

शनि कुमार • कृष्ण मुरारी अग्रहरी

# कम्प्यूटर एडेड डिज़ाइन एवं मैनुफ़ैक्चरिंग

Computer Aided Design & Manufacturing



एशियन पब्लिशर्स, मुज़फ़्फ़रनगर®

# SYLLABUS

## COMPUTER AIDED DESIGN AND MANUFACTURING

L T P  
4 - 6

**Rationale:** Manufacturing of this century belongs to computerized equipment & machine tools to manufacture a variety of components with high quality, high precision & low cost at a faster rate. Computer Aided Designing, Computer Aided Manufacturing & Flexible Manufacturing Systems—all are the part of Computer Integrated Manufacturing which help to achieve the desired goals in manufacturing. After studying the subject, the students will be able to know about these integrated techniques which help a manufacturer to achieve his goal with in stipulated time.

### Learning Outcomes

At the end of the course, the students will be able to:

- know about Computer aided design and manufacturing.
- know the process of 2D & 3D transformations.
- know the method of viewing objects in 3D space.
- know about CNC operations for turning and milling.
- understand about tool path generation and verification.
- know about flexible manufacturing system.
- know about Rapid Prototype additive manufacturing.
- know about robotics.

### SUGGESTED DISTRIBUTION OF MARKS

| S. No. | Topics                                       | Time Allotted (Periods) | Marks Allotted (%) |
|--------|----------------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| 1.     | Introduction                                 | 08                      | 15                 |
| 2.     | Surface/Solid Modelling Using CAD/CAM        | 08                      | 15                 |
| 3.     | Viewing Objects in 3D Space                  | 08                      | 15                 |
| 4.     | CAM (Computer Aided Manufacturing)           | 10                      | 16                 |
| 5.     | Flexible Manufacturing System                | 08                      | 15                 |
| 6.     | Manufacturing Applications—Rapid Prototyping | 06                      | 09                 |
| 7.     | Robotics                                     | 08                      | 15                 |
|        | <b>Total</b>                                 | <b>56</b>               | <b>100</b>         |

### DETAILED CONTENTS

#### 1. Introduction

(08 Periods)

- 1.1 Introduction to CAD/CAM/CIM
- 1.2 Advantages of CAD/CAM
- 1.3 Product Cycle and CAD/CAM
- 1.4 Automation and CAD/CAM
- 1.5 Reasons for implementation of CAD/CAM
- 1.6 Steps involved in CAM operation.

#### 2. Surface / Solid Modelling Using CAD/CAM

(8 Periods)

- 2.1 Introduction to parametric and non-parametric surfaces.
- 2.2 Creation of simple surfaces using revolved surface, ruled surface and 3D surfaces commands.
- 2.3 Designing Software used in creation of solid models.
- 2.4 Concept of solid models.



- 2.5 Solid Primitives—Box, cylinder, Cone, Sphere, Wedge and torus.
- 2.6 Construction of solid using Region, Extrude and Revolved feature.
- 2.7 Creation of Composite solid using Boolean function e.g. Union, Subtraction and Intersection.
- 2.8 Sectioning of Solids and modification of solid edges and faces using solid editing commands. Shell, Separate commands.
- 2.9 Performing 3D operations like 3D array, mirror and rotate.
- 2.10 Creation of fillets and chamfers.
- 2.11 Dimensioning of solids.
- 2.12 2D and 3D transformation: Translation, Scaling, rotation, mirror, zooming, panning and clipping.

### 3. Viewing Objects in 3D Space

(08 Periods)

- 3.1 Viewing the objects in different views.
- 3.2 Concept of SW, SE, NE and Isometric Views.
- 3.3 View Ports.
- 3.4 Layout, changing from Model to Paper space Layout.
- 3.5 Arranging the Drawing showing different views to get the hard copy.
- 3.6 Plotting the drawing.

### 4. CAM (Computer Aided Manufacturing)

(10 Periods)

- 4.1 Setting up the jobs, defining the operation, creating geometry.
- 4.2 Specifying the tools, machining parameters and type of machining.
- 4.3 Back plotting and verification of operation.
- 4.4 Post processing—Converting the generated tool path in NC code depending on the system.
- 4.5 Setting up the parameter relating to communication like transfer of programs to CNC machine.
- 4.6 Transfer of drawing data from any CAD software to CNC MIC and generation of G-codes, M-codes.

