑपरेशन्स के लिए किया जा सकता है। हालांकि सभी रफिंग और फिनिशिंग के लिए सबसे अच्छा विकल्प नहीं है, वे उन क्षेत्रों में अच्छी तरह से काम करते हैं जहाँ एक हीरा या अन्य आकार आसानी से फिट नहीं हो सकता है। इसके अलावा, कई प्रकार के खांचे उपकरण होने के कारण, कई प्रकार के धारक हैं जो ज्यादातर कट दिशा पर निर्भर करते हैं। उदाहरण के लिए OD, 1D और Face groove के लिए ग्रूव होल्डर है और ये सभी लेफ्ट हैंड या राइड हैंड मॉडल में उपलब्ध हैं।

चित्र 7.32 : Groove Tool (Left Hand)

बोर (Bore)

सटीक छेद अक्सर बोरिंग बार उपकरण मशीन स्पिण्डल के समानांतर लगाए जाते हैं उन्हें बोर को सुरक्षित रूप से प्रवेश करने और बोर से बाहर निकलने की अनुमति देने के लिए बड़े हिस्से में एक छेद की आवश्यकता होती है।



चित्र 7.33 : Boring Bar (Left Hand)

थ्रेड (Thread)

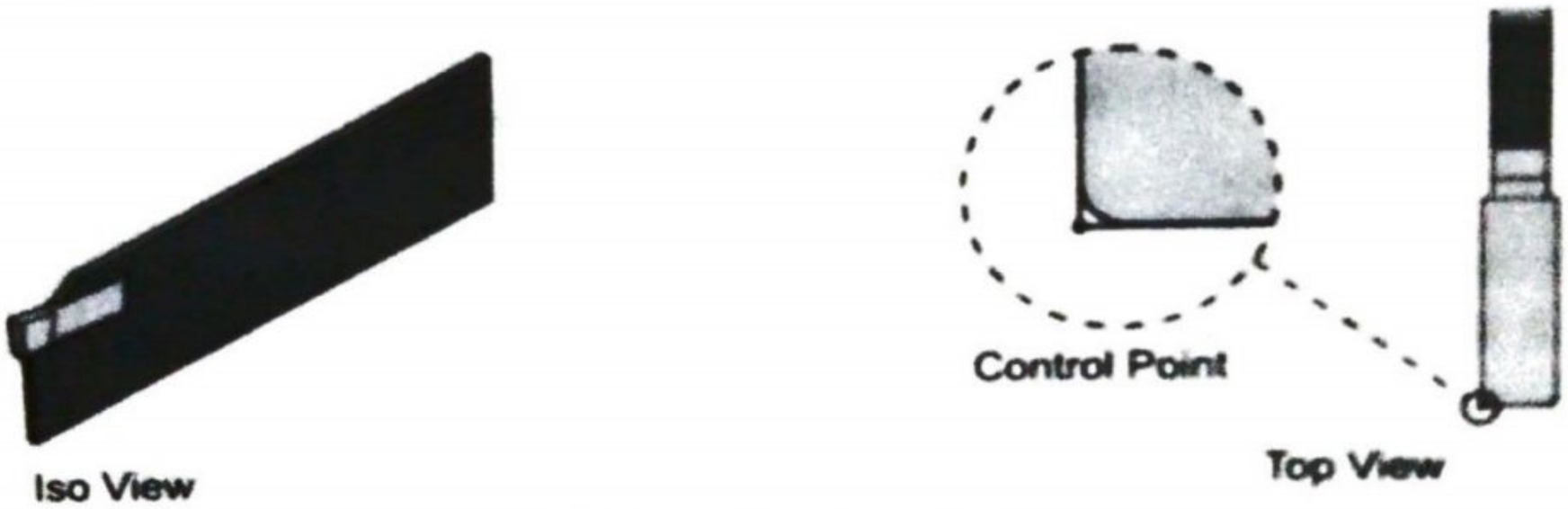
एक इंच व्यास तक के मध्य भाग में टेप का उपयोग करके बनाया जा सकता है। बड़ी ID थ्रेडस् और सभी ID थ्रेडस् सम्मिलित का उपयोग करते हैं। थ्रेड टूल 2 और *X* में थ्रेड नॉइंट के सिरे पर से होते हैं।

दो पार्ट के किनारे पर टच करके सेट किया जाता है, और फिर इस किनारे से थ्रेड पाइंट के सिरे तक की दूरी को ध्यान में रखते हुए, एक दूरी शामिल की जाती है। प्रविष्टि दस्तावेज में उचित आकार और फिट (थ्रेड क्लास) प्राप्त करने के लिए समायोजित थ्रेड के लिए थ्रेड और एक्स ऑफसेट की जाँच के लिए अक्सर एक थ्रेड गेज का उपयोग किया जाता है।

चित्र 7.34 : OD Thread Tool (Left Handed)

कट ऑफ

एक बार हिस्सा खत्म हो जाने के बाद यह आमतौर पर अलग हो जाता है, एक कटऑफ टूल एक विशेष प्रकार का टूल है जिसे गहरे कट लेने के लिए डिजाइन किया गया है। कटऑफ टूल्स को उनकी चौड़ाई और अधिकतम कटिंग गहराई में भाग में वर्गीकृत किया गया है। कटऑफ टूल का ब्लेड आकार इसे एक खांचे उपकरण की तुलना में सामग्री में गहराई में कटौती करने की अनुमति देता है। यह आकार उस अक्ष को सीमित करता है जो टूल सामना कर सकता है।



चित्र 7.35 : Cutoff Tool

7.14 कटिंग स्पीड एण्ड फीड्स

उपकरण के लिए अधिकतम कार्य व्यास के आधार पर गति और फीड की गणना की जाती है। मिलों के लिए समान गति सूत्र का प्रयोग करते हैं—

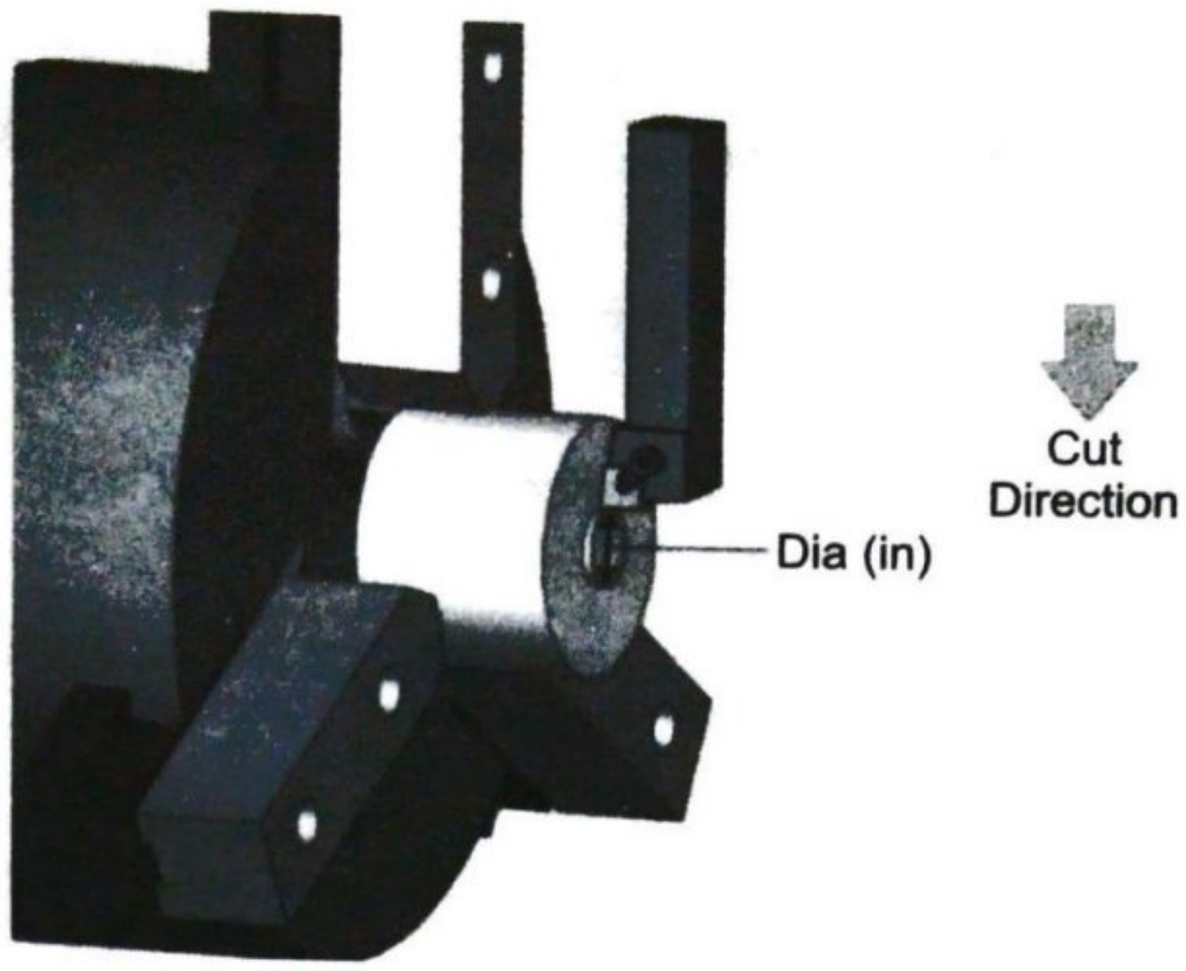
$$\text{Speed}\left(\frac{\text{rev}}{\text{min}}\right) = \frac{\text{SFM}\left(\frac{\text{ft}}{\text{min}}\right) \times 3.82}{\text{Dia (in)}}$$

स्पीड मशीन स्पिण्डल का RPM है, (पार्ट कितनी तेजी से घुमता है)।

SFM सम्मिलित निर्माताओं की सिफारिश और काटने की स्थिति के आधार पर प्रति मिनट धृतल फीट है।

3.82—एक स्थिरांक है जो सतह से व्यास प्रति मिनट कार्य व्यास से सम्बन्धित है।

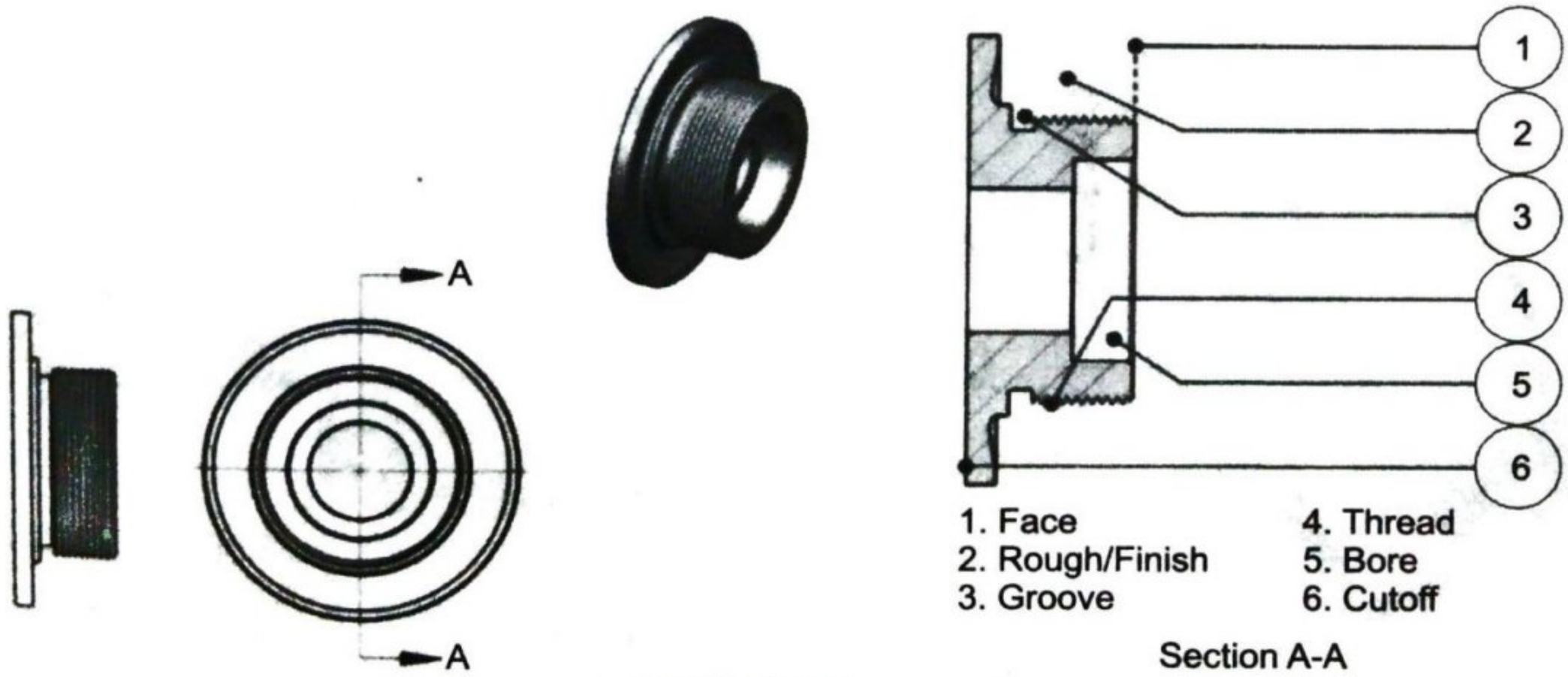
Dia—उपकरण का व्यास है जब यह पहली बार सामग्री संलग्न करता है।



चित्र 7.36 : Facing Tool Engaging Material

7.15 लेथ स्टेप और प्रोग्रामिंग उदाहरण

खराद उपकरण पथों को पेश करने के लिए निम्नलिखित पृष्ठों पर निम्नलिखित भाग का उपयोग किया जाता है। यह उदाहरण सामान्य रूप से प्रक्रियाओं से सम्बंधित है, इसलिए सामग्री और आयाम अब महत्वपूर्ण नहीं है।



चित्र 7.37 : Example Lathe Part and Features

1. फेस (Face) : फेसिंग पर पहला लेथ ऑपरेशन होता है। यह अन्य उपकरणों के सेट के लिए एक ज्ञात स्थान और चेहरे की ड्रिलिंग के लिए एक सपाट सतह प्रदान करता है। क्योंकि Stock लम्बाई में भिन्न हो सकता है, कम-से-कम एक खुरदरा और फिनिशिंग Face का सामना करना एक आम बात है।

2. रफ/फिनिश : खराद रफिंग का लक्ष्य अतिरिक्त सामग्री को यथासंभव कुशलता से निकलता है, आदर्श रूप से फिनिश टूल के लिए सामग्री की निरंतर मोटाई को छोड़कर/फिनिश टूल पाथ अन्तिम आकार और सतह खत्म निर्धारित करते हैं।

3. ग्रुव (Groove) **:** ग्रूव्स में कई कॉन्फिगरेशन होते हैं लेकिन अधिकांश में नीचे और ऊपर की तरह सीधी दीवारें और कार्नर होती हैं जो ग्रुव टूल के साथ बनाई जाती है।

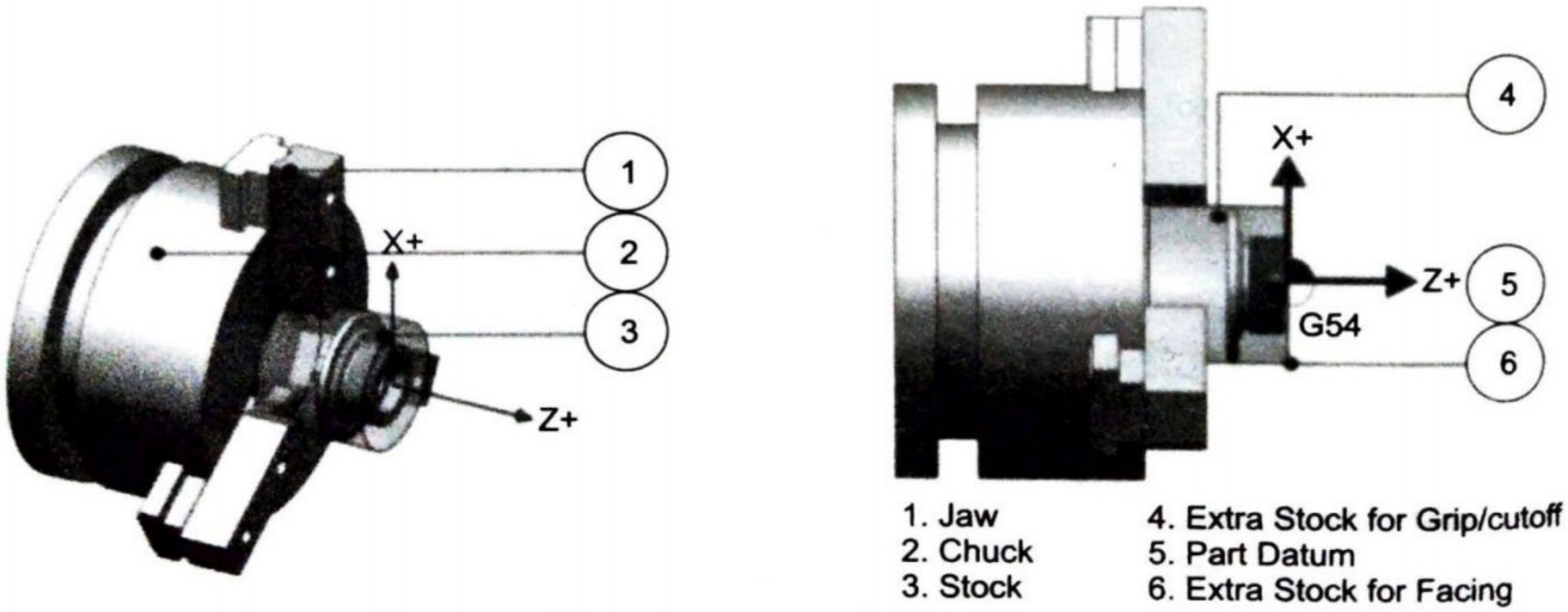
4. थ्रेड (Thread) **:** एक खराद पर धागे आमतौर पर एक विशेष थ्रेड टूल के साथ बनाए जाते हैं भाग के केन्द्र माध्यम से छोटे व्यास के धागे को एक मिल की तरह, एक नल के साथ काटा जा सकता है।

5. बोर (Bore) **:** बोर में निकासी छेद ड्रिल किया जा सकता है। छोटे बोर छेदों को फिर से लगाया जा सकता है, लेकिन आमतौर पर एक बोरिंग बार टूल के साथ समाप्त होता है।

6. कट ऑफ (Cut off) : अंतिम ऑपरेशन कट ऑफ है यह भाग के बाहरी किनारे पर एक कक्ष या त्रिज्या भी लगा सकता है एक बार स्टॉक से दूर हो जाने पर भाग को मशीन के तल में गिरने की अनुमति दी जाती है। हालांकि कई भागों में एक हिस्सा पकड़ने वाला ढलान शामिल होता है जो कटऑफ के दौरान फैलता है। भाग इस ढलान पर पड़ता है और ऑपरेटर को पुनः प्राप्त करने के लिए टूल में रोल करता है।

सेटअप (Set Up) :

सेटअप हिस्सा कठोर जबड़े, कोमल जबड़े या Collect में जकड़ा हुआ है। पार्ट डेटम आमतौर पर तैयार भाग का केन्द्र चेहरा होता है। भाग को सुरक्षित रूप से पकड़ने के लिए पर्याप्त अतिरिक्त स्टॉक प्रदान करें। कटऑफ टूल के लिए मंजूरी प्रदान करते समय भाग के पीछे के हिस्से को जबड़े के करीब होना चाहिए।



1. Jaw
2. Chuck
3. Stock
4. Extra Stock for Grip/cutoff
5. Part Datum
6. Extra Stock for Facing

चित्र 7.38 : Typical Lathe Setup

1. Jaws : यदि नरम तरीकों का उपयोग करते हैं तो उन्हें भाग के Tool depo को फिट करने के लिए मशीन प्रयोग करें। जबड़े के पास हिस्से को पकड़ने के लिए पर्याप्त क्लैंपिंग दबाव होना चाहिए। इस बात की एक सीमा है कि जबड़े को सुरक्षित रूप से आगे बढ़ाया जा सकता है। यह जानकारी चक्र प्रलेखन में पाया जाता है।

2. चक Chuck : चक Jaws को सुरक्षित करता है। Chuck में एक छेद बार सामग्री को विस्तार करने की अनुमति देता है एक भाग काट दिए जाने के बाद, जबड़े खोले जाते हैं, स्टॉक खींचा जाता है तब जबड़े बन्द होते हैं। यह स्टॉक दूसरे छोर का

समर्थन किए बिना चक से कितनी दूर तक विस्तरित हो सकता है। इसे और अन्य ऑपरेटिंग सीमाओं के लिए अपनी मशीन और चक प्रलेखन की जाँच किया जाता है।

Warning : एक सीमा है कि स्टॉक दूसरे छोर का समर्थन किए बिना चक से कितनी दूर तक विस्तारित हो सकता है और इस अन्य ऑपरेटिंग सीमाओं के लिए मशीन और चक प्रलेखन की जाँच करे।

3. स्टॉक (Stock) : स्टॉक को 2 और $\times - a \times$ is में अधिक आकार का होना चाहिए ताकि कटऑफ सहित चेहरे और फिनिश टूल चारों ओर से सामग्री को हटा दें।