### 5. Flexible Manufacturing System

(08 Periods)

- 5.1 Introduction to FMS.
- 5.2 Principles of flexibility—changes in manufacturing system—external changes and internal changes job flexibility, machine flexibility.
- 5.3 Features of FMS—production equipment, support system, material handling system, computer control system.
- 5.4 Advantages & limitations of FMS.

### 6. Manufacturing Applications—Rapid Prototyping

(06 Periods)

- 6.1 3D printing
- 6.2 Fused deposition modeling
- 6.3 Laminated object manufacturing
- 6.4 Selective laser sintering
- 6.5 Stereo lithography
- 6.6 Ball 3 to 2 particle manufacturing

### 7. Robotics

(08 Periods)

- 7.1 Introduction to robot
- 7.2 Robot configuration
- 7.3 Robot motions
- 7.4 Robot programming languages
- 7.5 Work cell, control and interlock, robot sensors
- 7.6 Robot applications

### LIST OF PRACTICALS

1. Performing 3D operations like Array, mirror, rotation, translation using solid works.
2. Performing 3D operation- panning, zooming, clipping etc.
3. CNC Programming for turning operation.
4. CNC Programming for pocket milling.
5. CNC Programming for profile milling.
6. CNC Programming for facing and drilling.
7. Performing operation on trainer Lathe.
8. Designing of Simple machine components.
9. Designing of Crank shaft (Connecting Rod).
10. Performing simple assembly operations like- nut, bolt, coupling etc.

# विषय-सूची

|                                                                                       |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. परिचय (Introduction)                                                               | 1-20    |
| 2. CAD/CAM के उपयोग से सतह/ठोस प्रतिरूपण (Surface/Solid Modelling Using CAD/CAM)      | 21-64   |
| 3. 3-D स्पेस में वस्तुओं को देखना (Viewing Objects in 3-D Space)                      | 65-114  |
| 4. कंप्यूटर एडेड मैनुफैक्चरिंग (Computer Aided Manufacturing—CAM)                     | 115-140 |
| 5. लचीली विनिर्माण प्रणाली (Flexible Manufacturing System)                            | 141-174 |
| 6. विनिर्माण अनुप्रयोग—तीव्र प्रतिकृति (Manufacturing Applications—Rapid Prototyping) | 175-206 |
| 7. रोबोटिक्स (Robotics)                                                               | 207-230 |
| • प्रयोगात्मक (Practicals)                                                            | 231-263 |
| • महत्वपूर्ण प्रश्न उत्तर (Important Question Answers)                                | 264-283 |
| • प्रश्न-पत्र (Paper)                                                                 |         |



**1.1. CAD/CAM/CIM का परिचय (Introduction to CAD/CAM/CIM)****1.1.1. परिचय (Introduction)**

मानव अपने जीवनयापन के लिए पूरी तरह से प्राकृतिक पर निर्भर है लेकिन जैसे-जैसे मानव का विकास हुआ, मानव ने प्राकृतिक का दोहन शुरू कर दिया और औद्योगिकीकरण का विकास हुआ। लेकिन हमारी जनसंख्या इतनी तेजी से बढ़ रही है कि, औद्योगिकीकरण के पारम्परिक विधियों से हमारी आवश्यकता पूरी होना सम्भव नहीं था। अतः नयी मशीनों और टेक्नोलॉजी का विकास हो रहा है जो स्वचालित होती हैं। इनको चलाने के लिए न्यूमेरिक (numeric) कोड का उपयोग किया जाता है। लेकिन इन कोड को बनाना और इनका प्रबंधन (management) बहुत कठिन कार्य है। कम्प्यूटर के प्रचलन के बाद औद्योगिक विधियों का बहुत ज्यादा विकास हुआ क्योंकि कम्प्यूटर की सहायता से डाटा का समायोजन और गणना करना बहुत ही आसान हो जाता है। इस समय उद्योगों का लगभग सभी कार्य कम्प्यूटर की सहायता से किया जाता है।

कम्प्यूटर एडेड मैनुफैक्चरिंग (CAM), कम्प्यूटर एडेड डिजाइन (CAD), कम्प्यूटर इंटीग्रेटेड मैनुफैक्चरिंग (CIM), कम्प्यूटर एडेड इंजीनियरिंग (CAE) और फ्लेक्सिबल मैनुफैक्चरिंग सिस्टम (FMS) जैसे बहुत सारे कम्प्यूटर प्रोग्राम हैं जो उद्योगों के कार्यों को सरलता और शुद्धता के साथ कर सकते हैं। कम्प्यूटर एडेड डिजाइन (CAD) उत्पाद के लिए डिजाइन और प्रलेखन (documentation) करने की एक प्रक्रिया है। CAM उत्पादन प्रक्रिया में नियंत्रण और प्रबंधन प्रदान करता है। CIM शब्द कम्प्यूटर के उपयोग के द्वारा सूचना एकत्र करने, उत्पाद को डिजाइन करने, उत्पादन प्रक्रिया की योजना बनाने, प्रक्रिया का प्रबंधन करने और उत्पादन उद्योगों के लिए व्यापार से सम्बंधित आवश्यक कार्य को निष्पादन करने में मदद करता है। प्रारम्भिक मूल्य अधिक होने के कारण छोटे स्तर की उत्पादन इकाईयाँ इनका प्रयोग करने से बचती हैं जिससे उनका समुचित विकास नहीं हो पाता है। उपरोक्त तकनीक उत्पादन के क्षेत्र में सभी आवश्यकताओं को पूरा करने में पूर्णतः सक्षम है।

CAD/CAM के लिए उपयोग किये जाने वाले कम्प्यूटर, व्यक्तिगत कम्प्यूटर (Personal computer) के समान होते हैं परन्तु इनकी कार्य क्षमता सामान्यतः उच्च होती है, लेकिन ये चार से पांच गुना अधिक महंगे भी होते हैं। कम्प्यूटर और CAD के लिए प्रयोग में आने वाले सभी अवयव (element) को वर्कस्टेशन (Work station) के नाम से जाना जाता है। वर्कस्टेशन के लिए उपलब्ध कम्प्यूटर एडेड इंजीनियरिंग (CAE) सॉफ्टवेयर सामान्यतः उच्च गति के साथ परिष्कृत डिजाइन बनाने में समर्थ होते हैं। यह संख्यात्मक गणना को भी शुद्धता के साथ पूरा करने में सक्षम है इसलिए सामान्य सॉफ्टवेयर की तुलना में महंगे होते हैं। CAD/CAM सॉफ्टवेयर के लिए मेनफ्रेम कम्प्यूटर सिस्टम बहुत उपयोगी होते हैं, क्योंकि मेनफ्रेम कम्प्यूटर सिस्टम जटिल सॉफ्टवेयर पैकेजों (CAD/CAM) की कार्यात्मक मांगों को पूरा करने में सक्षम होते हैं।

इस समय कम्प्यूटर का उपयोग उत्पादन प्रक्रम के सभी उद्देश्यों के लिए किया जा रहा है। बाजार में कई प्रकार के कम्प्यूटर सिस्टम हैं जिन्हें लगातार विकसित और परिष्कृत किया जा रहा है।



उद्योग में मुख्यतः तीन प्रकार के कम्प्यूटर उपयोग किये जा रहे हैं—

- (A) मेनफ्रेम कम्प्यूटर (Main frame computer)
- (B) मिनीकम्प्यूटर (Mini computer)
- (C) माइक्रो कम्प्यूटर (Micro computer)

### 1.1.2. निवेश युक्तियाँ (Input Devices)

इनपुट डिवाइस का उपयोग सूचनाओं को कम्प्यूटर में प्रवेश करने के लिए किया जाता है जिसके आधार पर कम्प्यूटर विभिन्न कार्यों को आदेश के अनुसार संचालित करता है। कम्प्यूटर के लिए निम्नलिखित प्रकार के इनपुट डिवाइस उपयोगी होती है—