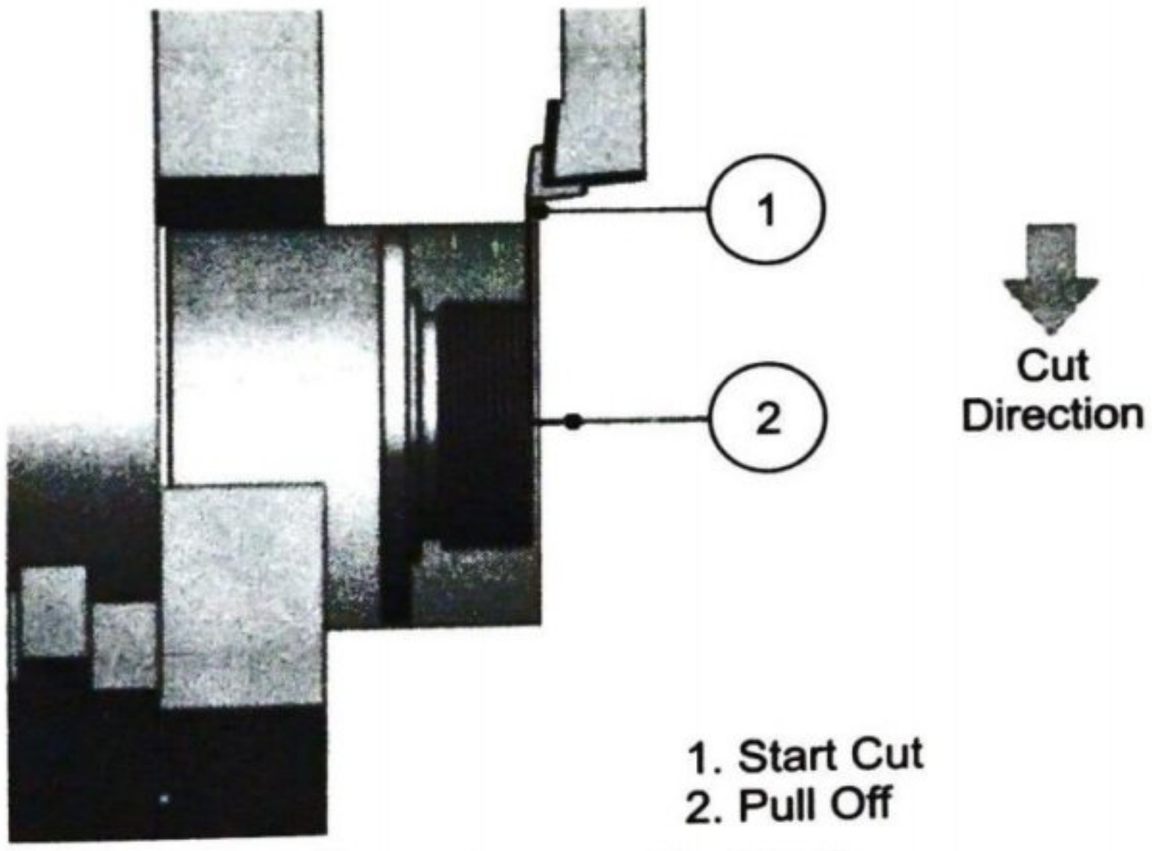
4. ग्रिप / कटऑफ स्टाक : सुनिश्चित करे कि कटऑफ टूल क्लियरेन्स प्रदान करने के लिए भाग के पीछे का हिस्सा जबडे से काफी दूर हो। लेथ बेहद शक्तिशाली उपकरण है और Jaws को घुमाने के बीच कोई भी टक्कर खतरनाक है।

5. पार्ट डेटम (Part datum) : झुके हिस्से के लिए पार्ट डेटम आमतौर पर तैयार भाग का केन्द्र चेहरा होता है।

6. एक्स्ट्रा स्टॉक फॉर फेसिंग (Extra stock for facing) : Sawed स्टॉक असमान और दूसरा फिनिश भी हो सकता है सुनिश्चित करे कि शेयर भाग के End face से थोड़ा आगे निकल जाए ताकि फेस के पास सामग्री को हटा दे।

फेस (Face)

फेसिंग आमतौर पर किसी भी टर्निंग जॉब का पहला ऑपरेशन होता है।



चित्र 7.39 : Face Tool path

रूल फार फेसिंग (Rule for facing)

(i) स्टॉक के OD से छूट शुरु करें, यह ध्यान में रखते हुए कि मोटे स्टॉक का व्यास भिन्न होता है।

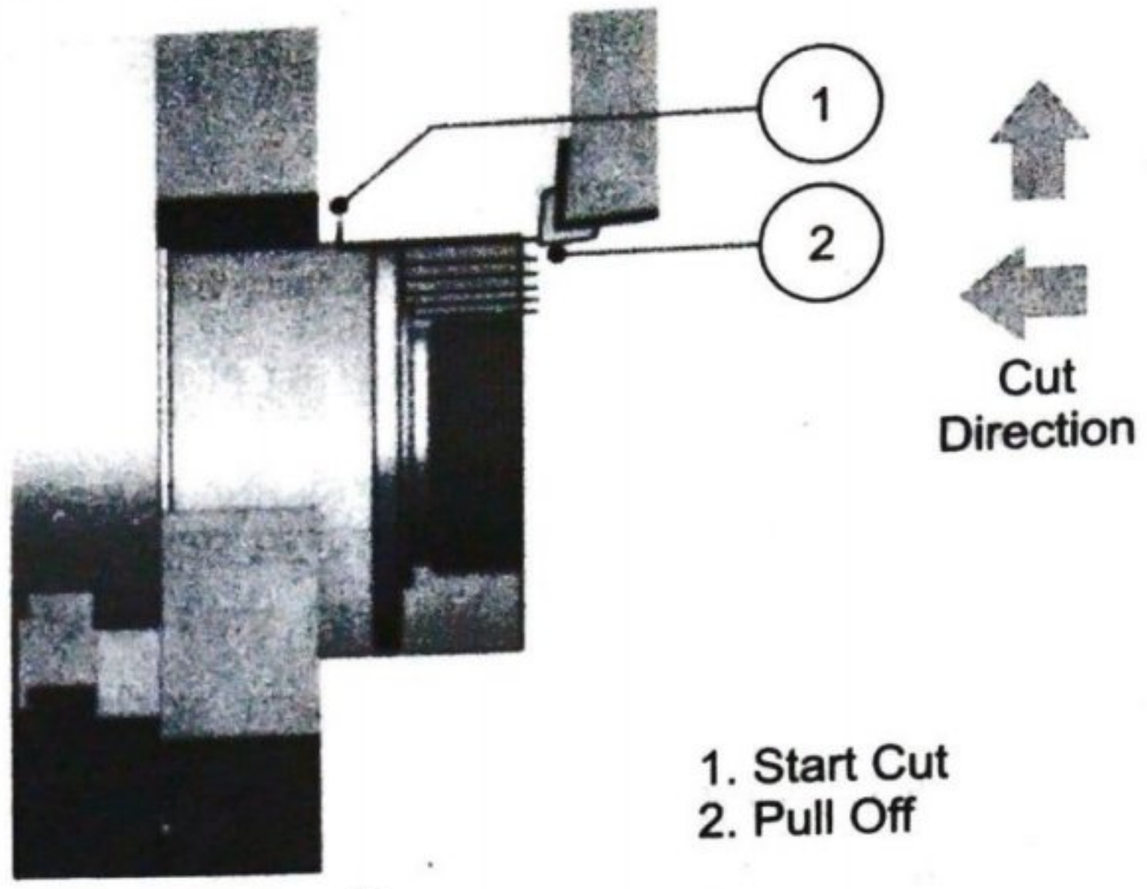
(ii) जब तक टूल का संपर्क XO पर न हो तब तक सीधे चेहरा नीचे रखे और फिर खींच ले।

(iii) एक एफ एंड वन फिनिश पास लेने पर विचार करें।

(iv) एक कठोर उपकरण का उपयोग करें, जैसे कि 80 डिग्री का हीरा।

रफ (Rough)

फिनिश पाथ के लिए 2 और X में स्टॉक छोड़ने वाले हिस्से को रफ करें।



चित्र 7.40 : Roughing

रफींग के नियम (Rules for Roughing)

(i) पार्ट के Face से छूट शुरु करें।

(ii) एक आम बात है कि जब संभव हो तो सामना करना पड़ रहा है और ऊबड़-खाबड़ दोनों के लिए समान उपकरण का उपयोग करना है।

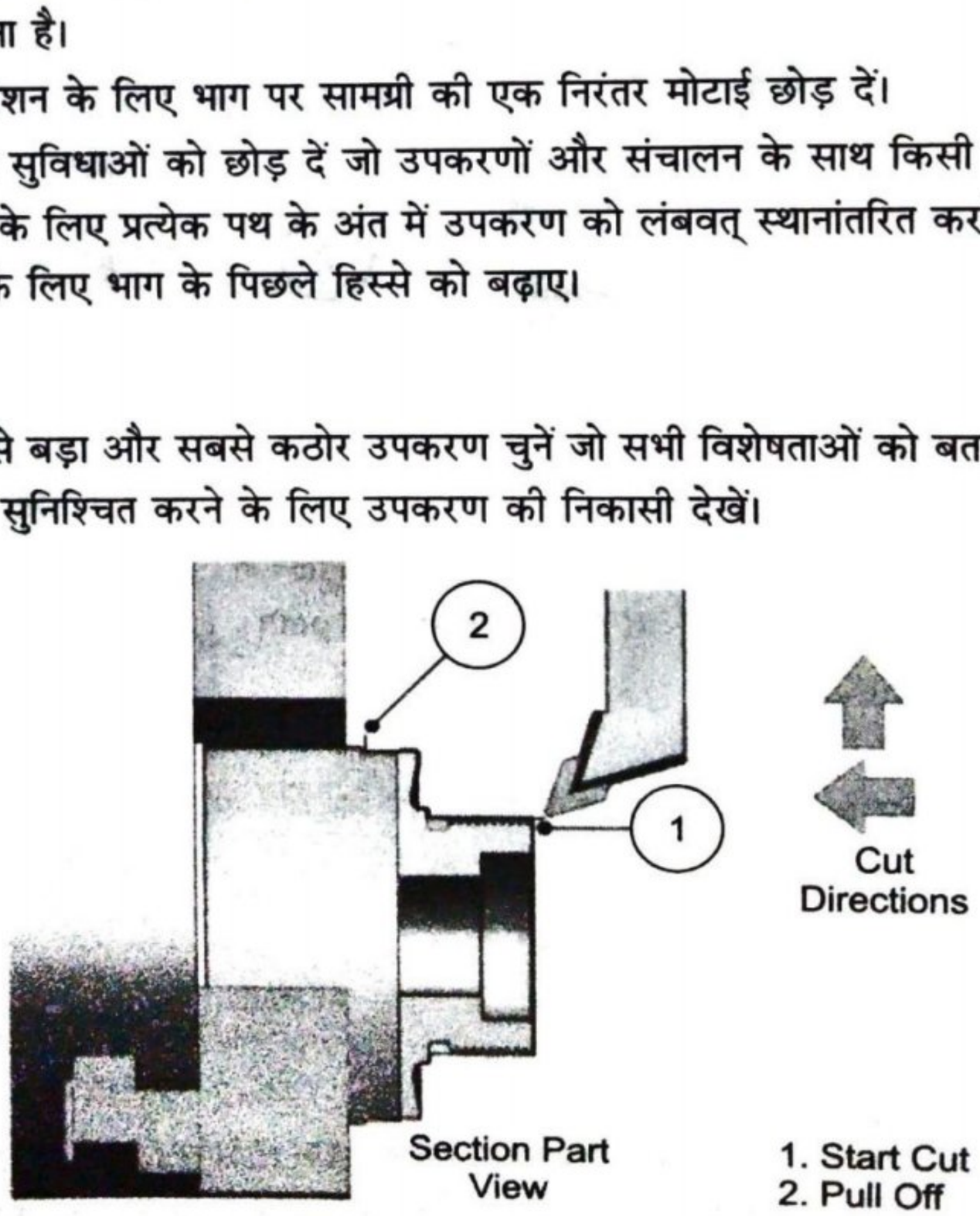
(iii) परिष्करण ऑपरेशन के लिए भाग पर सामग्री की एक निरंतर मोटाई छोड़ दें।

(iv) खांचे और अन्य सुविधाओं को छोड़ दें जो उपकरणों और संचालन के साथ किसी तरह समाप्त हो जाएगे।

(v) स्कैप को हटाने के लिए प्रत्येक पथ के अंत में उपकरण को लंबवत् स्थानांतरित करने पर विचार करे। कटऑफ टूल क्लीयरेंस के लिए भाग के पिछले हिस्से को बढ़ाए।

फिनिशिंग

भाग समाप्त करें, सबसे बड़ा और सबसे कठोर उपकरण चुनें जो सभी विशेषताओं को बता देगा। उपकरण और धारक के भाग से टकराने के लिए सुनिश्चित करने के लिए उपकरण की निकासी देखें।



चित्र 7.41 : Finish

फिनिशिंग के नियम

(i) भाग चेहरे से दूर शुरु करें।

(ii) एक उपकरण का उपयोग करें, जैसे कि 35 या 55 डिग्री के हीरे, पर्याप्त पक्ष और अंत काटने कोण के साथ उपकरण के रूप में प्रदान करने के लिए।

(iii) Small ID त्रिज्या प्रोफाइल कि तुलना में Nose त्रिज्या के बराबर या अधिकतम छोटे उपकरण का उपयोग करें।

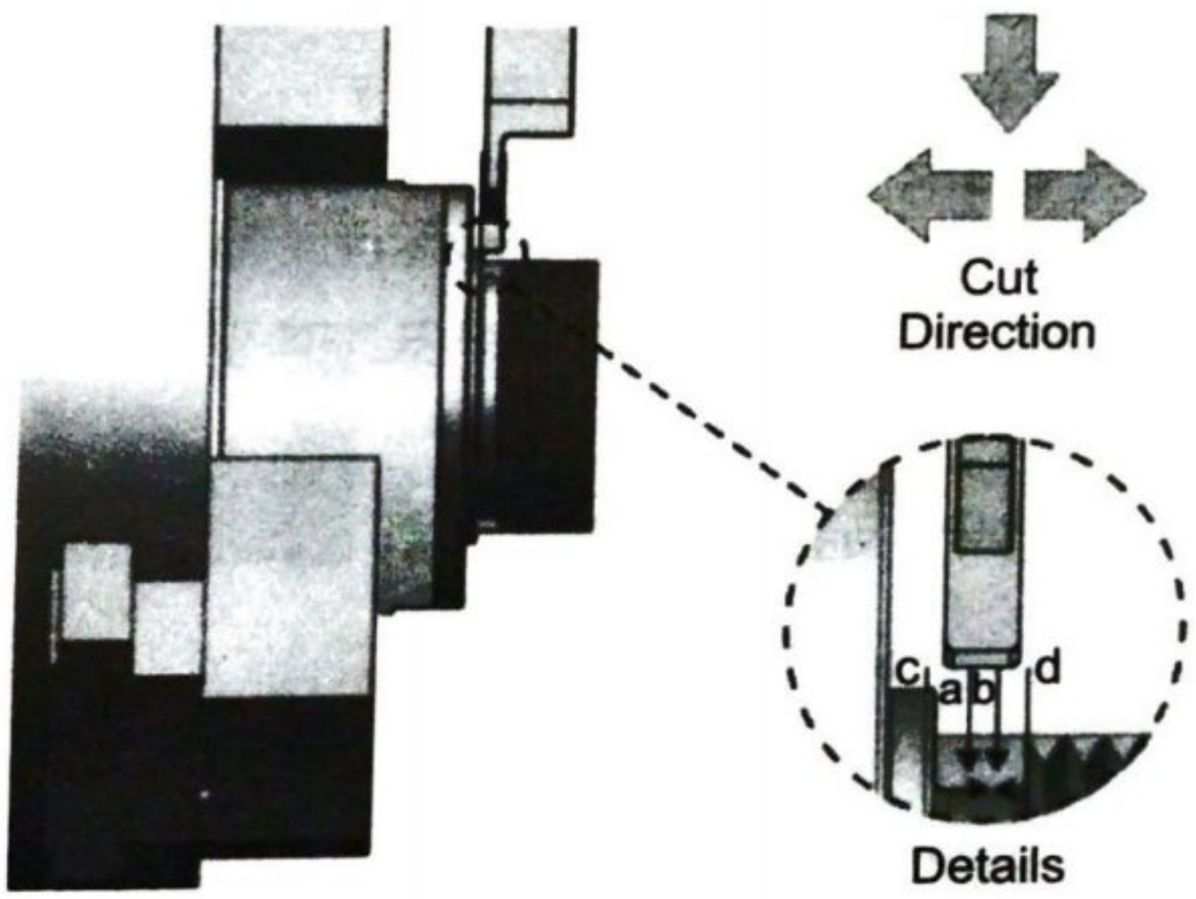
(iv) पहले एक प्री-फिनिश पास लेने पर विचार करें ताकि अंतिम पास सामग्री की निरंतर मोटाई को हटा दें।

(v) खांचे जैसे सुविधाओं पर छोड़ दें, जो अन्य उपकरणों और संचालन का उपयोग करके मशीनीकृत किया जाएगा।

(vi) धागे के लिए धागे के प्रमुख व्यास पर समाप्त करें।

ग्रुव (Groove)

अधिकांश खांचे में ऊपर और नीचे त्रिज्या है नली उपकरण पथ वास्तव में काफी जटिल है निम्नलिखित अनुक्रम का उपयोग अक्सर एक खांचे को बनाने के लिए किया जाता है जो सटीक होता है और बिना उपकरण के निशान के एकसमान खांचे संचालन को चित्र में दिखाया गया है।



चित्र 7.42 : Groove

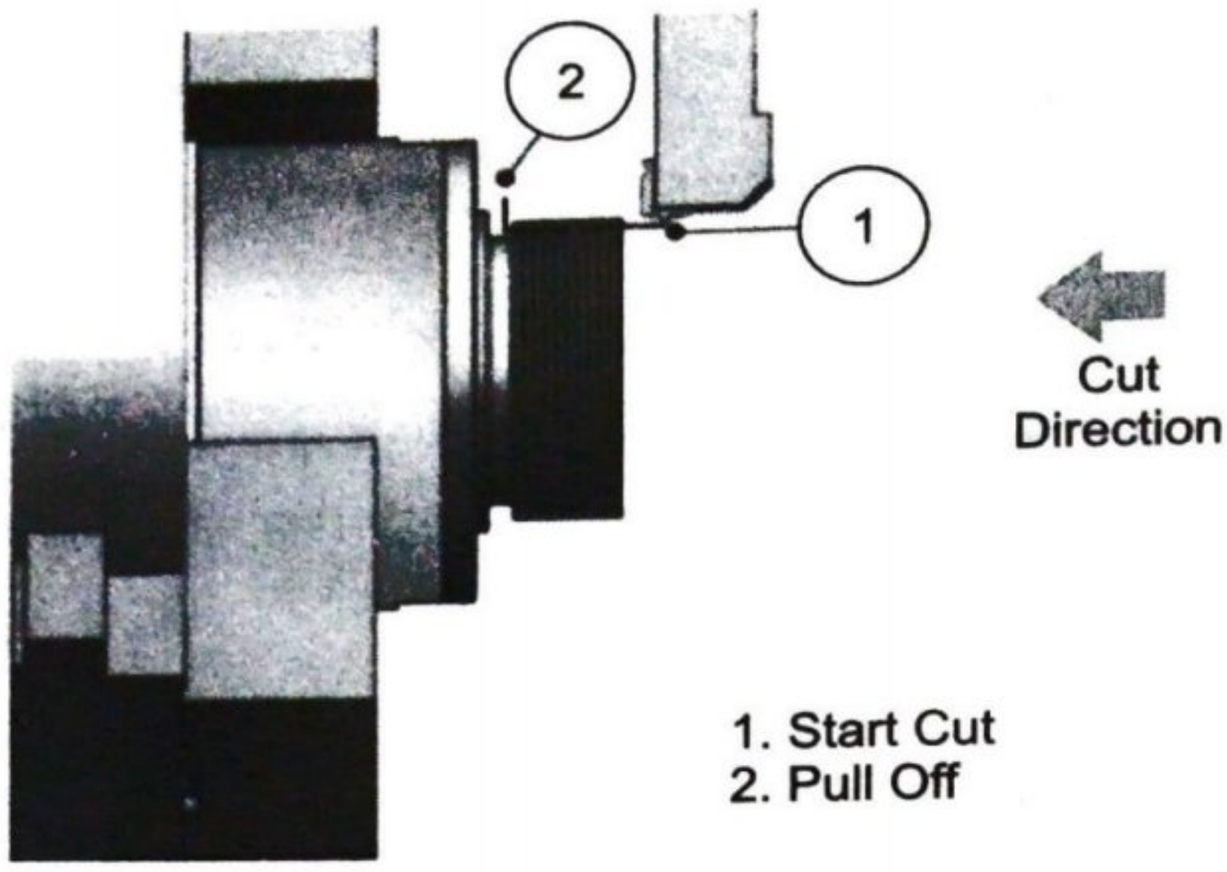
ग्रुविंग के नियम (Rules for grooving)

(i) खांचे की तुलना में संकरे उपकरण का उपयोग करें और एक त्रिज्या के बराबर या समाप्त त्रिज्या से कम रखें।

(ii) खांचे प्रोग्राम करने के लिए सीएडी/सीएएस या खराद नियंत्रण नली चक्र का उपयोग करें।

थ्रेड (Thread) :

लैथ किसी भी रूप में थ्रेड बनाने में सक्षम है जिसमें टेपर्ड पाइप थ्रेडस्, OD, TC और multi strut शामिल हैं एक खराद ज्यादातर थ्रेडिंग एक डालने के साथ किया जाता है। प्रत्येक कट के साथ गहराई में कभी करने वाले कई रफिंग पास एक या एक से अधिक फिनिश पास होते हैं जो कि थ्रेड बनाने के लिए सामग्री की थोड़ी मात्रा को हटाते हैं जो सटीक और चिकनी होती है। उपकरण और स्पिण्डल की गति को CNC नियंत्रण द्वारा समन्वित किया जाता है ताकि हर बार उपकरण उसी घूर्णी स्थिति में कट पास को शुरु करें।



चित्र 7.43 : Thread

थ्रेडिंग के नियम (Rules for Threading)

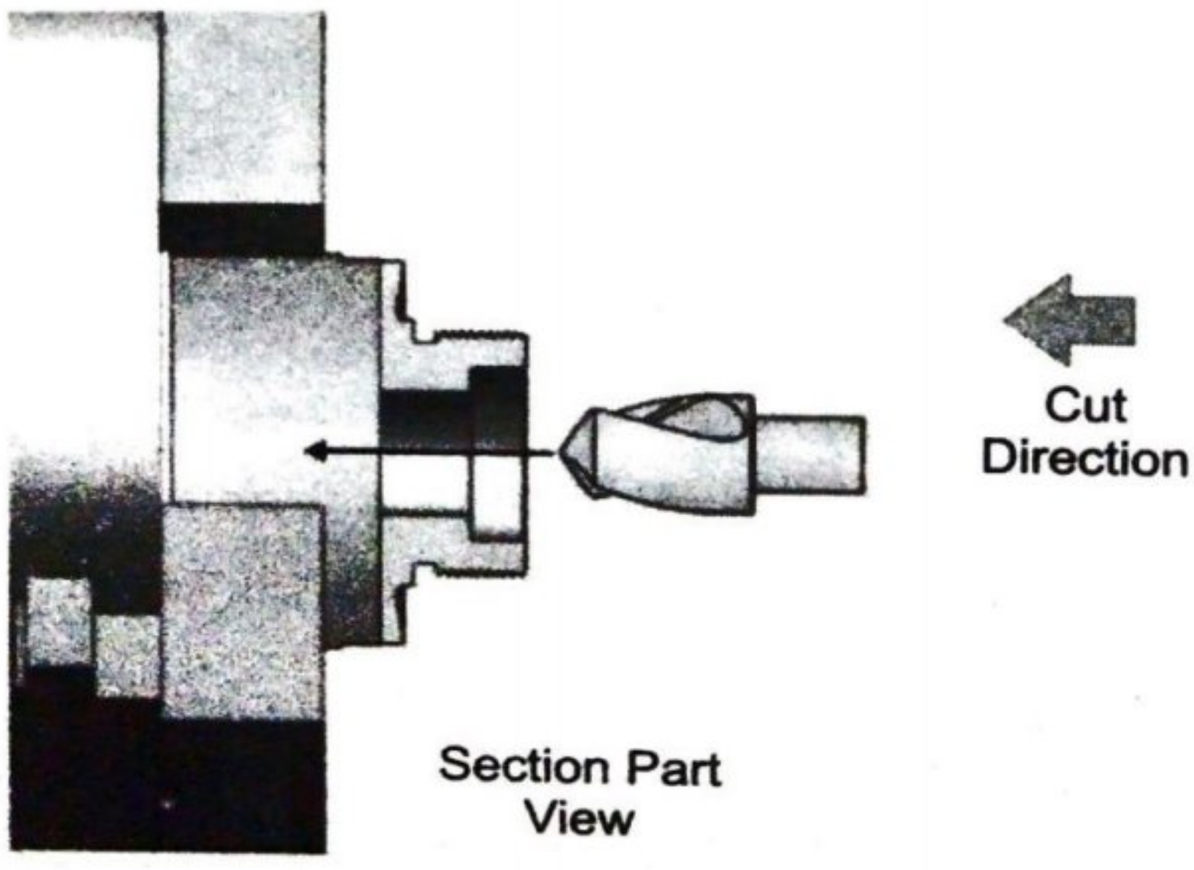
(i) थ्रेड मापदंडों के लिए डाले निर्माताओं के निर्देशों का उपयोग करें।

(ii) CAD/CAM सॉफ्टवेयर या खराद नियंत्रण धागा डिब्बाबंद चक्र का उपयोग करें। ये G कोड के कुछ ही ब्लॉकों के साथ धागा बनाने के लिए आवश्यक सभी गति को प्रोग्राम करने के लिए मिल ड्रिल चक्र तरह काम करते हैं।

(iii) थ्रेड से दूर अच्छी तरह शुरु करें ताकि थ्रेड की उम्र बढ़ने से पहले पूरी गति तक पहुँच सकें।

ड्रिल (Drill)

लेथ G 81 सहित सामान्य ड्रिल G कोड चक्रों का समर्थन करते हैं।



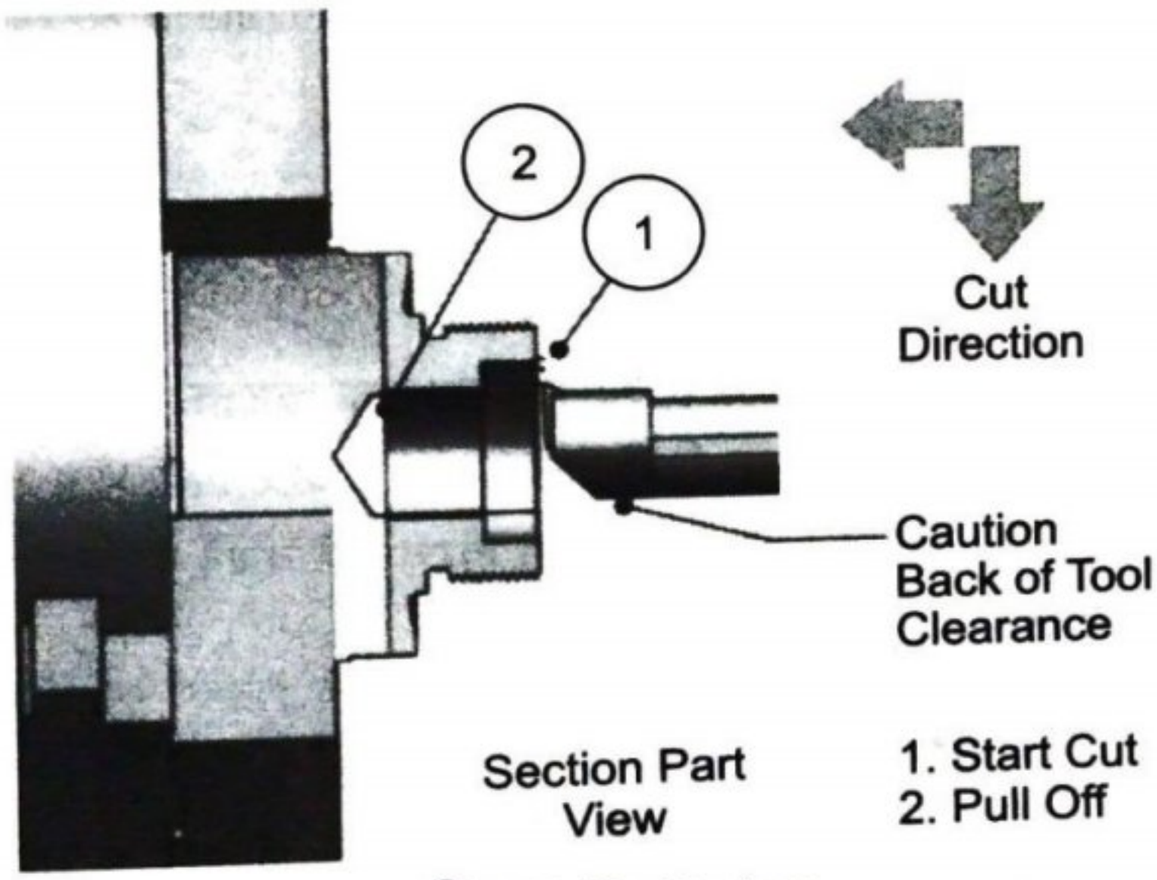
चित्र 7.44 : Drill

ड्रिलिंग के नियम

(i) स्पॉट ड्रिल छेद करें।
(ii) बड़े छेद करने के लिए उपरोक्त बड़े ड्रिल का उपयोग करने पर विचार करें
(iii) पैक ड्रिल गहरे छेद करें।
(iv) संभव हो तो डिब्बाबंद चक्र का प्रयोग करें यदि लाइन और रैपिड टूल्स का उपयोग करके कि टूल को बदलने से पहले टूल चक्कर को कम करने और अधिक सटीक छेद का निर्माण करने के लिए संभव सबसे कम dril का उपयोग करें।

बोर (Bore)

बोर संचालन उत्कृष्ट सतह खत्म के साथ सटीक छेद का उत्पादन करते हैं।



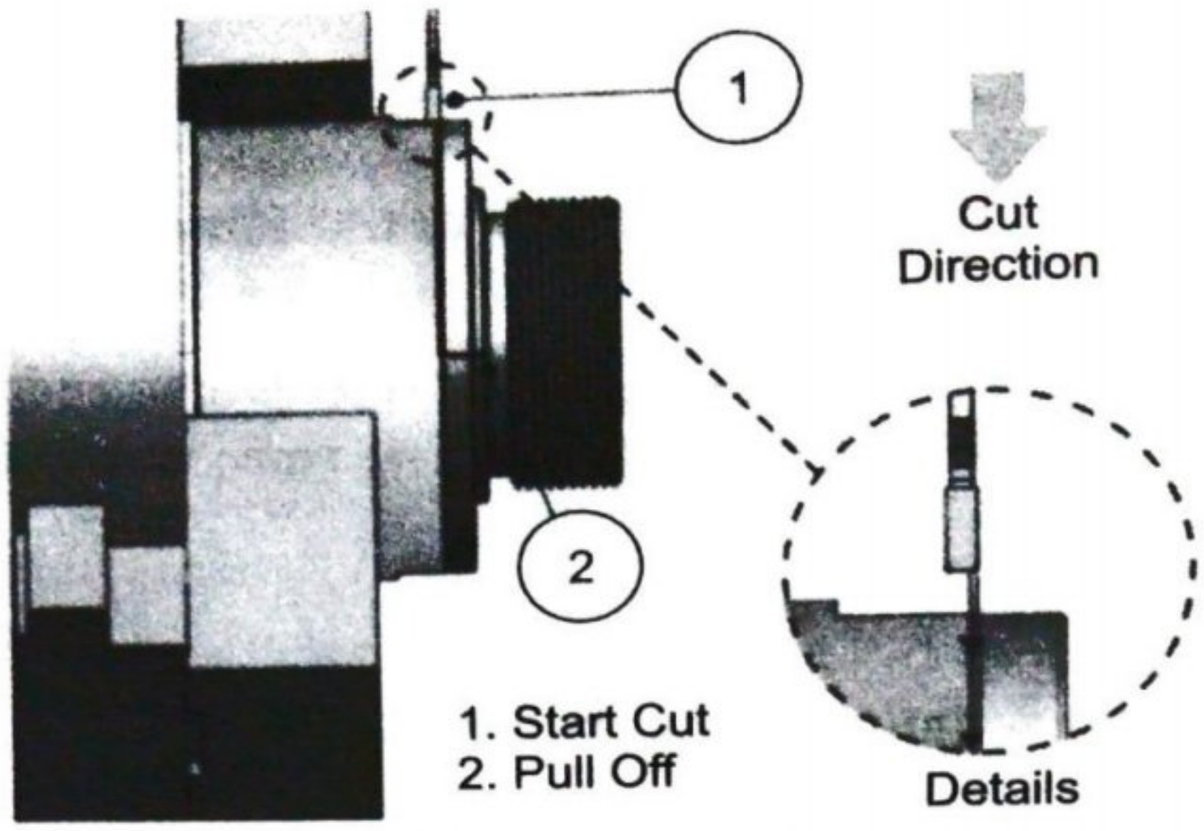
चित्र 7.45 : Boring

बोरिंग के नियम

(i) सुनिश्चित करें कि बोरिंग Bar के लिए छेद सभी चालों के दौरान टूल क्लीयरेंस के लिए पर्याप्त है जिसमें तैयार सतह से लेड-आउट चाल भी शामिल हैं।
(ii) प्रोडक्ट बाहर निकालने से पहले बोर बार को छेद से पूरी तरह से बाहर निकालना सुनिश्चित करें।
(iii) सटीक ड्रिल को सही मात्रा में स्टॉक शेष और उचित कटिंग गति और फीड की आवश्यकता होती है।
(iv) फिनिश पास के लिए निरन्तर सामग्री मोटाई सुनिश्चित करने के लिए टूल पाथ को पीछे के हिस्से से थोड़ा आगे बढ़ाएँ।
(v) सटीक छेदों के लिए जैसे कि प्रेस फिट पहले भाग पर एक इंच के X-ऑफसेट के कई हजारवें हिस्से को वापस करने पर विचार करें। मशीन छेद, वास्तविक समाप्त बोर व्यास की जाँच करें और फिर सटीक छेद का उत्पादन करने के लिए ऑफसेट को आवश्यकतानुसार समायोजित करें।

कटऑफ (Cut Off)

कटऑफ यह हमेशा अंतिम खराद मशीनिंग संचालन होता है। यह स्टॉक सामग्री से भाग को मुक्त करता है।



चित्र 7.46 : Cutoff

कटऑफ के नियम

- ➤ कटऑफ ऑपरेशंस बहुत ज्यादा ग्रोइंग ऑपरेशंस जैसा होते हैं।
- ➤ जैसा कि ऊपर विस्तार से दिखाया गया कटऑफ आमतौर पर एक कट के साथ शुरु होता है जो भाग के पीछे की तरफ एक त्रिज्या या कक्ष बनाता है। उपकरण फिर पीछे हटता है और फिर भाग को काट देता है।
- ➤ मशीन के निचले भाग में गिरने से और कटे हुए चिप्स द्वारा खुरचने से बचने के लिए पुर्जों को पकड़ने वाले हिस्से का उपयोग करने पर विचार करें।

7.16 CNC Milling—CNC मिलिंग

जबकि मशीनिंग के दौरान एक हिस्से को रखने के कई तरीके हैं। इस अध्याय में सचित्र हैं जो प्रोटोटाइप और शार्ट प्रोडक्शन मशीनिंग के लिए सबसे अधिक टूलिंग उपयोग किए जाते हैं। वे आपके द्वारा बनाए जाने वाले भागों के प्रकारों के लिए अच्छी तरह से काम करते हैं। प्रोटोटाइप के लिए होल्डिंग का काम अक्सर उत्पादन मशीनिंग के लिए इससे भिन्न होता है। बड़े उत्पादन बहुत से टूलिंग और नाट की लागत को कई भागों में परिशोधन करने की अनुमति देते हैं।

प्रोटोटाइप के साथ लक्ष्य समय और धन के न्यूनतम निवेश के साथ काम करता है।

इसका मतलब है कि जब संभव हो तो ऑफ-द-शेस्क घटकों का उपयोग करना और बहुत समय और प्रयास की आवश्यकता नहीं होती है अक्सर एक से अधिक कार्य-धारण विधि होती है। जो किसी भी भाग के लिए काम करेगी। एक उपकरण आपूर्ति सूची उपकरणों की समीक्षा करें जो उपलब्ध है आपके द्वारा चुनी जाने वाली विधि व्यक्तिगत पसंद सहित कई कारकों पर निर्भर करती है, क्या काम के घटक आसानी से उपलब्ध हैं और लागत अंत में यह सबसे मायने रखता है कि विधि सुरक्षित है कि यह काम करता है और यह लागत प्रभावी है चुनौतीपूर्ण जुड़नार चुनौतीपूर्ण हो सकते हैं। भाग को मशीनन करने के लिए सभी चरणों के माध्यम से रचनात्मक और सोच की आवश्यकता होती है यदि आप कई हिस्सों को मशीन बनाते हैं तो आप यहाँ या अन्य स्रोतों से सीखे गए विचारों के मिश्रण और मिलान की संभावना रखेंगे।

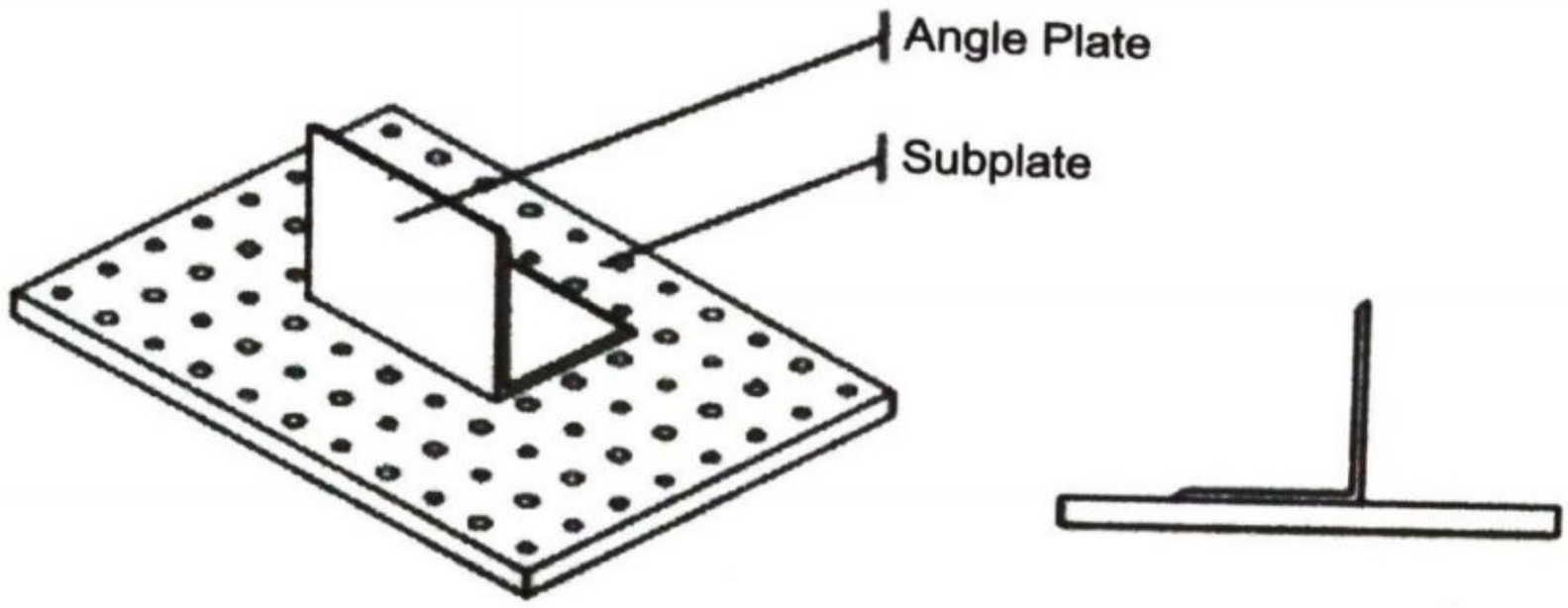
अपने आपको कई प्रकार के क्लैप, बोल्ट और अन्य होल्डिंग के साथ परिचित करें।

7.17 फिक्चर कॉम्पोनेन्ट (Fixture Component)

मिलिंग मशीनों के लिए कई स्थिरता घटक हैं। इस खंड में कुछ सबसे सरल शामिल हैं।

सबप्लेट और एंगल प्लेटस

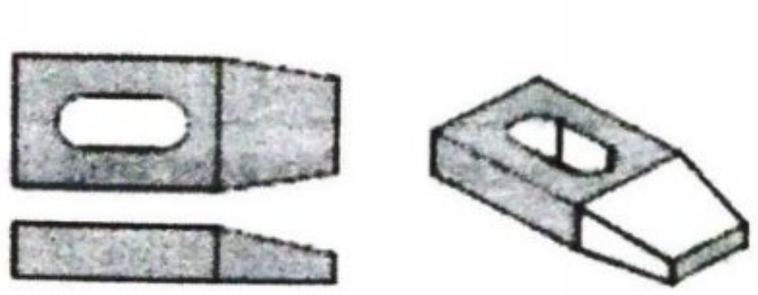
एक सबप्लेट एक ग्राउण्ड एल्यूमीनियम प्लेट है जो मशीन टेबल के शीर्ष पर बोल्ट होती है इसमें नियमित अंतराल पर छेद और झाड़ियाँ होती हैं सब वे मशीन टेबल की सुरक्षा करते हैं और क्लैम्प और अन्य घटकों को कार्यक्षेत्र में कहीं भी जल्दी और सटीक रूप से स्थिर होने की अनुमति देकर सेटअप होने के बाद एक बार स्थापित होने के बाद सबप्लेट आमतौर पर टेबल पर स्थायी रूप से तय रहता है। इसके ऊपर फिक्चर और बीट लगाए गए हैं। एंगल प्लेट एक सटीक **ग्राउंड स्टील** प्लेट है जो भाग को अपनी तरफ सेट करने की अनुमति देती है। कोण प्लेटे X या Y अक्ष के समान्तर एक दिशा में इंगित कर सकती है।

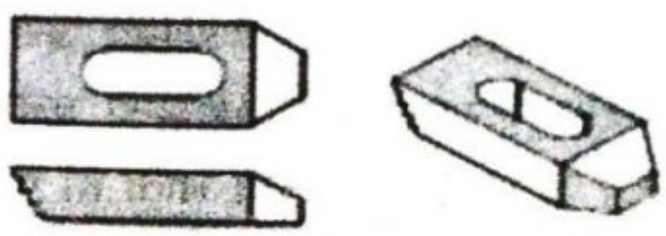


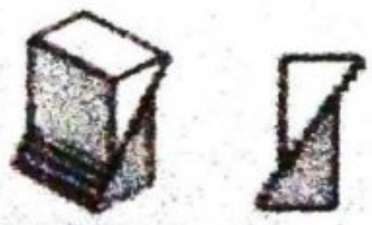
चित्र 7.47 : Angle Plate and Sub Plate

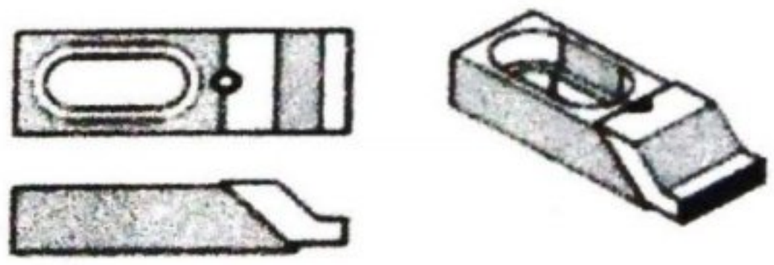
क्लैम्पस (Clamps)