- (i) **कीबोर्ड (Keyboard)**—कीबोर्ड पर बनी चाबियों (keys) की सहायता से सूचनाओं को सम्प्रेषित करते हैं।
- (ii) **लाइट पेन (Light pen)**—स्क्रीन पर सीधे पेन को इंगित करके आवश्यक स्थिति का चयन किया जाता है।
- (iii) **जॉयस्टिक (Joysticks)**—ऊर्ध्वाधर लीवर की सहायता से किसी भी दिशा में गति को नियंत्रित करता है।
- (iv) **माउस (Mouse)**—कम्प्यूटर माउस एक हाथ से पकड़े जाने वाला सूचक उपकरण है जो दो-आयामी (Two dimensional) गति करता है।
- (v) **ट्रैकर गेंद (Tracker ball)**—बॉल की सहायता से दो-आयामी (Two dimensional) गति को नियंत्रित किया जाता है।
- (vi) **स्टाइलस (Stylus)**—स्टायलस (या स्टायलस पेन) पेन के आकार का एक छोटा सा उपकरण होता है, जिसका उपयोग आदेश प्रवेश (Command input) करने के लिए किया जाता है।



चित्र 1.1—निवेश युक्ति (Input device)

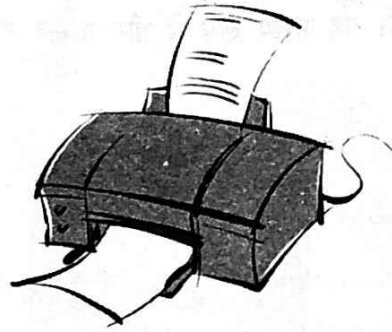
### 1.1.3. आउटपुट युक्तियाँ (Output Devices)

आउटपुट डिवाइस वह यन्त्र है जो प्रदर्शन (Display) या प्रक्षेपण (Projection) के लिए कम्प्यूटर से डेटा प्राप्त करता है, उदाहरण के लिए, मॉनिटर एक आउटपुट डिवाइस है जो छवि (image) दिखाता है और प्रिंटर कम्प्यूटर द्वारा दी गयी सूचना के आधार पर किसी भी जानकारी की हार्ड कॉपी बना सकता है।



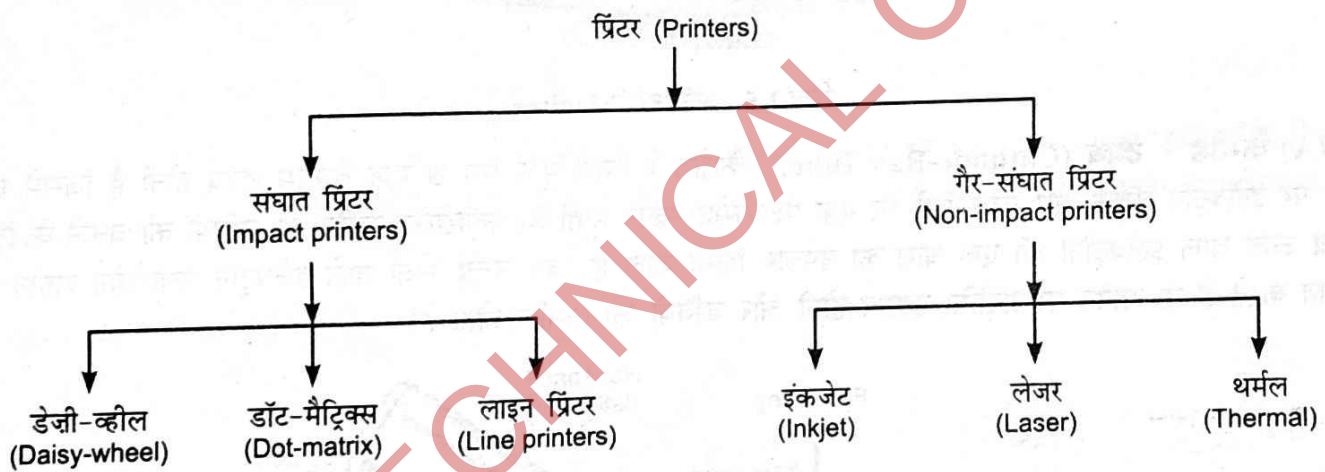
## CAD में उपयोगी मुख्य आउटपुट युक्तियाँ—