वहाँ वस्तुत: हजारों प्रकार, रौलियों और आकारों के क्लैप उपलब्ध हैं वे सस्ती पुन: प्रयोज्य और बहुमुखी है। आपके उपकरण कैबिनेट में कई प्रकार और आकार के क्लैप और सहायक उपकरण शामिल होने चाहिए।









चित्र 7.48 : Clamps and Accessories

Strap Clamps नीचे की और दाब डालते हैं। वे आमतौर पर एक विशेष बोल्ट द्वारा टेबल में सुरक्षित होते है जो टेबल में टी स्लॉट्स के साथ कहीं भी स्थिर हो सकते हैं।

क्लैप का एक छोर भाग पर रहता है, और दूसरा भाग एक स्टेप ब्लॉक-1 एक एल्युमीनियम भाग के बीच एल्युमीनियम का एक पैड में रखा होता है। स्टेप ब्लॉक्स में खांचे होते हैं जो उन्हें अलग-अलग ऊँचाइयों पर ले जाने की अनुमति देते हैं।

ऐटेप क्लैम्प

क्लैम्पस के समान होते हैं लेकिन एक स्टेप ब्लॉक के साथ इंटरलॉक करने वाले खांचे शामिल होते हैं।

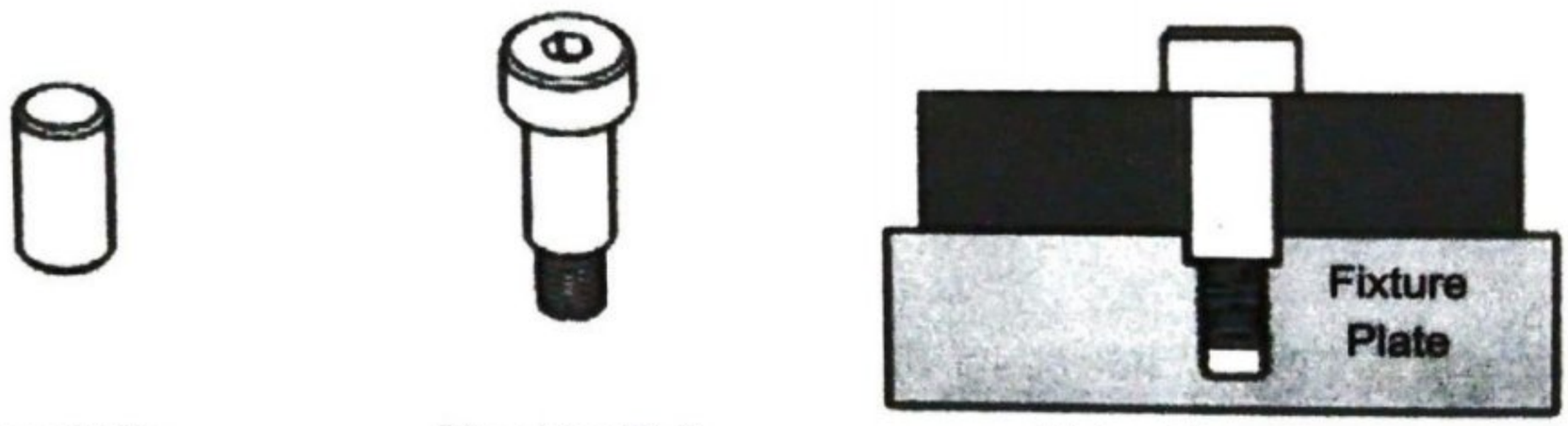
पैर की अंगुली दबाना मशीन की मेज पर बोल्ट क्लैप की नाक में हिस्से को पकड़ने के लिए खांचे शामिल हैं यह एक स्क्रू को मोड़कर बढ़ाया जाता है क्लैप को भाग के नीचे और नीचे की ओर मजबूत करता है।

याँगल प्लायर्स

हार्डवेयर स्टोर वाइज ग्रिप प्लायर्स के समान है।

शोल्डर बोल्ट और डोवेल पिन

एक भाग का ठीक पता लगाने के लिए डाँवेल पिन का उपयोग किया जाता है। वे सम्मिलन को आसान बनाने के लिए एक छोटा-सा कक्ष शामिल करते हैं कहीं बोल्ट का पता लगाते हैं और भाग को पकड़ते हैं बोल्ट पर जमीन कही स्थिरता में एक काउंटरबोर में स्लाइड करता है।

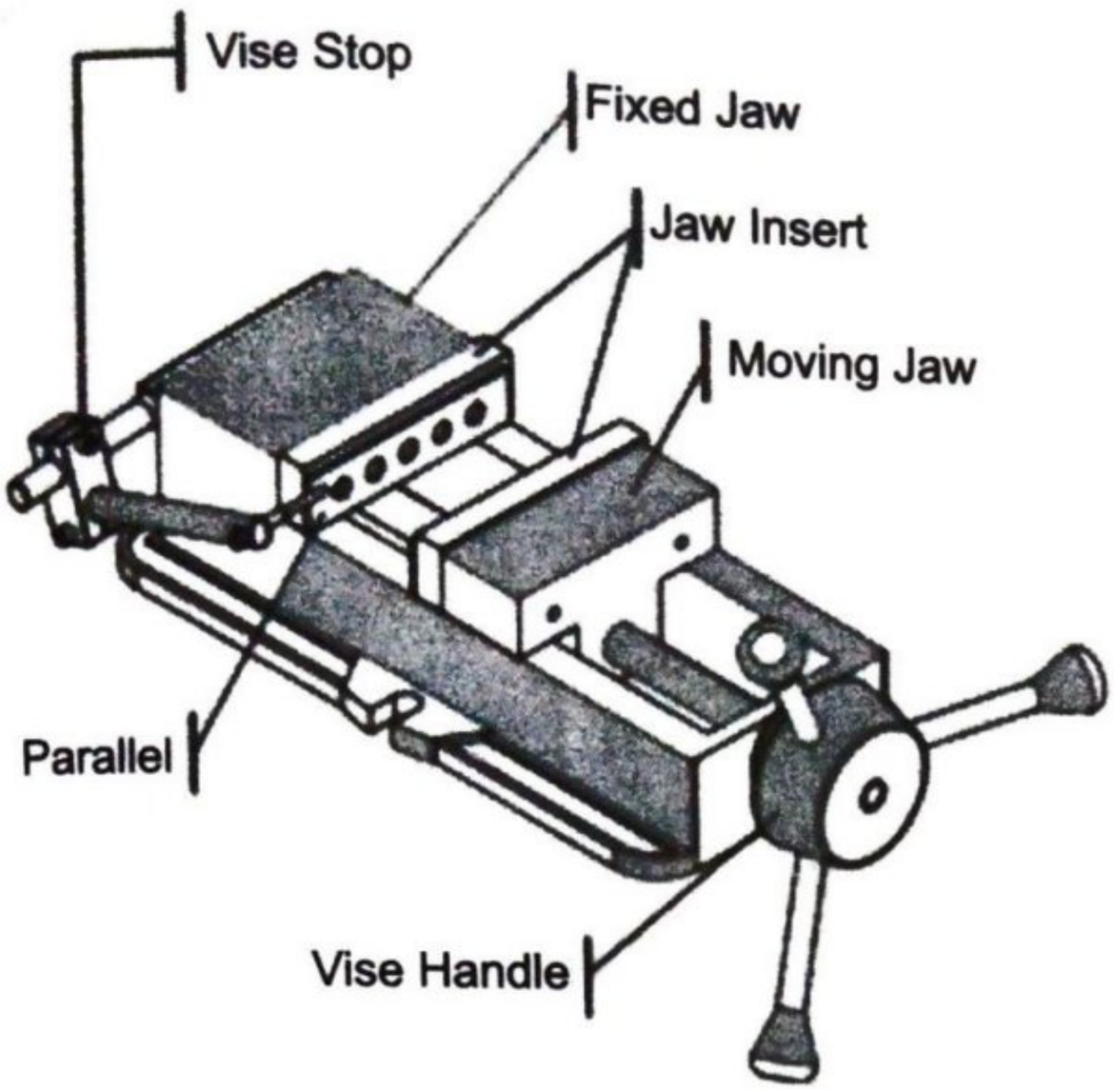


Dowel Pin Shoulder Bolt Using Shoulder Bolt

चित्र 7.49 : Dowel Pin and Shoulder Bolt

Vise and Accessories

CNC वाइस एक Precised component है और 0.0002 इंच भीतर समतल और लंबवत् घटकों के साथ निर्मित है सबसे कॉमन 6 इंच के व्यास के रूप में जाना जाता है क्योंकि जबड़े की चौड़ाई 6 इंच है। एक बार जब बीज को टेबल पर ले जाया जाता है और संरेखित किया जाता है और जबड़े को बंद करके क्लैप किया जाता है। शिकंजा जबरदस्त बल लगा सकता है इसलिए देखभाल को कड़ा करने और कमजोर भागों को विकृत करने के लिए नहीं लिया जाता है। वास प्रेशर उस हिस्से के लिए उपयुक्त होना चाहिए, जिसमें कटिंग फोर्स हो।

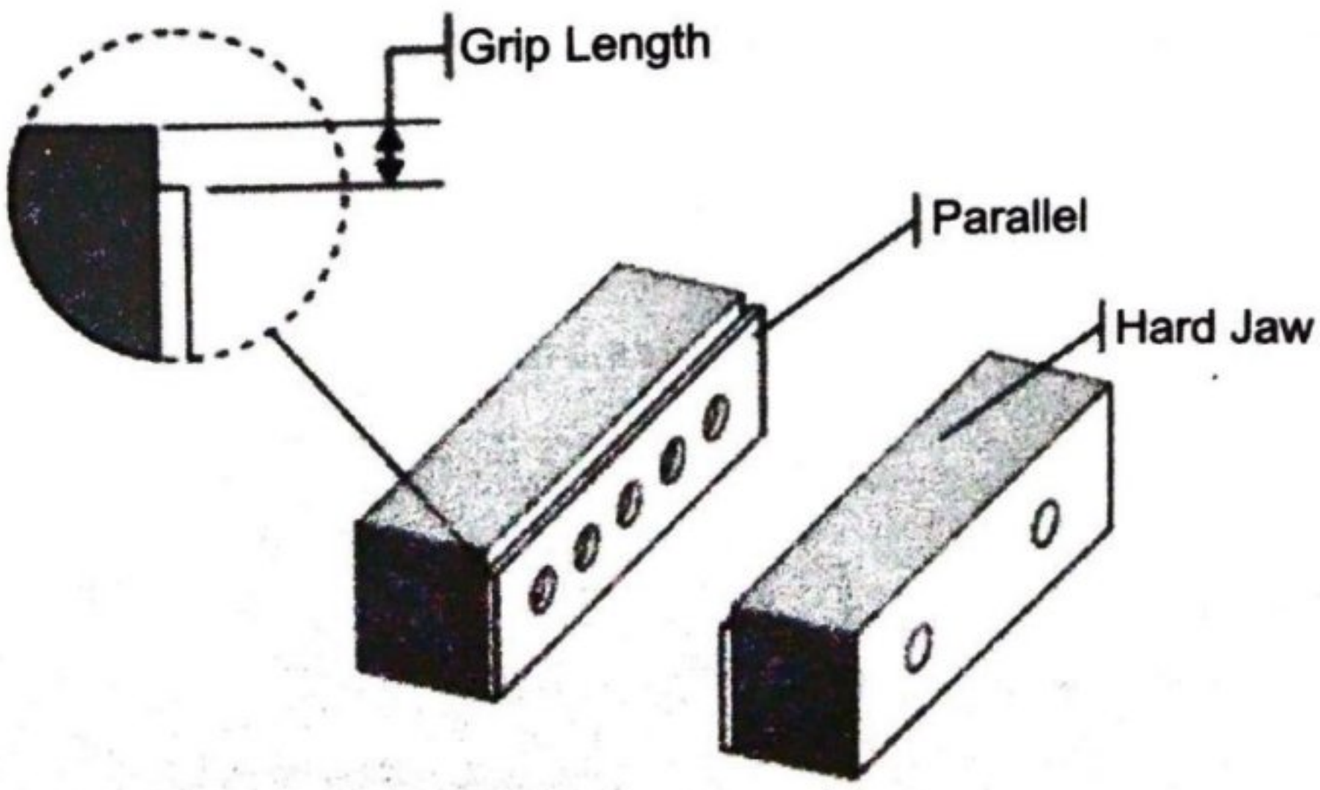


चित्र 7.50 : Vise and Accessories

स्थिर Jaw स्थिर रहता है मूविंग जॉ तब खुलता है जब हैंडल चालू होता है जबड़े बंद होने और कार्यक्रम को चलाने से पहले वाइस हैंडल को हटाना एक अच्छा अभ्यास है यह केवल हैंडल के फिसलने से होता है। वाइस स्टाप एक ऐसा उपकरण है जो पुर्जों को सटीक रूप से वाइस स्टॉप की एक शैली दिखाती है जो विशेष रूप से उपयोगी है क्योंकि यह समायोज्य अप-डाउन और बाएँ-दाएँ है।

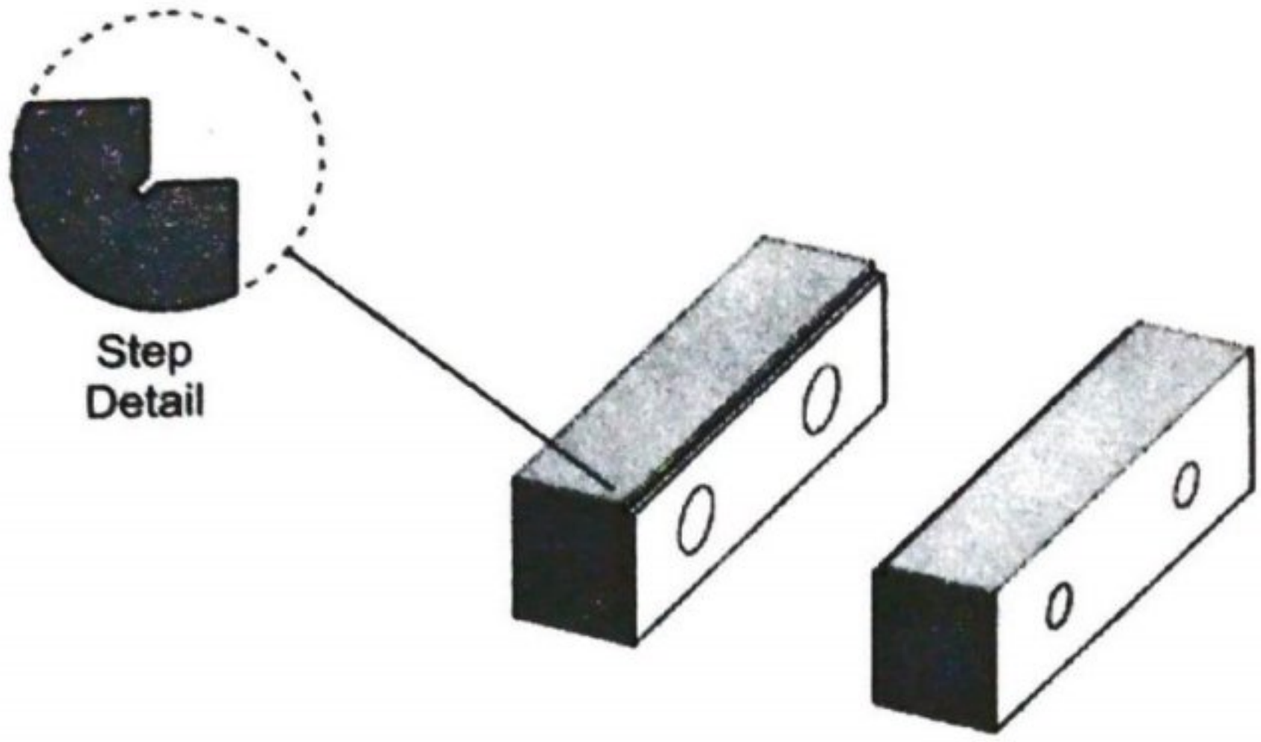
हार्ड जॉ

हर तरफ कठोर स्टील और सटीक ग्राउण्ड से बना हार्ड साइड वे आमतौर पर पैरेट के साथ Face parallel स्टील प्लेटें हैं जो विभिन्न चौड़ाई में प्रयोग करने योग्य हैं जिनका उपयोग वाइस जबड़े को ग्रिप की लम्बाई निर्धारित करने के लिए किया जाता है।



स्टेप जॉ

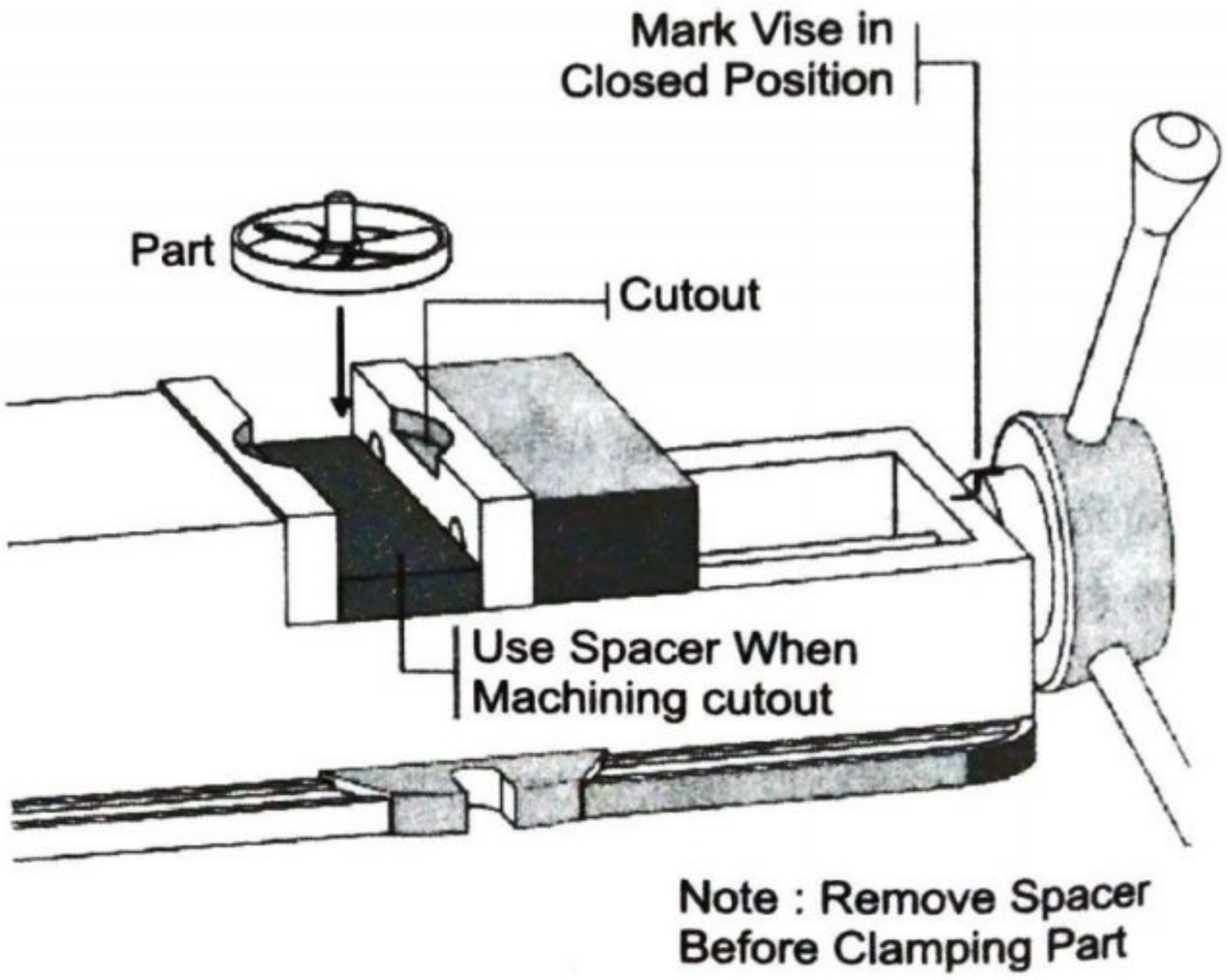
हार्ड जॉ के समान होते हैं लेकिन इसमें एक स्टेप फीयर शामिल होता है जो समानताओं की आवश्यकता को समाप्त करता है।

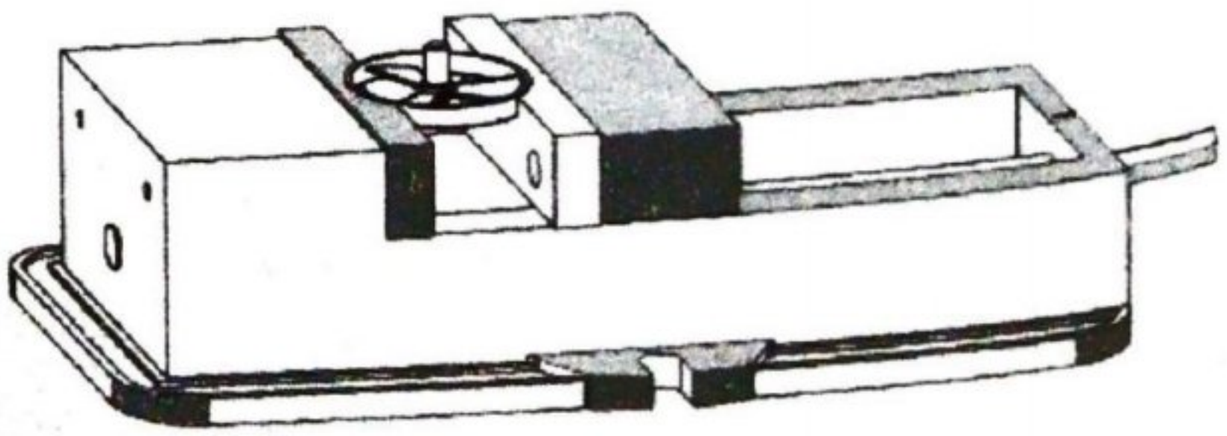


चित्र 7.52 : Step Jaws

साफ्ट जॉ

एल्युमिनियम के खाली हिस्से को उन भागों को जकड़ने के लिए इस्तेमाल किया जाता है जिन्हें कठोर जॉ का उपयोग करके नहीं रखा जा सकता है एक कटआउट आकार के रूप में अनियमित आकार पकड़ करने के लिए नरम जबड़े में मशीन है जब कटआउट मशीनिंग करते हैं तो सही रिक्त सेट करने के लिए जबड़े के बीच एक पट्टी रखी होती है। एक Taw रिंच का उपयोग करें या शिकंजे को चिन्हित करें ताकि इसे हर बार एक ही दबाव के साथ बंद किया जा सकें ताकि एक नया हिस्सा लोड भाग को बन्द करने से पहले स्पेंसर निकाले।