**1. प्रिंटर (Printer)**—प्रिंटर एक आउटपुट डिवाइस है जो कम्प्यूटर या अन्य डिवाइस पर संग्रहीत इलेक्ट्रॉनिक डेटा की हार्ड कॉपी तैयार करता है।



चित्र 1.2—प्रिंटर (Printer)

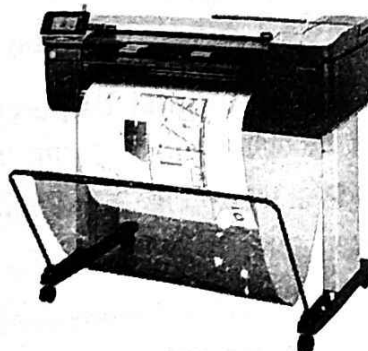
प्रिंटर की दो श्रेणियाँ हैं—संघात (Impact) और गैर-संघात (Non-impact) प्रिंटर।



चित्र 1.3

संघात प्रिंटर में मुद्रण के संचालन के लिए यांत्रिक घटक होते हैं जिसके द्वारा स्याही लगी रिबन सीधे कागज के संपर्क में रहती है। जबकि गैर-संघात प्रिंटर में, कोई मैकेनिकल मूविंग घटक का उपयोग नहीं किया जाता है। इस प्रकार के प्रिंटर में लेजर, जेरियोग्राफिक, इलेक्ट्रोस्टैटिक, रासायनिक और इंकजेट प्रौद्योगिकियों का उपयोग होता है।

**2. प्लॉटर (Plotter)**—प्लॉटर कम्प्यूटर के लिए एक तरह के प्रिंटर है जो वेक्टर ग्राफिक्स तकनीक का उपयोग करते हैं। आमतौर पर इनका उपयोग बहुत बड़े आकार के पेपर को प्रिंट करने के लिए किया जाता है। प्लॉटर दो प्रकार के होते हैं—फ्लैटबेड और ड्रम।

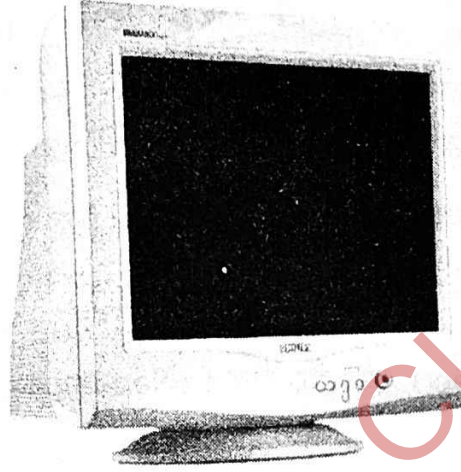


चित्र 1.4—प्लॉटर (Plotter)

#### 4 कम्प्यूटर एडेड डिज़ाइन एवं मैनुफैक्चरिंग

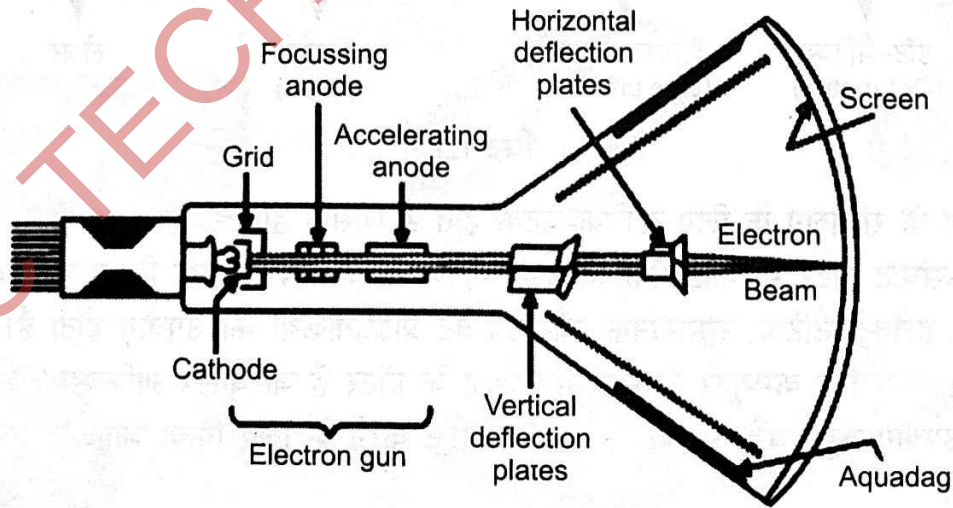
प्लॉटर, पारंपरिक प्रिंटर की तरह डॉट्स की एक श्रृंखला के बजाय निरन्तर लाइनों को खींचने के लिए एक पेन, पेंसिल, मार्कर या अन्य लेखन उपकरण का उपयोग करते हैं। इनका प्रयोग कम्प्यूटर एडेड डिज़ाइन के लिए व्यापक रूप से किया जाता है।