चित्र 7.53 : Machining Soft Jaws

7.18 G-M Code Reference for CNC machining operation

Table 7.8 : Mill G-Codes

Milling G-Codes	
G00	Rapid Positioning Motion (X,Y,Z,A,B)
G01	Linear Interpolation Motion (X,Y,Z, A, B/F)
G02	Circular Interpolation Motion CW (X,Y,Z,A,I,J,K,R,F)
G03	Circular Interpolation Motion CCW (X,Y,Z,A,I,J,K,R,F)
G04	Dwell (P) (P = Seconds)
G09	Exact Stop, Non-Modal
G17	Circular Motion XY Plane Selection (G02 or G03)
G18	Circular Motion ZX Plane Selection (G02 or G03)
G19	Circular Motion YZ Plane Selection (G02 or G03)
G20	Inch Coordinate Positioning
G21	Metric Coordinate Positioning
G28	Machine Zero Return Through Ref. Point (X,Y,Z, A, B)
G29	Move to Location Through G28 Ref. Point (X,Y,Z,A,B)
G40	Cutter Comp Cancel
G41	2D Cutter Compensation, Left (X,Y,D)
G42	2D Cutter Compensation, Right (X,Y,D)
G43	Tool Length Compensation + (H, Z)
G49	Tool Length Compensation Cancel G43/G44/G43
G52	Work Offset Positioning Coordinate
G53	Machine Positioning Coordinate, Non-Modal (X,Y,Z,A,B)
G54	Work Offset Positioning Coordinate #1
G55	Work Offset Positioning Coordinate #2
G56	Work Offset Positioning Coordinate #3
G57	Work Offset Positioning Coordinate #4

G59	Work Offset Positioning Coordinate #6
G73	HS Peck Drilling Canned Cycle (X,Y,A,B,Z,I,J,K,Q,P,R,L,F)
G74	Reverse Tapping Canned Cycle (X,Y, A, B, Z,J,R,L,F)
G76	Fine Boring Canned Cycle (X,Y, A, B,Z,I,J,P,Q,R,L,F)
G77	Black Bore Canned Cycle (X,Y, A, B,Z,I,J,Q,R,L,F)
G80	Cancel Canned Cycle
G81	Drill Canned Cycle (X,Y,A,B,Z,R,L,F)
G82	Spot Drill /Counterbore Canned Cycle (X,Y,A,B,Z,P,R,L,F)
G83	Peck Drill Deep Hole Canned Cycle (X,Y,A,B,Z,I, J,K,Q,P,R,L,F)
G84	Tapping Canned Cycle (X,Y, A, B,Z,J,R,L,F)
G85	Bore In ~ Bore Out Canned Cycle (X,Y,A,B,Z,R,L,F)
G86	Bore In ~ Stop ~ Rapid Out Canned Cycle (X,Y, A, B,Z,R,L,F)
G87	Bore In ~ Manual Retract Canned Cycle (X,Y, A, B,Z,R,L,F)
G88	Bore In ~ Dwell ~ Manual Retract Canned Cycle (X,Y,A,B,Z,P,R,L,F)
G89	Bore In ~ Dwell ~ Bore Out Canned Cycle (X,Y,A,B,Z,P,R,L,F)
G90	Absolute Positioning Command
G91	Incremental Positioning Command
G92	Global Work Coordinate System
G93	Inverse Time Feed Mode ON
G94	Inverse Time Feed OFF /Feed Per Minute ON
G98	Canned Cycle Initial Point Return
G99	Canned Cycle R Plane Return

Table 7.9 : Mill M-Codes

Milling M-Codes	
M00	Program Stop
M01	Optional Program Stop
M02	Program End

M03	Spindle ON Clockwise (S)
M04	Spindle ON Counterclockwise (S)
M05	Spindle Stop
M06	Tool Change (T)
M08	Coolant ON
M09	Coolant OFF
M30	Program End and Reset
M31	Chip Auger Forward
M33	Chip Auger Stop
M34	Coolant Spigot Position Down, Increment
M35	Coolant Spigot Position Up, Decrement
M36	Pallet Part Ready
M41	Spindle Low Gear Override
M42	Spindle High Gear Override
M50	Execute Pallet Change
M83	Auto Air Jet ON
M84	Auto Air Jet OFF
M88	Coolant Through Spindle ON
M97	Local Sub-Program Call (P,L)
M98	Sub-Program Call (P,L)
M99	Sub-Program / Routine Return of Loop (P)

Note : (Only one M-Code may appear in each block of code.)

Table 7.10 : Lathe G-Codes

Lathe G-Codes	
G00	Rapid Positioning Motion
G01	Linear Interpolation Motion
G02	Circular Interpolation Motion CW
G03	Circular Interpolation Motion CCW

G04	Dwell (P) (P = Seconds)
G09	Exact Stop/ Non-Modal
G18	Circular Motion ZX Plane Selection (G02 or G03)
G20	Inch Coordinate Positioning
G21	Metric Coordinate Positioning
G28	Machine Zero Return Thru Ref. Point
G29	Move to Location Through G28 Ref. Point
G32	Threading
G40	Tool Nose Compensation Cancel
G41	Tool Nose Compensation, Left
G42	Tool Nose Compensation, Right
G43	Tool Length Compensation
G49	Tool Length Compensation Cancel G43/G44/G43
G50	Spindle Speed Clamp/Set Global Coor. Offset
G51	Cancel Offset (Yasnac)
G52	Set Local Coordinate System (Fanuc)
G53	Machine Coordinate Selection
G54	Work Offset Positioning Coordinate #1
G55	Work Offset Positioning Coordinate #2
G56	Work Offset Positioning Coordinate #3
G57	Work Offset Positioning Coordinate #4
G58	Work Offset Positioning Coordinate #5
G59	Work Offset Positioning Coordinate #6
G61	Exact Stop Modal
G64	G61 Cancel
G70	Finishing Cycle
G71	OD/ID Stock Removal Cycle
G72	Face Stock Removal Cycle

G73	Irregular Path Stock Removal Cycle
G74	Face Grooving Cycle, Peck Drilling
G75	OD/ID Grooving Cycle, Peck Drilling
G76	Threading Cycle, Multiple Pass
G80	Cancel Canned Cycle
G81	Drill Canned Cycle
G82	Spot Drill /Counterbore Canned Cycle
G83	Peck Drill deep Hole Canned Cycle
G84	Tapping Canned Cycle
G85	Bore In ~ Bore Out Canned Cycle
G86	Bore In ~ Stop ~ Rapid Out Canned Cycle
G87	Bore In ~ Manual Retract Canned Cycle
G88	Bore In ~ Dwell ~ Manual Retract Canned Cycle
G89	Bore In ~ Dwell ~ Bore Out Canned Cycle
G90	OD/ID Turning Cycle, Modal
G92	Threading Cycle, Modal
G94	End Facing Cycle, Modal
G95	Subspindle Rigid Tap
G96	Constant Surface Speed (CSS) On
G97	Constant Surface Speed Cancel
G98	Feed Per Minute
G99	Feed Per Revolution

Table 7.11 : Lathe M-Codes

Lathe M-Codes	
M00	Program Stop
M01	Optional Program Stop
M02	Program End
M03	Spindle ON Clockwise (Forward)

M04	Spindle ON Counterclockwise (Reverse)
M05	Spindle Stop
M08	Coolant ON
M09	Colant OFF
M10	Clamp Chuck
M11	Unclamp Chuck
M12	Auto Air Jet On
M13	Auto Air Jet Off
M14	Clamp Main Spindle
M15	Unclamp Main Spindle
M19	Orient Spindle with P Value
M21	Tailstock Forward
M22	Tailstock Reverse
M23	Thread Chamfer On
M24	Thread Chamfer Off
M30	Program End and Reset
M31	Chip Auger Forward
M33	Chip Auger Stop
M36	Parts Catcher Up
M37	Parts Catcher Down
M41	Low Gear
M42	High Gear
M88	High Pressure Coolant On
M89	High Pressure Coolant Off
M133	Live Tool Drive Forward
M134	Live Tool Drive Reverse
M135	Live Tool Drive Stop

Note : Only one M-Code may appear in each block of code.

GLOSSARY

1-2-3 Block — A precision ground block that is 1 × 2 × 3 inches. Useful for helping set up the machine.

2D — A prismatic part of constant thickness.

2-1/2 D - - A prismatic part with multiple thicknesses. All planes are parallel to each other.

3D — A part that is not completely prismatic, including molds and organically shaped parts.

Burr — A sharp edge or flashing.

Block — A line of code in a CNC program.

CAD — Computer Aided Design.

CAM — Computer Aided Manufacturing.

CDC — Cutter Diameter Compensation.

CNC — Computer Numerical Control.

Chip Load — The amount of material removed with each pass of a tool cutting edge.

Datum — Point on the part from which all coordinates are referenced.

Drill Chart — A table that shows drill sizes, their decimal equivalent and what size drill to use for a specified tap.

Feed — The linear speed at which a tool advances through material.

First Article — The first part machined with a new program and setup.

G-M Code — The CNC machine tool language.

Gouge — An error that causes an overcut on the part.

High Speed Machining (HSM) — Toolpath strategies that minimize machining time and tool breaking. Includes several technologies such as Adaptive Roughing that maintain a constant amount of tool engagement.

Home — Location of machine after it is turned on and moved to its start position.

ID — Inside diameter or contour, like a pocket.

Insert — Carbide composite cutting tool used extensively for turning operations.

Job — A sequential list of one or more machining operations that share the same, setup and fixture offset.

Machine Coordinate System — Coordinates in reference to the machine home position.

Mill — A machine tool that removes material by spinning a tool and moving it in relation to the part.

OD — Outside diameter or contour.

Overcut — Describes a machined feature is too big because not enough material was removed during machining.

Post Processor — The part of a CAD/CAM system that actually creates and formats the CNC program for a specific machine and control.

Rapid — The fastest linear feed rate at which machine tool can move.

Reference Point — Some point on the part that can be found reliably by mechanical means.

Rigid Tapping — The capability of a CNC machine to control a tap without the use of a special tapping attachment.

Scallop — Ridges left on the part, usually from a ball or bull nose end mill on a 3D sculpted surface.

Setup — A complete set of work holding to machine one side of a part.

Speed — How fast a tool turns in RPM.

Spindle — Part of CNC machine that grips and spins the cutting tool.

Stepdown — Distance the tool moves down in Z between machining passes.

Stepover — Distance the tool moves over in the XY plane between machining passes.

Stock Allowance — Amount of material left after a machining operation or pass to be removed by a finish pass.

Spring Pass — Two or more machining passes that follows the exact same path. Used to straighten walls and improve surface finish.

TLO — Tool Length Offset. Used to tell CNC machine the length of a tool.

Tool Changer — A device on a CNC machine that automatically takes tools from a carousel and places them in the machine spindle.

T-Slot — A slot in the machine table into which a special T-nut can be inserted. Used to fasten clamps or parts to the machine table.

Turret — Lathe assembly that attaches the lathe tool holder to the machine.

Undercut — Describes a machined feature is too small because too much material was removed during machining.

सारांश

- **CNC टूल परिचय**—CNC मिलिंग मशीन के लिए विविध रेन्ज में विभिन्न टूल प्रकार एवं विभिन्न टूल विन्यास में उपलब्ध हैं।
  - (i) अंत: मिल टूल
  - (ii) कार्नर राउन्डिग टूल्स
  - (iii) स्लाट टूल
  - (iv) स्पॉट सेन्टर टूल
  - (v) टैप
  - (vi) रीमर
  - (vi) काउन्टर बोर
- **कटाई टूल सिद्धान्त** : सभी टूल Clockwise (m^3) दिशा में घुमाऊ गति करते हैं।
- **चिप्स निर्माण** : कर्तन क्रिया के कारण कटाई टूल धातु को सतह से हटाते हैं।
- **CNC टर्निंग** : मिलिंग मशीनें एक स्थिर भाग एक कटाई उपकरण को स्थानान्तरित करके काम करती हैं।
- लेथ अवयव
  - ➤ सीट मेटल
  - ➤ स्पिण्डल
  - ➤ टरेट
  - ➤ कंट्रोल
- **लेथ कोआर्डिनेट निकाय** : अधिकांश लेथ z-axis Co-ordinate System पर आधारित है।
  - ➤ डाइवन टूल

- ➤ अवास्टविक टूल टिप
- ➤ **पार्ट डेटम** पार्ट डेटम आमतौर पर तैयार भाग के केन्द्र चेहरे के रूप में सेट किया जाता है।

- टूल और टूल होलडरज्
  - ➤ चिप ब्रेक
  - ➤ टूल कटिंग एंगल
  - ➤ रिलिफ एंगल
  - ➤ रैक एंगल
- इनसर्ट डिजाइनेशन
  - ➤ Shape (CNMG—433)
  - ➤ टालरेंस (CNMG—443)
  - ➤ I.C. साइज (CNMG—433)
  - ➤ नोज रेडियस (CNMG—433)
  - ➤ क्लीयरेंस (CNMG—433)
  - ➤ होल/चिप ब्रेकर (CNMG—433)
  - ➤ थिकनेस (CNMG—433)
- लेथ टूल-टाइप
  - ➤ फेस टर्न
  - ➤ थ्रेड
  - ➤ ग्रूव
  - ➤ कट-ऑफ
- **कटिंग स्पीड एण्ड फीड्स :** उपकरण के लिए अधिकतम कार्य व्यास के आधार पर गति और फीड की गणना की जाती है।
- लेथ स्टेप एण्ड प्रोग्रामिंग
  - ➤ फेस
  - ➤ ग्रूव
  - ➤ बोर
  - ➤ रफ
  - ➤ थ्रेड
  - ➤ कट ऑफ
- सेट अप
  - ➤ Jaws
  - ➤ स्टॉक
  - ➤ पार्ट डेटम
  - ➤ फेस
  - ➤ चक
  - ➤ ग्रिप
  - ➤ एक्स्ट्रा स्टॉक फार फेसिंग
- रूल फार फेसिंग
- रफींग के नियम
- फिनिशिंग तथा नियम
- ग्रूव तथा नियम
- थ्रेड तथा नियम
- ड्रिल तथा नियम
- CMC मिलिंग
- बोर तथा नियम
- फिक्चर काम्पोनेंट
- सबप्लेट और एंगल प्लेटस
- शोल्डर बोल्ट और डोवेल पिन
- वाइस और ऐसोसीरीज

प्रश्नावली

1. CNC टूल के सभी भागों का विस्तृत वर्णन कीजिए।
2. छिद्र बनाने वाली युक्ति को समझाइये।
3. कटाई टूल सिद्धान्त को लिखिए।
4. चिप्स निर्माण को समझाइये।
5. क्लिम्ब एवं परम्परागत मिलिंग में अन्तर स्पष्ट कीजिए।
6. CNC टर्निंग को समझाइये।
7. लेथ के सभी अवयव को वर्गीकृत कीजिए।
8. डाइवन टूल को समझाइये।
9. अवास्तविक टूल टिप क्या है ?
10. पार्ट डेटम को लिखिए।
11. टूल और टूल होलडरस का विस्तृत अध्ययन कीजिए।
12. इनसर्ट डिजाइनेशन क्या है ?
13. लेथ टूल के प्रकार को लिखिए।
14. कटिंग स्पीड एण्ड फीडस को समझाइये।
15. लेथ स्टेप तथा प्रोग्रामिंग क्या है ?
16. रूल फार फेसिंग को समझाइये।
17. रफ तथा रफ के नियम को लिखिए।
18. फिनिशिंग तथा ग्रूविंग के नियम को लिखिए।
19. थ्रेड क्या है ? थ्रेड नियम को समझाइये।
20. ड्रिल तथा ड्रिल नियम क्या है ? लिखिए।
21. CNC मिलिंग को विस्तृत वर्णन कीजिए।
22. बोरिंग तथा कट ऑफ के नियम को समझाइये।
23. फिक्चर कम्पोनेंट क्या है ? विस्तृत वर्णन करें।
24. वाइस एण्ड Accessories को विस्तार से समझाइये।

प्रायोगिक कार्य
(Practical Work)

EXPERIMENT – 1

उद्देश्य :

ऑटोमेटिक टूल चेंजर और टूल सीटर का संरचना तथा कार्यविधि का अध्ययन करना।

ऑटोमेटिक टूल चेंजर

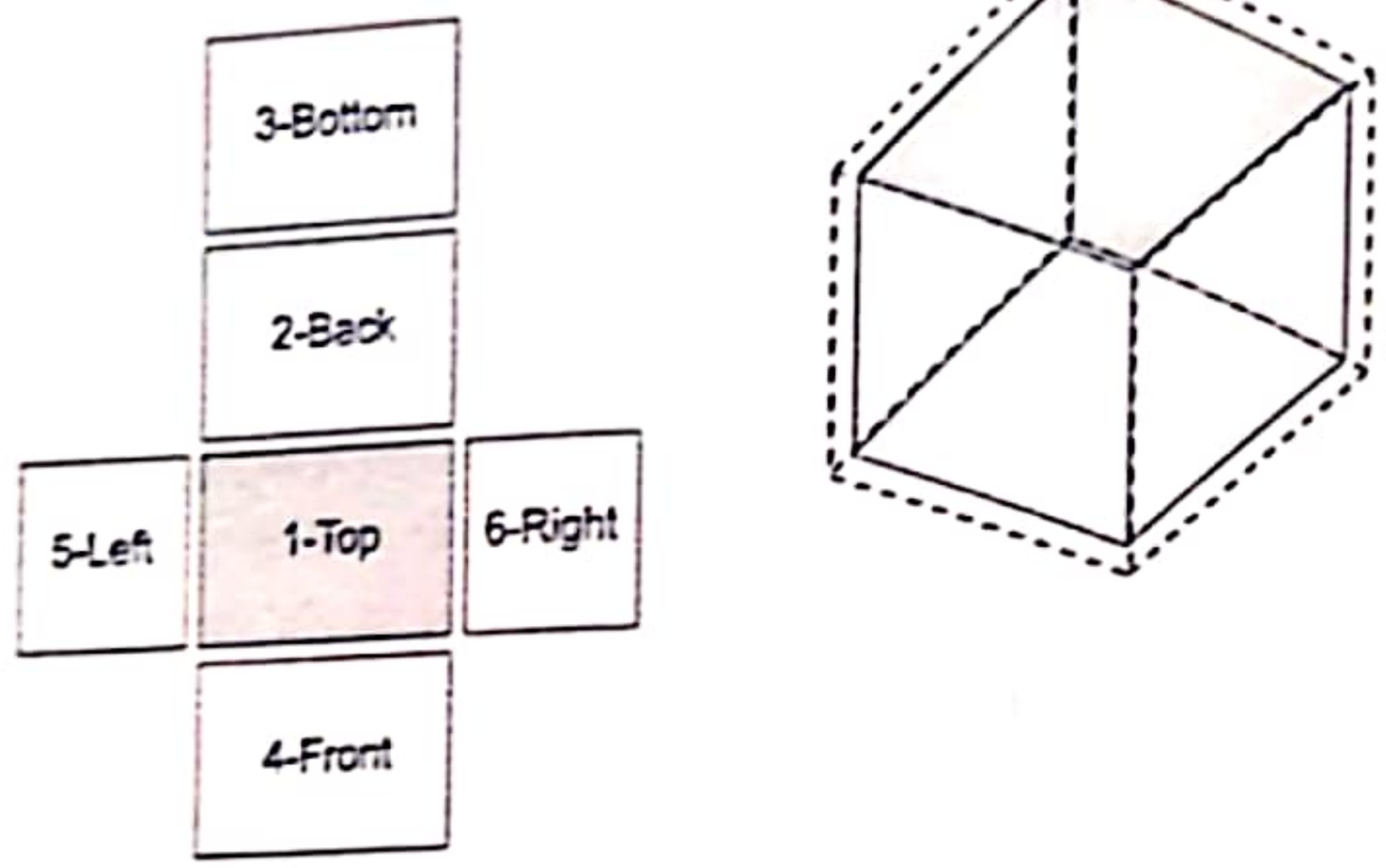
- मशीन के उत्पादन और उपकरण ले जाने की क्षमता में सुधार के लिए कम्प्यूटरीकृत संख्यात्मक नियंत्रण (CNC) मशीन टूल्स में एक स्वचलित टूल चेंजर या ATC का उपयोग किया जाता है।
- ATC उपकरण को बहुत जल्दी बदल देता है गैर-उत्पादक समय को कम करता है
- आमतौर पर यह कई उपकरणों के साथ काम करने के लिए मशीन की क्षमता में सुधार करने के लिए उपयोग किया जाता है।
- यह पूर्ण स्वचालन की दिशा में एक और कदम है।
- एक टूल पत्रिका जहाँ पर्याप्त संख्या में उपकरण संग्रहीत किए जा सकते हैं।
- टूल एडाप्टर जिसमें टूल चेंज आर्म द्वारा पिक-अप का प्रावधान है।

टूल चेनजिंग

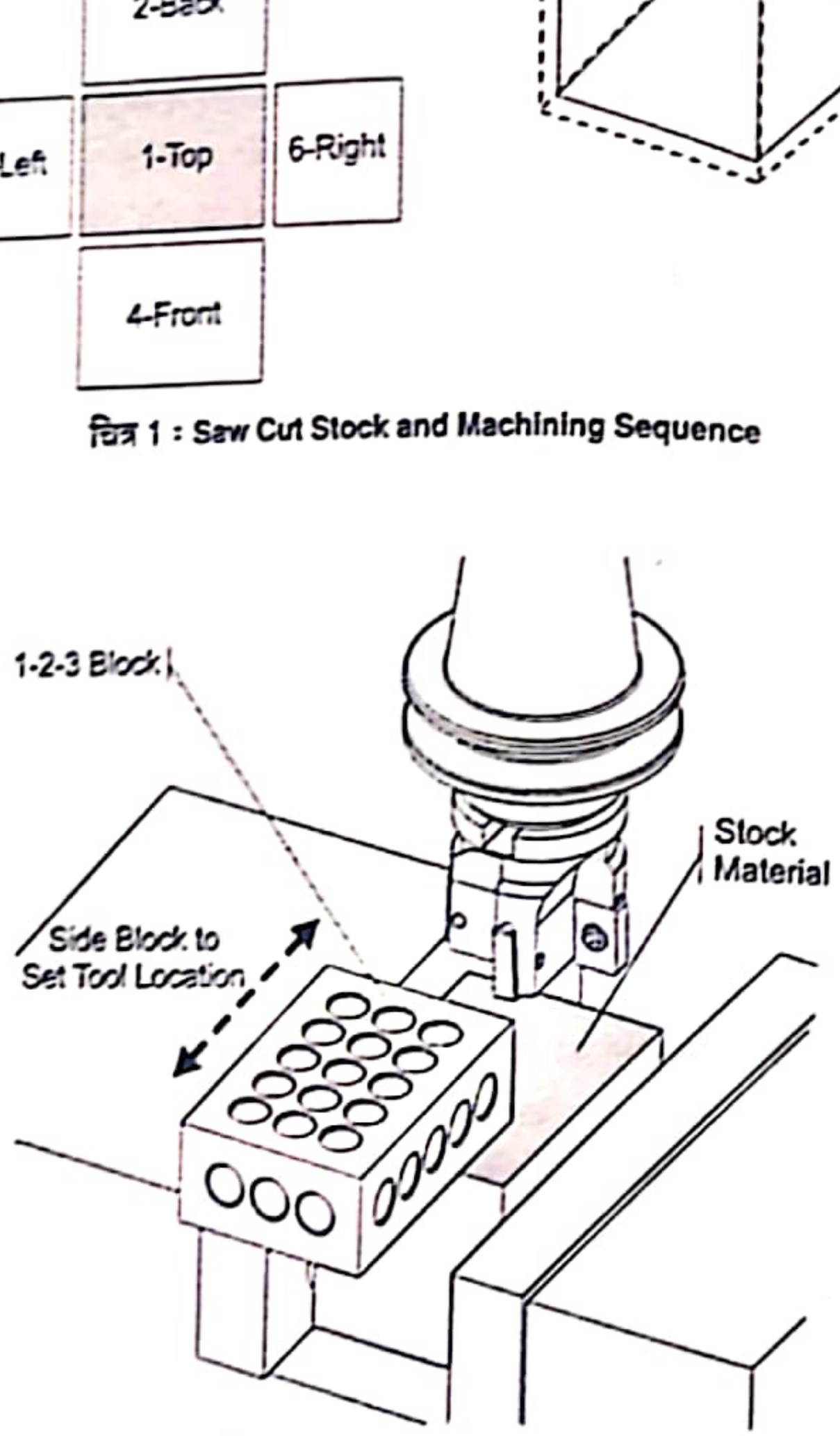
- धुरी से उपकरण के लिए उपकरण परिवर्तन हाथ के लिए सही अभिविन्यास पर धुरी को रोकना।
- उपकरण परिवर्तन हाथ को धुरी में स्थानांतरित करने के लिए।
- उपकरण परिवर्तन हाथ से उपकरण धुरी से लेने के लिए।
- टूल पत्रिका को पहुँचाने के लिए टूल चेंज आर्म का प्रयोग किया जाता है।
- उपकरण पत्रिका सही स्थिति में अनुक्रमित करने के लिए जहाँ से उपकरण रखा जाना है।
- टूल को टूल पत्रिका में रखें।
- टूल मैगजिन को उपकरण परिवर्तन की स्थिति में आवश्यक उपकरण लाने के लिए अनुक्रमित करना।
- टूल पत्रिका से टूल लेने के लिए टूल चेंज आर्म।
- उपकरण शुल्क हाथ तक पहुँचने के लिए सूचकांक।
- स्पिण्डल में नया टूल रखा गया है।
- उपकरण परिवर्तन हाथ अपनी पार्किंग की स्थिति में घूमता रहता है।

टूल चेंजनर्जिंग आर्म

एक डबल ग्रिपर के साथ टूल बदलने के लिए उपयोग किया जाने वाला एक सामान्य प्रकार का टूल चेंज आर्म होता है।



चित्र 1 : Saw Cut Stock and Machining Sequence



चित्र 2 : Set Tool Position

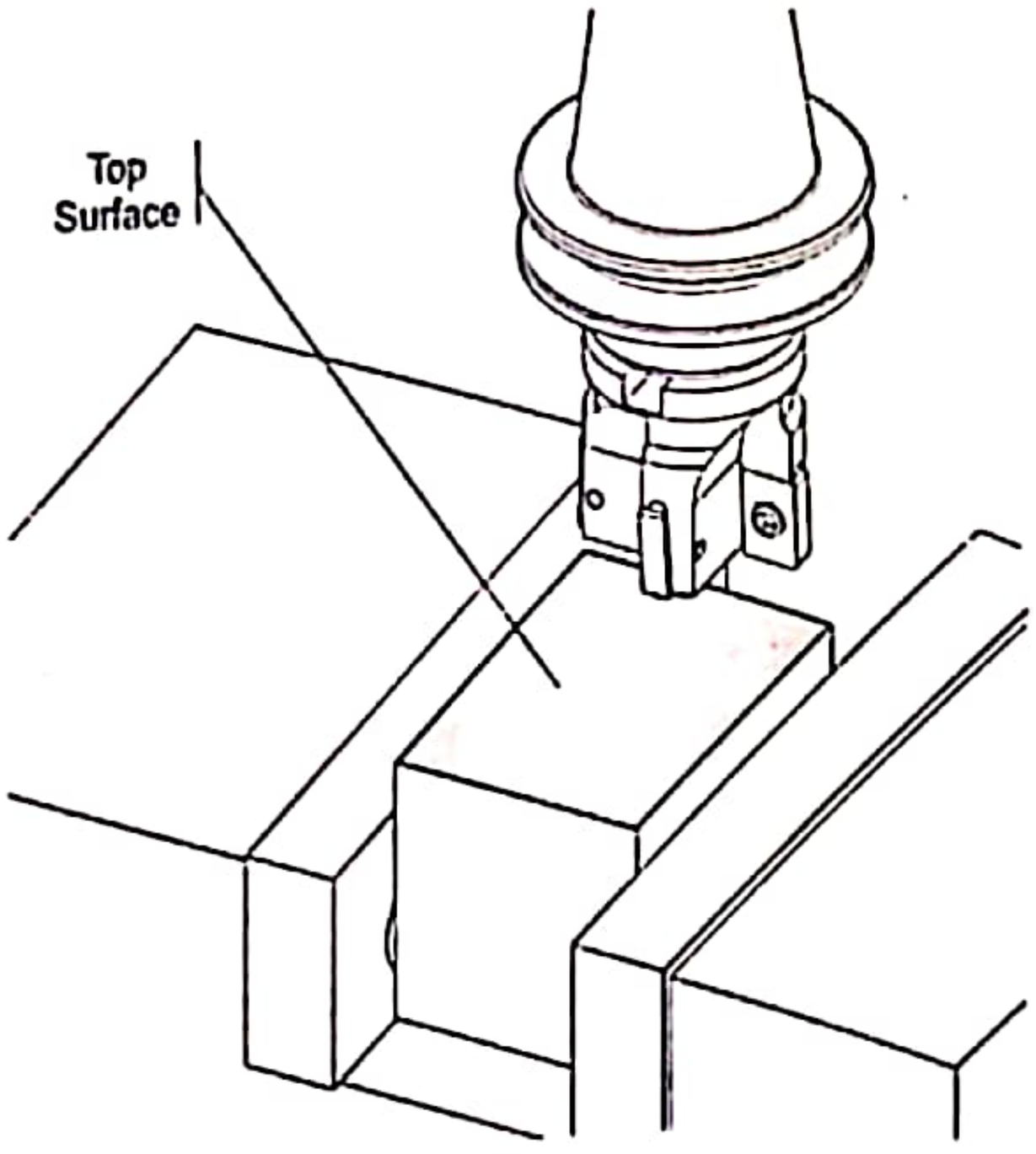
EXPERIMENT – 2

उद्देश्य

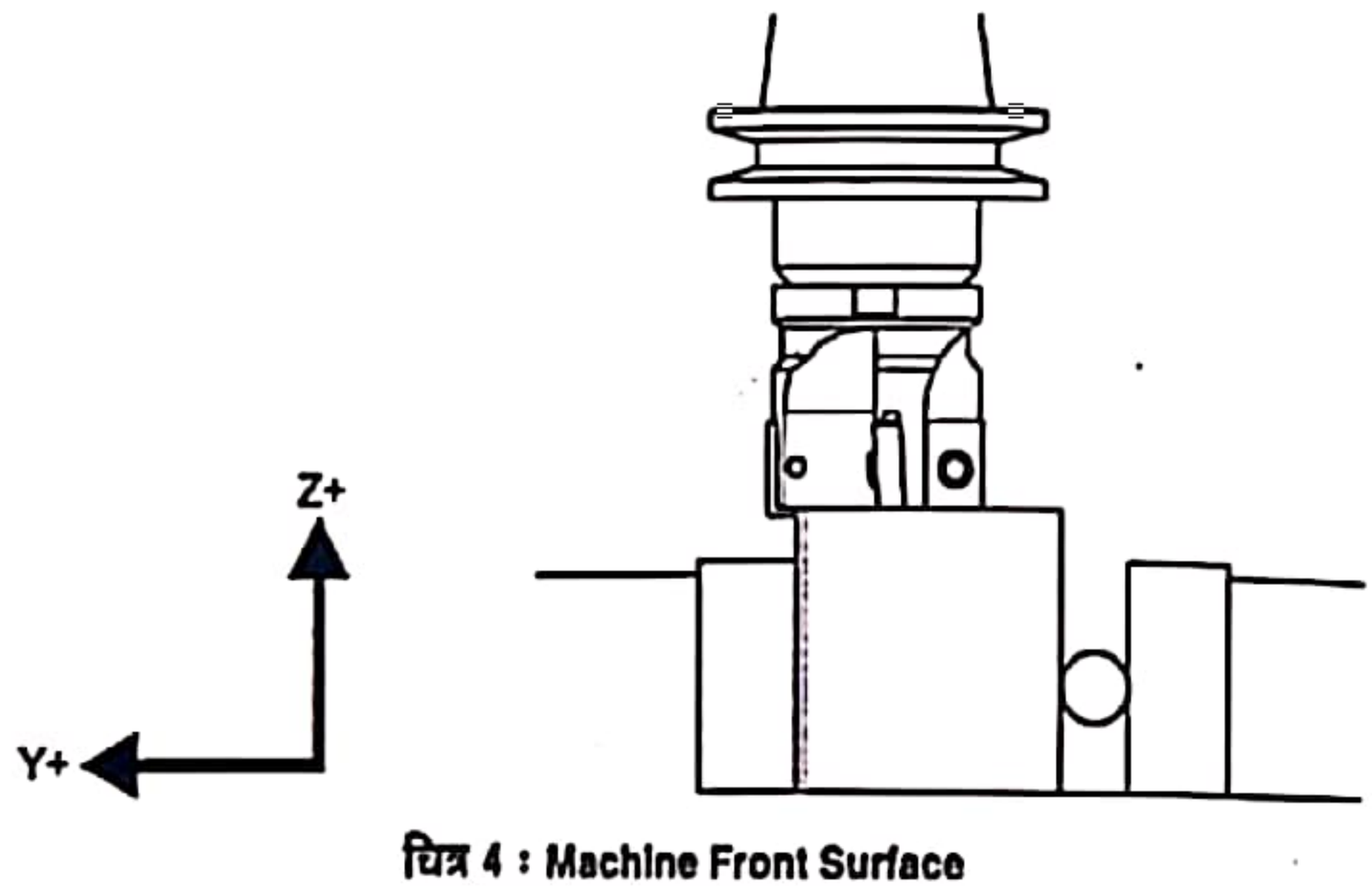
वकपीस संचालन के लिए एक Turning program विकसित करना।

सैद्धांतिक टर्निंग

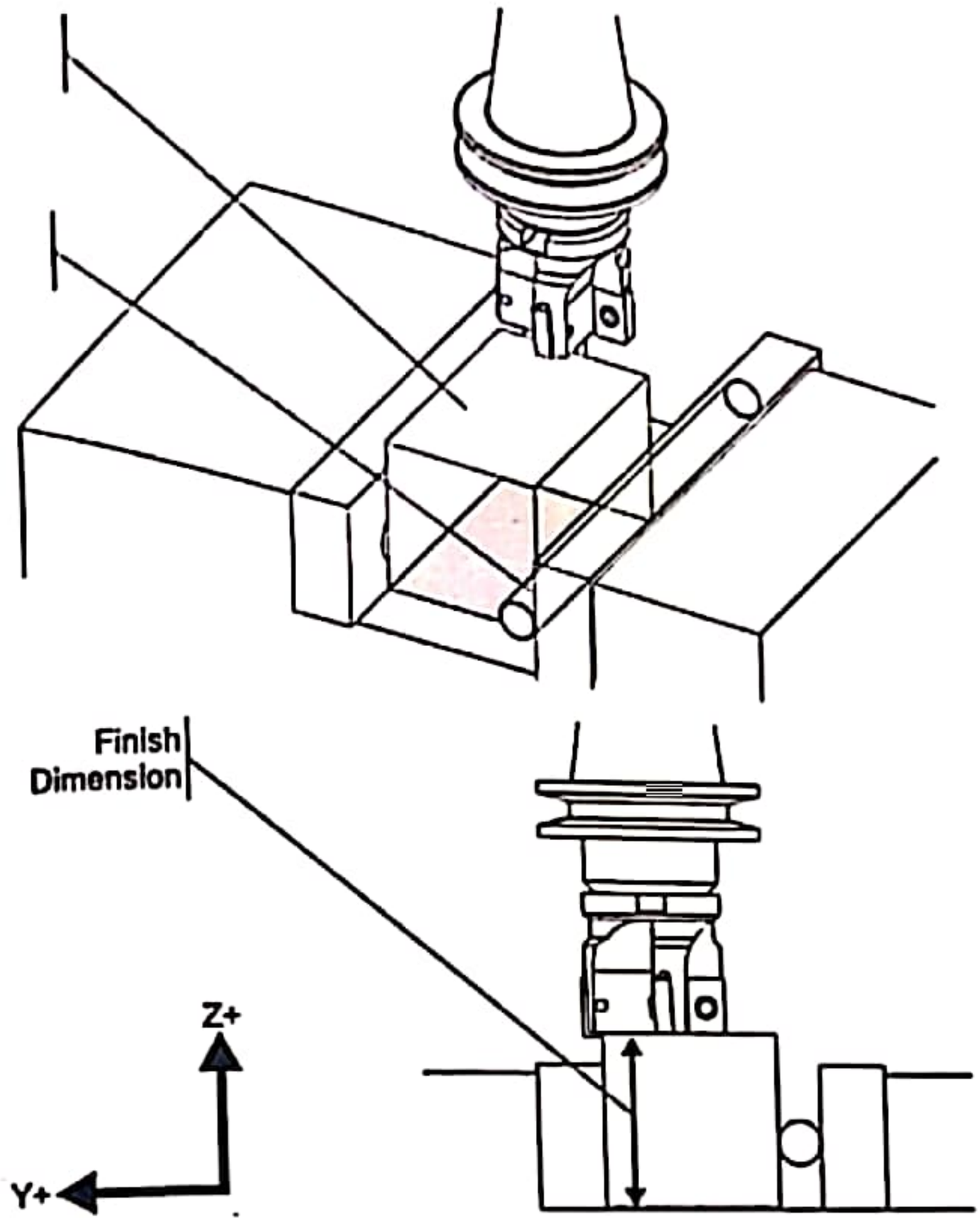
- एक सीएनसी टर्निंग सेंटर का प्राथमिक कार्य यह है कि यह आपके वर्कपीस को घुमाता है या मुड़ता है।
- सीएनसी टर्निंग मशीनें भागों के सबसे पुराने और सरल रूप में से एक है जिन्हें "Lathes" कहा जाता है।
- वर्कपीस वजन और सहनशीलता के आधार पर या तो क्षैतिज या ऊर्ध्वाधर हो सकता है।
- इस प्रक्रिया के लिए वर्कपीस आमतौर पर गोल होते हैं, अन्य आकार के भी हो सकते है—जैसे कि वर्ग या हेक्सा -गोन्स।
- वर्कपीस को उदाहरण द्वारा 'चक' के रूप में माना जाता है।
- चक तब विभिन्न आरपीएमएस (आपकी मशीन की क्षमता के आधार पर) घूमता है।
- सीएनसी टर्निंग केन्द्र।
- टर्न मिल सेंटर (X, Z, C)।
- मल्टीपल एक्सिस टर्निंग सेंटर (X, Z, C, Y)।
- ऊर्ध्वाधर मोड केन्द्र
- Twin-bolt मोड केन्द्र
- कई स्पिण्डल मोड केन्द्र
- एकीकृत सामग्री टर्निंग।
- एक महत्वपूर्ण तरीके की मशीनिंग या वर्कपीस के केन्द्र से हुए एक छेद ड्रिल करें।



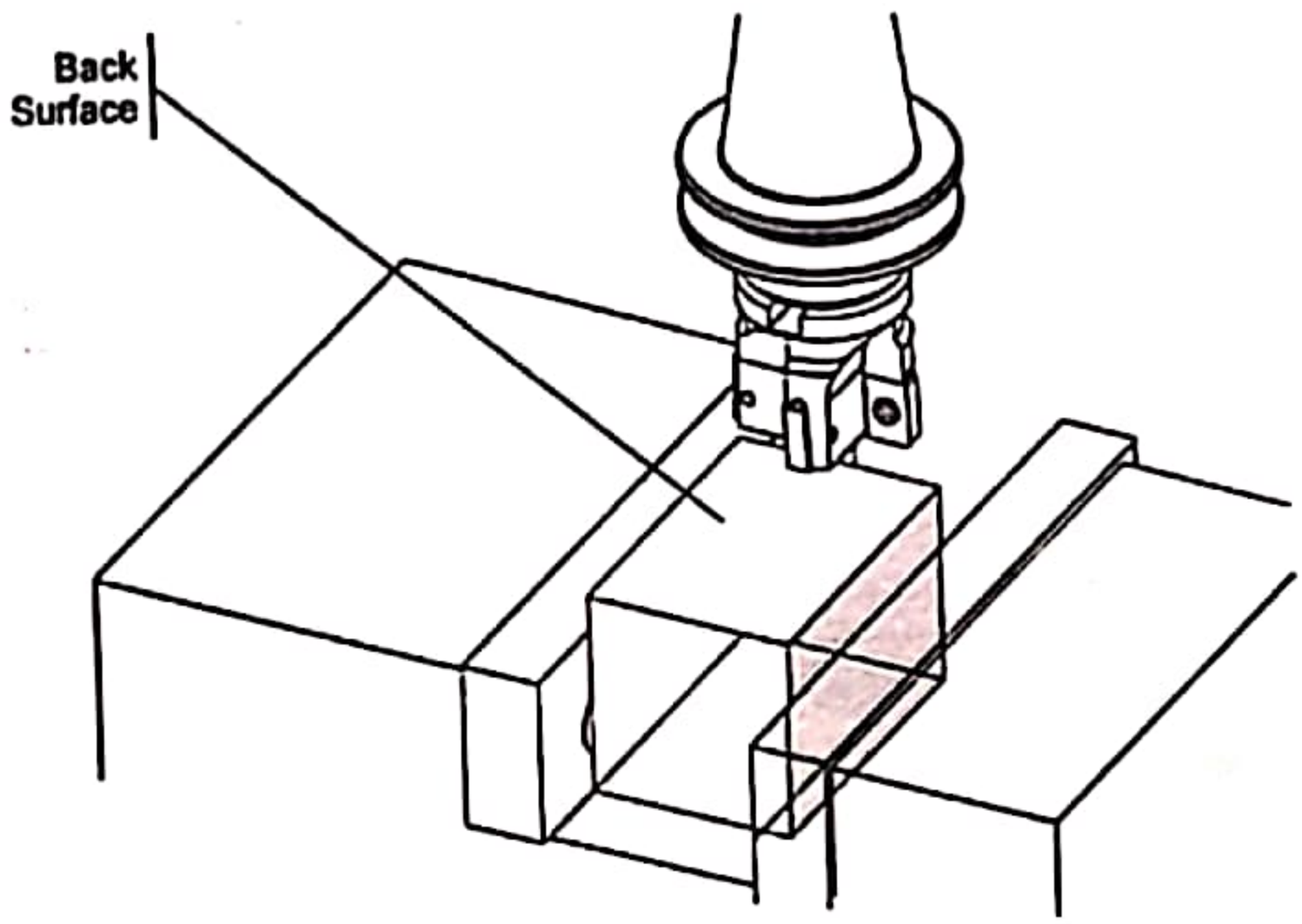
चित्र 3 : Machine Top Surface

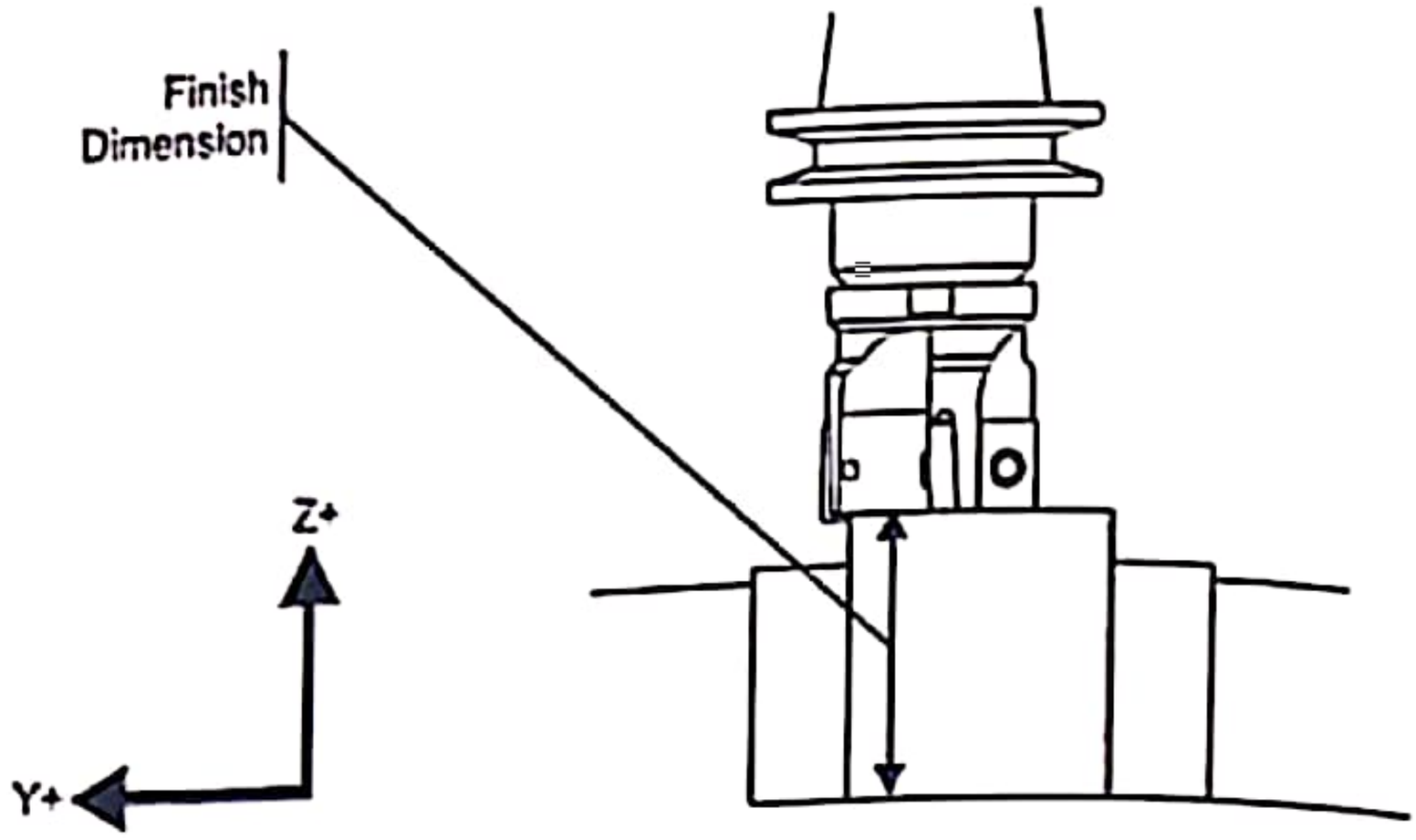


चित्र 4 : Machine Front Surface

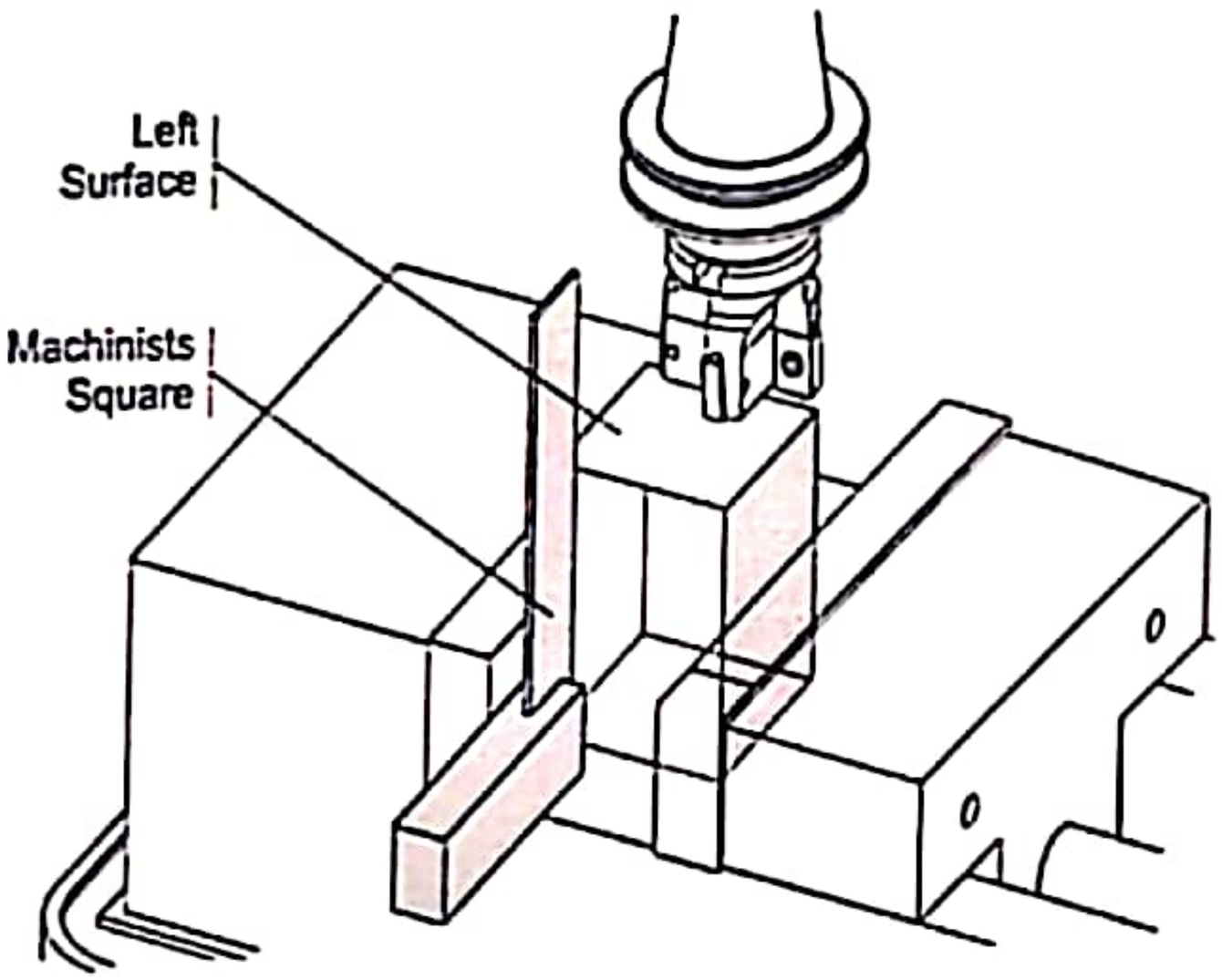


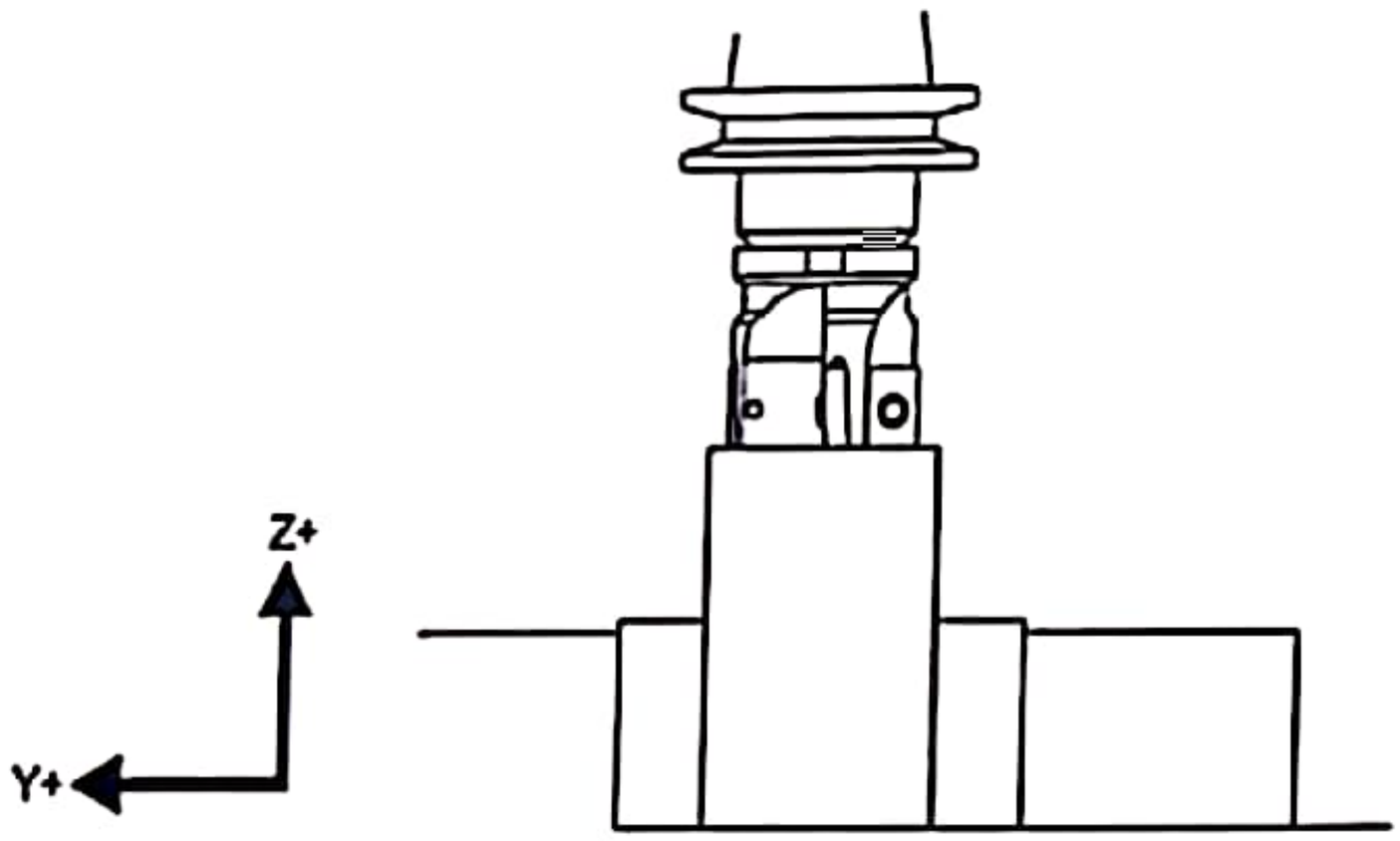
चित्र 5 : Machine Bottom Surface





चित्र 6 : Machine Back Surface





चित्र 7 : Machine Left Surface

EXPERIMENT – 3

उद्देश्य

मिलिंग ऑपरेशन के लिए एक Part program विकसित करें और सीएनसी मिलिंग पर काम करें।

CNC मिलिंग मशीनिंग

- एक CNC मिलिंग मशीन का प्राथमिक कार्य यह है कि आपका उपकरण घुमता और घुमता रहेगा जबकि आपकी वर्कपीस एक स्थान पर (आमतौर पर) रहती है।
- मिलिंग एक अधिक विशिष्ट प्रक्रिया है Jaw-drilling और कटिंग के समान है।
- ये मशीनें या तो क्षैतिज या उर्ध्वाधर हो सकती हैं। फिर से वर्कपीस को सहनशीलता और वजन के आधार पर।
- इस प्रक्रिया में कई अक्ष होते हैं जो कई कोणों पर वर्कपीस में आकार, छेद और स्लॉट की एक किस्म के लिए अनुमति देते हैं।
- इन कुल्हाड़ियों पर कई अलग-अलग युद्धाभ्यास प्रदान करते हैं। या तो स्पिण्डल वेड द्वारा, विशिष्टताओं के लिए वांछित भाग को काटने के लिए।

CNC मिलिंग

सीएनसी मिलिंग एक मशीनिंग प्रक्रिया है जो उच्च सटीकता, उच्च सहिष्णुता के उत्पादन के लिए उपयुक्त है। प्रोटोटाइप में भागों एक बंद और छोटे से मध्यम उत्पादन चलता है। जबकि भागों को आमतौर पर +/0.001 से लेकर +/0.005 इंच तक के बंद सहनशीलता के साथ उत्पादित किया जाता है। कुछ मिलिंग मशीन +/0.0005 से अधिक तक की सहिष्णुता प्राप्त कर सकती हैं। मिलिंग की बहुमुखी प्रतिभा इसे अनुमति देती है उद्योगों की एक विस्तृत श्रृंखला में इस्तेमाल किया जा सकता है और स्लॉट्स, चैफर्स, थ्रेड्स और पॉकेटस सहित विभिन्न प्रकार की सुविधाओं और डिजाइनों के लिए सबसे आम सीएनसी मिलिंग आपस में शामिल हैं—

- फ्रेस मिलिंग
- प्लेन मिलिंग
- कोणीय मिलिंग
- फॉर्म मिलिंग

प्लेन मिलिंग

प्लेन मिलिंग, जिसे सतह या स्लैब मिलिंग के रूप में भी जाना जाता है मिलिंग ऑपरेशन को संदर्भित करता है जिसमें काटने के उपकरण का रोटेशन का अक्ष वर्कपीस की सतह के समानान्तर होता है। यह प्रक्रिया सादे मिलिंग कटरों को काम में लेती है। जिसमें परिधि पर दाँत होते हैं जो कटिंग ऑपरेशन करते हैं। मिलिंग एप्लिकेशन की विशिष्टताओं पर निर्भर करता है जैसे कि कट की गहराई और वर्कपीस का आकार दोनों संकीर्ण और व्यापक का आकार। दोनों संकीर्ण और व्यापक का उपयोग किया जाता है। संकीर्ण गहरी कटौती के लिए अनुमति देते हैं। जबकि बड़े सतह क्षेत्रों को काटने के लिए व्यापक कटर का उपयोग किया जाता है। यदि एक सादे मिलिंग एप्लिकेशन को वर्कपीस से बड़ी मात्रा में सामग्री को हटाने की आवश्यकता होती है, तो ऑपरेटर से पहले कस्टम डिजाइन किए गए भाग की अनुमानित ज्यामित का उत्पादन करने के लिए मोटे-दाँत वाले धीमी गति से काटने की गति और तेज फीड दरों को नियुक्त करता है।

फिर ऑपरेटर तैयार भाग के विवरण का उत्पादन करने के लिए एक महीन दांतेदार कटर, तेजी से काटने की गति धीमी फीड दरों का परिचय देता है। ☐

EXPERIMENT – 4

उद्देश्य :

सीएनसी मशीन के लिए निवारक रखरखाव अनुसूची तैयार करना।

विवरण

सीएनसी मशीनों के लिए रखरखाव के मुद्दों के शीर्ष पर बने रहने के लिए सावधानीपूर्वक समय-निर्धारण, चौकस तकनीशियनों उपलब्धों सेवर घटक और व्यापक प्रलेखन की आवश्यकता होती है। उद्योग के सूत्रों के अनुसार अधिकांश व्यवसाय निवारक रखरखाव प्रणाली के साथ अपनी रखरखाव लागत को 12% और 18% के बीच कम कर सकते हैं इसका मुख्य कारण है—

जब आप छूटे हुए उत्पादन, निर्धारित तकनीशियनों और भागों के रातोरात शिपमेंट पर विचार करते हैं तो रखरखाव की आपात स्थिति और टूटने से निपटने के लिए एक उच्च मूल्य का टैग आता है।

CNC मशीनरी रखरखाव के चार चरण

सीएनसी उपकरण पर मशीनरी रखरखाव को सफलतापूर्वक करने के लिए निम्न चरणों का पालन करें—

1. कस्टम शेड्यूल मेंटेनेंस कार्य

जब निवारक रखरखाव आवश्यकताओं की बात आती है तो प्रत्येक सुविधा अलग होगी। अपने रखरखाव कार्य को शेड्यूल करें। न केवल OEM दिशा-निर्देशों के आस-पास, बल्कि आपकी सुविधा के वास्तविक उपयोग के आस-पास भी यदि आपके पास बड़ी के आस-पास चलने वाले उपकरणों के महत्वपूर्ण टुकड़ों का एक सेट है तो उन लोगों पर अक्सर निरीक्षण और उपकरण रखरखाव का समय सुनिश्चित करें दूसरी ओर शायद ही कभी इस्तेमाल की जाने वाली मशीनों को केवल एक सामयिक निरीक्षण की आवश्यकता हो सकती है यदि आप एक बाहरी रखरखाव कंपनी का उपयोग करते हैं तो आपको उनकी उपलब्धता के आस-पास काम करना होगा यदि आपके पास एक आंतरिक टीम है, तो कौशल स्तर और अन्य प्रयोगिकताओं पर विचार करना सुनिश्चित करें।

डेली महत्वपूर्ण प्रीवेनटीव मेनटेनस बेंचमार्क

(i) हाइड्रोलिक दबाव और तरल पदार्थ की जाँच यह सुनिश्चित करते हैं कि वे सही स्तरों पर काम कर रहे हैं।

(ii) चिकनाई ऑपरेटिंग स्तरों की जाँच करें, और यदि आवश्यक हो तो फिर से भर दें। सुनिश्चित करें कि शीतलन इकाई सही ढंग से काम कर रही है।

(iii) मशीन की खिड़की, दरवाजे और रोशनी को साफ करें ताकि आप अंदर से साफ देख सकें।

साप्ताहिक

नियंत्रण कैबिनेट का फिल्टर लें और ठंडा करने के लिए हवा के प्रवाह की अनुमति देने के लिए इसे साफ करें।

प्रत्येक 112 वर्ष या 500 घण्टे

(i) जंजीरों या कन्वेयर को चिकना करें।

(ii) हाइड्रोक्लिक टैंक को सुखा और साफ करें, और फिल्टर को बदलें।

(iii) चिकनाई इकाई को सुखा और साफ करें।

(iv) अपनी मशीन की लेवलिंग की जाँच करें और समायोजित करें।

वार्षिक या हर 2000 घंटे

(i) हेडस्टाक टेपर के लिए टेलस्टाक का निरीक्षण करें।

(ii) संरेखण के लिए स्पिण्डल और सिलेण्डर की जाँच करें और बाहर चलाएँ।

(iii) X और Z axis पर बैकलैश प्रोग्राम चलाए और आवश्यकतानुसार समायोजित करें। बेशक, ये कार्य मशीनरी के प्रकार का वांछित निवारक रखरखाव परिणामों के आधार पर अलग-अलग होंगे। ये केवल आपको यह सोचने के लिए शुरू करने के लिए बिन्दु हैं कि आप निवारण रखरखाव कार्यक्रम के साथ अपने सीएनसी मशीनों को बेहतर ढंग से कैसे बनाए रख सकते हैं।

2. रिपोर्टिंग इश्यू के लिए चैनल प्रदान करना

हालांकि अनुसूचित निवारण रखरखाव साथ ही स्वचालित सेंसर और डिटेक्टर संभावित समस्याओं को चिन्हित करने में महान् हैं, उन तकनीशियनों का उपयोग करना न भूलें जो हर दिन आपके उपकरणों के सामने लाइनों पर हैं। सुनिश्चित करें कि आपके पास दैनिक कार्यों को करते समय वे जो कुछ भी देख सकते हैं; उसको रिपोर्टिंग के लिए एक आसान उपयोग प्रणाली है। यदि उन्हें लगता है कि उपकरण सामान्य से अधिक जोर से चल रहा है, या बस कुछ ऐसा हो रहा है तो उन्हें जल्द-से-जल्द रिपोर्ट करने में सक्षम होना चाहिए ताकि भविष्य के निवारक रखरखाव की योजना बनायी जा सकें।

3. स्पेयर पार्टस को सुरक्षित रखना

हालांकि यह सच है कि आप बड़ी संख्या में अप्रयुक्त भागों के आस-पास नहीं बैठना चाहते हैं। आप ब्रेकडाउन के मामले में अपने CNC मशीनों के प्रमुख घटक रखना चाहते हैं। हार्ड-टू-सोर्स पार्टस या चीज़ों को प्राथमिकता दें जिन्हें नियमित प्रतिस्थापन की आवश्यकता होती है और उन्हें जल्दी से खोजने के लिए एक प्रणाली ही सुनिश्चित करें।

4. अच्छा रिकॉर्ड बनाए रखें

एक निवारक अनुरक्षण प्रणाली केवल उतनी ही अच्छा है जितना कि इनमें जानकारी। सुनिश्चित करें कि कभी भी किसी मशीन का निरीक्षण, सेवित या प्रतिस्थापित किया गया है।

पूरा रखरखाव लागत का मूल्यांकन करने में महत्वपूर्ण हो सकता है। उपकरण की जगह कब और ऑडिट के दौरान तय करना।

मजबूत रिकॉर्ड अन्य व्यावसायिक निर्णय लेने के लिए भी एक आधार प्रदान करते हैं।

□

EXPERIMENT – 5

उद्देश्य

CNC टर्निंग सेन्टर पर संचालन चालू करने के लिए सॉफ्टवेयर का उपयोग।

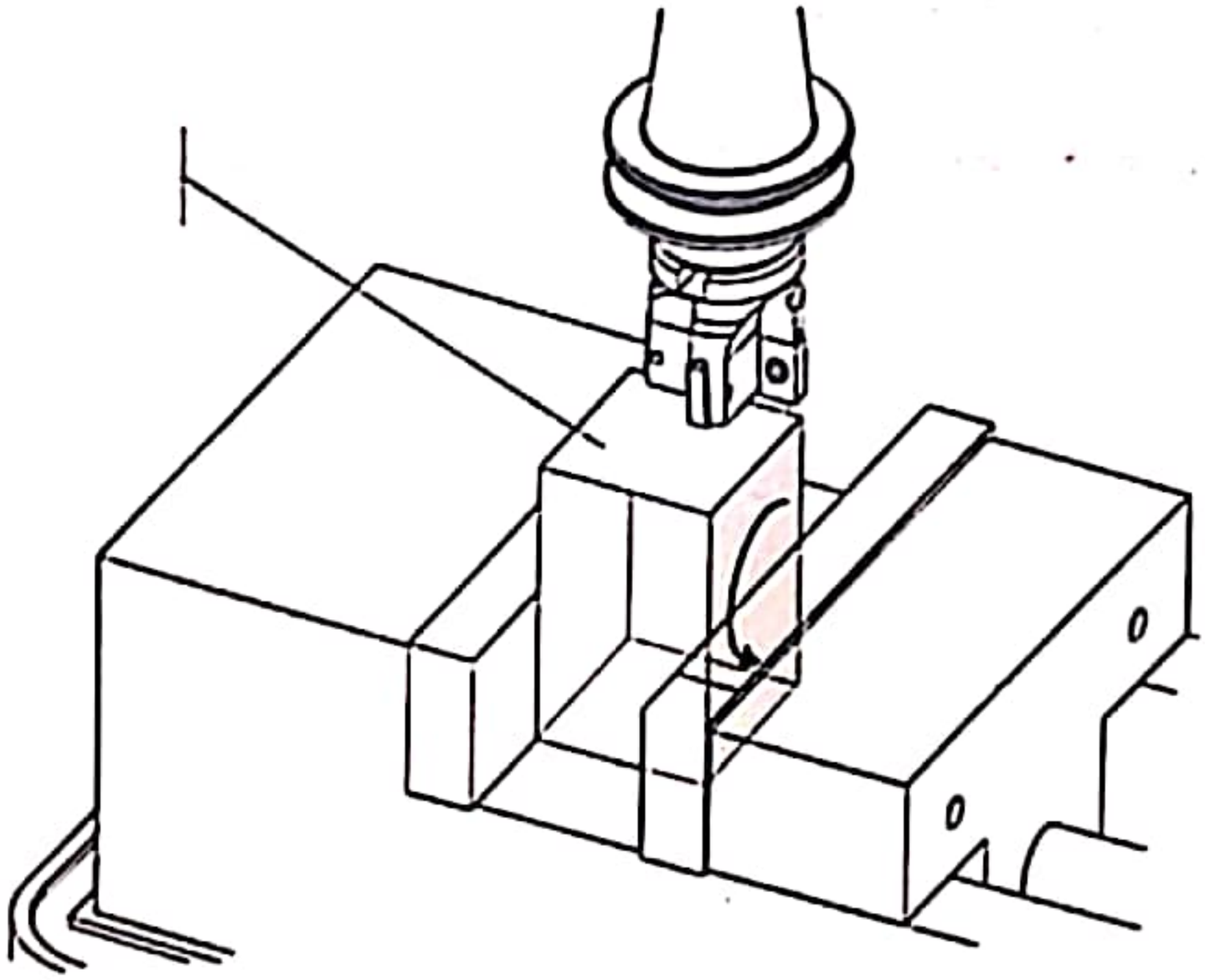
विवरण

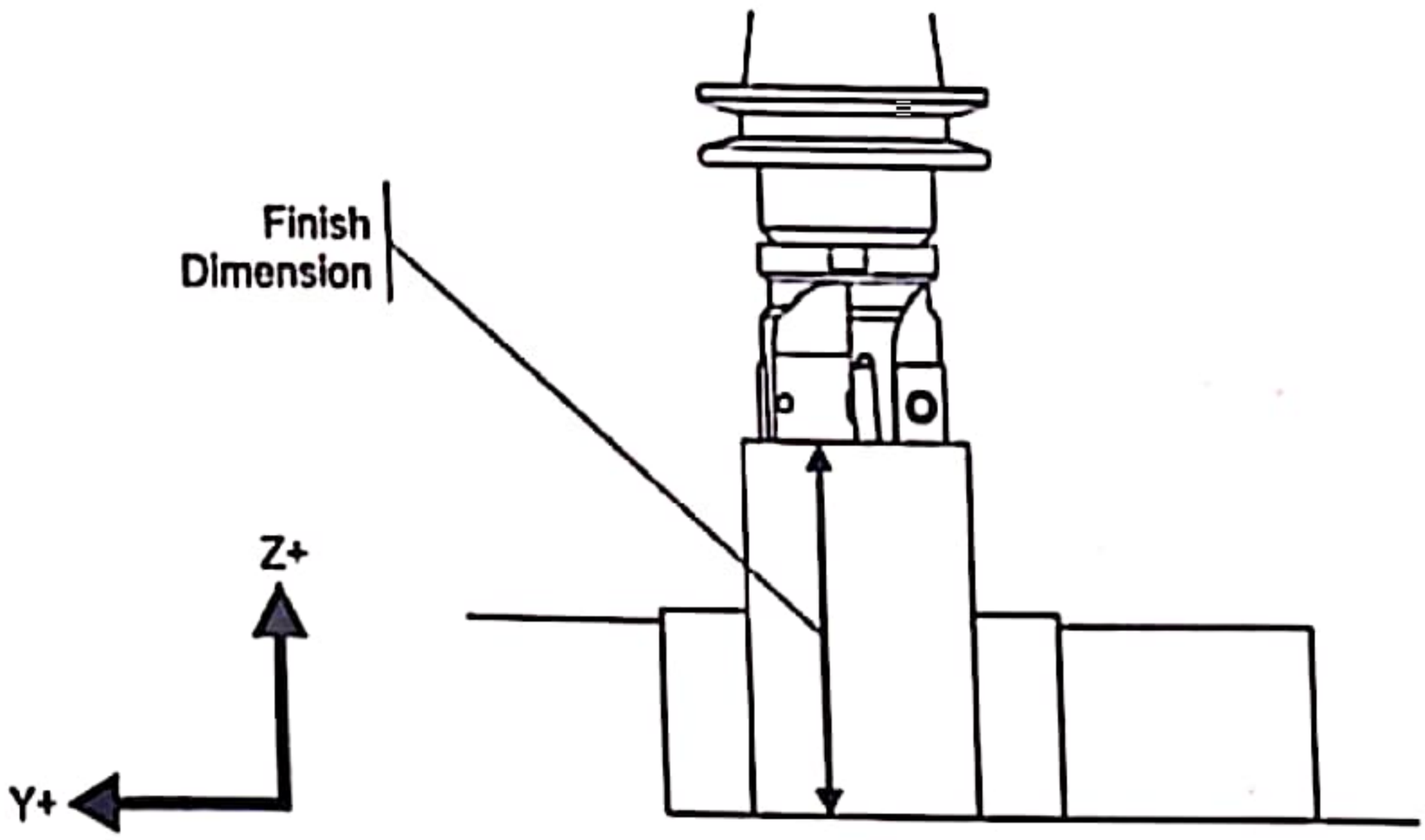
CNC प्रोग्रामिंग संकेत-टर्निंग

- X20 (शून्य) स्थान को इंगित करता है जो प्रोग्रामिंग के लिए शुरुआती विन्दु है।
- उपकरण परिवर्तन की स्थिति का संकेत देता है।
  - (i) एक G92 कोड अक्ष रजिस्टर स्थिति को रीसेट करेगा इस स्थिति के लिए निर्देशांक।
  - (ii) मशीन पर कार्यक्रम चलने के लिए इनमें से निम्नलिखित कोड होने चाहिए—
    - (a) M03—स्पिण्डल/कंटर घुमने लिए
    - (b) SXXX—मिनट सेट करने के लिए स्पिण्डल कोड r/min
    - (c) FXX—कटिंग टूल को स्थानांतरित करने या वांछित स्थिति में काम करने के लिए फीड्रेट कोड।

टेपर/बोवेल/ऐगल

- छोटे व्यास, बड़े व्यास के X2 निर्देशांक और एक फीड्रेट को प्रोग्राम किया जाना चाहिए।
- कटिंग टूल को वर्कपीस के अंत से दूर *x*-axis तक मूव करता है।
- चॉक (हेडस्टाक) की ओर वर्कपीस की लम्बाई के साथ कटिंग टूल को *x*-axis तक मूव करता है।
- X-मूव कटिंग टूल काम को व्यास से दूर करता है।
- एक्स कटिंग टूल को काम के व्यास में ले जाता है।





चित्र 8 : Machine Right Surface

फैनुक काम्पैटीवल कंट्रोल के लिए प्रोग्रामिंग उद्योग में सबसे अधिक उपयोग किया जाने वाला एक है हालांकि कई नियंत्रण केन्द्रक नियंत्रण समान हैं तथा अन्तर है।

कुछ मुख्य अंतर इस प्रकार है—

1. G28 कोड का उपयोग संदर्भ विन्दु के क्रमवद्ध ऑफसेट को सेट करने के लिए किया जाता है।
2. कोड मॉडल है और हर अनुक्रम लाइन में दोहराया नहीं जाना है।
3. सभी आयामों को दशमलव के रूप में दर्ज किया जाता है। ऊपर के भाग के चित्रण का उपयोग करते हुए चित्र एक फैनुक काम्पैक्टीवल कंट्रोल के लिए प्रोग्रामिंग इस प्रकार होगी।

टर्निंग प्रोग्रामिंग

Programming Sequence :

%	(rewind stop code/parity check)
2001	(program number)

N05 G20 G90 G40 :

G20	inch data input.
G90	absolute positioning mode.
G40	cancels tools radius compensation.

N10 G95 S2000 M03 :

G95	feed rate per revolution.
G96	constant feed rate.
S2000	spindle speed set at 2000 r/min.
M03	spindle ON clockwise.

N15 T0202 :

tool number and offset.

N20 G00 X1.200 Z.1000

G00	rapid traverse mode.
X&Z	tool reference or change point.
X1.200	tool point.100 away from the outside diameter.
Z.100	tool point.100 to the right of end of work.

Rough Turning Cycle

N25 G73 U.05 R.05 :

G73	rough turning cycle.
U.05	allowance on diameter for finish cut.
R.05	tool nose radius.

N30 G73 P35 Q95 U.025 W.005 F.008 :

P35	start block of rough contour contour cycle.
Q95	end block of rough contour cycle.
W.005	shoulder allowance for finish cut.
F.008	feed rate at .008 per revolution.

M 35 G00 X.300 Z.050 :

G00	rapid traverse mode.
X.300	tool point at .300 diameter for start of .100 radius.
Z.050	tool point .050 away from end of the part.

N40 G01 Z0 :

G011	linear interpolation (feed).
Z0	tool point touching end of the work.

N45 G03 X.500 Z-.100 R.100:

G03	circular interpolation (counterclockwise).
X.500	largest diameter of radius.
Z-100	end of radius on .500 diameter.
R.100	size of the radius.

N50 G01 Z-650 :

G011	linear interpolation.
Z-.650	machines .500 diameter to .560 length.

N55 X.580 :

X.580	tool moves out to the small diameter of .060 ×45° bevel.

N60 X.700 Z-710 :

X.700	large diameter of level.
Z-.710	end distance of level.

N65 Z-1.150 :

Z-1.150 the .700 diameter cut to 1.150 length.

N70 X.750 :

Z-1.150 cutting tool feeds out to .750 (small end of taper).

N75 X.875 Z-1.800 (cutting taper) :

X-.875 large end of taper.

Z-1.800 length that taper is cutting.

N80 X.925 :

X.925 tool feeds out (faces) to .925 diameter.

N85 Z-2.050 :

Z-2.050 the .925 diameter is cut to 2.050 length.

N90 X1.050 :

X1.050 the tool is fed out to .050 past the diameter of the part.

N95 G00 X1.200 Z.100 (tool back to tool reference point) :

G00 rapid traverse mode.

X1.200 & Z.100 (reference point positions)

Finishing Turning

N100 G72 P35 Q95 F.005 :

G72 finish turn cycle.

F.005 feed rate .005 per revolution.

N 105 G00 X2.000 Z.500 :

G00 rapid traverse mode.

X2.000 & Z.500 machine home position.

N110 M30 :

M30 end of program

% Rewind code.

□

EXPERIMENT – 6

उद्देश्य

मशीन सेन्टर पर मिलिंग ऑपरेशन के लिए सॉफ्टवेयर का उपयोग।

विवरण

CNC प्रोग्रामिंग संकेत ⟶ मिलिंग

मशीन संदर्भ बिन्दु (मशीन की अधिकतम टेवलिंग)

मशीन XY शून्य बिन्दु (उपकरण परिवर्तन बिन्दु हो सकता है)

XY शून्य बिन्दु (प्रोग्रामिंग प्रारम्भ बिन्दु)

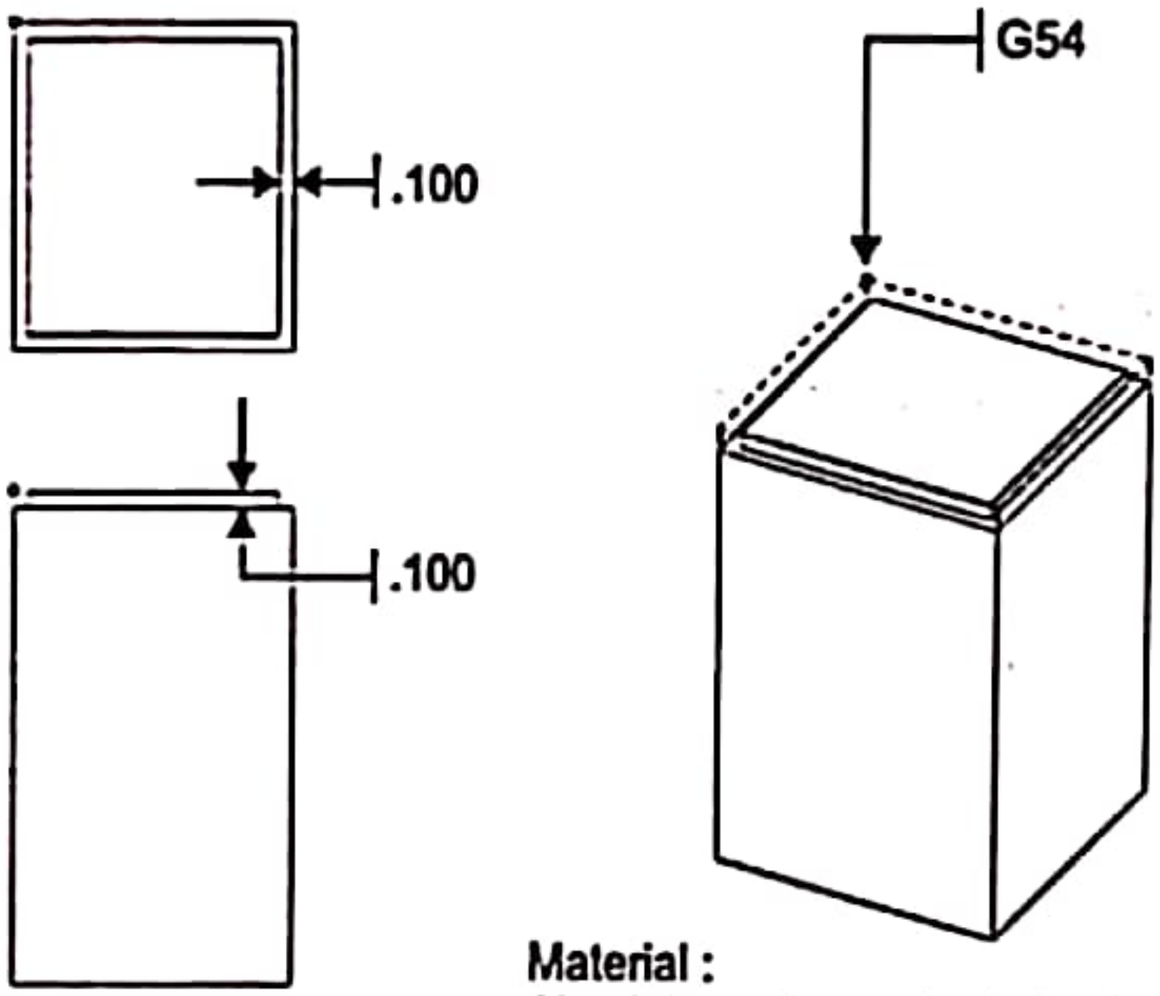
उपकरण परिवर्तन स्थिति को इंगित करता है तथा G92 कोड अक्ष रजिस्टर स्थिति को रीसेट करेगा इस स्थिति के लिए निर्देशांक।

मशीन पर चलने के कार्यक्रम के लिए निम्नलिखित कोड होने चाहिए—

B.M. 30—स्पिण्डल/कटर घूमना शुरू करना।

SXXX—मिनट सेट करने के लिए स्पिण्डल स्पीड कोड।

FXX—कटिंग टूल या वर्कपीस को वांछित स्थिति में ले जाने के लिए फीड कोड दर।



Material :
Aluminium 2.000 × 2.000 × 3.000

चित्र 9 : Contour Block

Angles

The X Y coordinates of the start point and end point of the angular surface plus a feed rate (F) are required.

Z Codes :

(i) A Z dimension raises the cutter above the work surface.

(ii) Z Z-dimension feeds the cutter into the work surface.

(iii) Z.100 is the recommended retract distance above the work surface before a rapid move (G00) is made to another location.

RADII/Contour Requirements

(i) The start point of the arc (XY coordinates)

(ii) The direction of cutter travel (G02 of G03).

(iii) The end point of the arc (XY coordinates).

(iv) The center point of the arc (IJ coordinates) or the arc radius.

Milling and Drilling Programming

Program Notes

(i) Program in the absolute mode starting at the tool change position at the top left corner of the print.

(ii) The material is aluminium (300 CS), feedrate 10 in/min.

(iii) The cutting tool is a .250 in. diameter high speed steel 2-flute end mill.

(iv) Mill the 1 in.square slot.

(v) Drill the two .250 in.diameter holes, .250 in. deep.

(vi) Mill the .250 in.wide angular slot, .125 in. deep.

(vii) Mill the .250 in.wide circular groove, .125 in. deep.

(viii) After the job is completed, return to the tool change position.

Programming

%	(rewind stop code/parity check)
2000	(program number)
N5 G92 X-.000 Y 1.000 Z 1.000	
G92	programmed offset of reference point (tool change position).
X-1.000	tool set at 1.000 to the left to the part.
Y 1.000	tool set at 1.000 above the top edge of the part.
Z 1.000	the end of the cutter is 1.000 above the top surface of the part.
N 10 G20 G90	
G20	inch data input.
G90	absolute programming mode.
N15 M06 T01	
M06	tool change command.
T01	tool no. 1 (.250 diameter, 2-flute end mill).

N20 S2000 M03

S2000 spindle speed set at 2000 r/min.

M03 spindle on clockwise.

N25 G00X0 Y0 Z. 100

G00 rapid traverse rate to X0 Y0 at the top left corner of the part.

Z.100 tool rapids down to within .100 of the work surface.

Machining the Square Sroove

N30 X.375 Y-.375

tool rapids to position A.

N35 G01 Z–125 F10

G01 linear interpolation.

Z-.125 tool feeds .125 below the work surface.

F10 feed rate set at 10 in./min.

N40 X1.625 Y-.375

X1.625 top groove cut to the right hand end.

Y-.375 measurement did not change because it was set in block N30.

N45 Y-1.625

Y-1.625 right hand side of the groove cut.

N50 X.375

X.375 bottom groove cut to the left side.

N55 Y-.375

Y-.375 left-hand side of groove cut; this completes the groove.

N60 G00 Z.100

G00 rapid traverse mode.

Z.100 tool rapids to .100 above work surface.

Hole Drilling

N65 G00 X.875 Y-.750

tool rapids to the top left hole location.

N70 G01 Z-.250 F10

tool feeds .250 into work at 10 in./min. to drill the first hole.

N75 G00 Z.100

tool rapids out of hole to .100 above work surfaces.

N80 X1.250 Y-1.125

tool rapids to second hole location.

N85 G01 Z-.250 F10

tool feeds .250 into work at 10 in./min. to drill the second hole.

N90 G00 Z.100

tool rapids out of hole to .100 above work surface.

Machining the Angular Slot

N95 X1.125 Y-.875 (location B)

tool rapids to the start of the angular slot.

N100 G01 Z-.125 F10

G01 linear interpolation.

Z-.125 tool feeds to .125 below the work surface.

F10 feed rate set at 10 in./min.

N105 X1.250 Y-.750

angular slot cut to top right corner.

N110 G00Z.100

tool rapids to .100 above work surface.

Machining the Circular Groove

N115 X.750 Y-1.000 (location C)

tool rapids to start of circular groove.

N120 G01 Z-.125 F10

tool feeds to .125 below the work surface.

N125 G03 X1.000 Y-1.250 R.250

G03 circular interpolation counterclockwise

X & Y location of end of circular groove.

R.250 radius of arc is .250.

N130 GOOZ.100

tool rapids to .100 above work surface.

N135 X-1.000 Y 1.000

tool rapids back to tool change position.

N140 M05

M05 spindle turned off.

N145 M30

M30 end of program.

❑