**3. मॉनिटर (Monitor)**—कम्प्यूटर मॉनिटर का प्रयोग उत्पाद के ड्राइंग और प्रारूप के इलेक्ट्रॉनिक सिग्नल को दृश्य रूप में प्रदर्शित करने के लिए किया जाता है। यह मुख्य रूप से तीन प्रकार के होते हैं—



चित्र 1.5—मॉनिटर (Monitor)

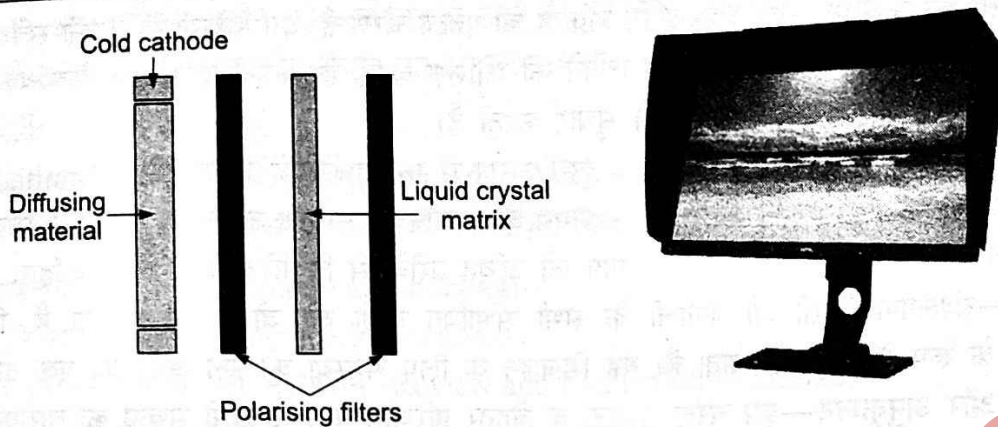
**(A) कैथोड रे ट्यूब (Cathode-Ray Tube)**—कैथोड रे ट्यूब मूल रूप से एक वैक्यूम ट्यूब होती है जिसमें एक सिरे पर इलेक्ट्रॉन बंदूक और दूसरे सिरे पर एक फ्लोरोसेंट स्क्रीन होती है। फ्लोरोसेंट स्क्रीन पर छवियों को बनाने के लिए उच्च ऊर्जा वाले इलेक्ट्रॉनों की एक धारा का उपयोग किया जाता है। जब उच्च ऊर्जा वाले इलेक्ट्रॉन फ्लोरोसेंट स्क्रीन पर संघात करते हैं तो स्क्रीन पर प्रदीप्ति उत्पन्न होती और छवियों का निर्माण होता है।



चित्र 1.6—कैथोड रे ट्यूब (Cathode-Ray Tube)

**(B) लिक्विड क्रिस्टल डिस्प्ले (LCD—Liquid-Crystal Display)**—LCD मॉनिटर CRT से अधिक उन्नत तकनीक है। आमतौर पर, इसमें एक रंगीन परत या मोनोक्रोम पिक्सल, एक पारदर्शी इलेक्ट्रोड और दो ध्रुवीकरण फिल्टर के बीच व्यवस्थित होती है। प्रकाश की विभिन्न मात्राओं को तरल क्रिस्टल से ध्रुवीकृत करके चित्र बनाये जाते हैं। टी०एफ०टी० बेहतर गुणवत्ता के सुरक्षित और विश्वसनीय चित्र उत्पन्न करता है।





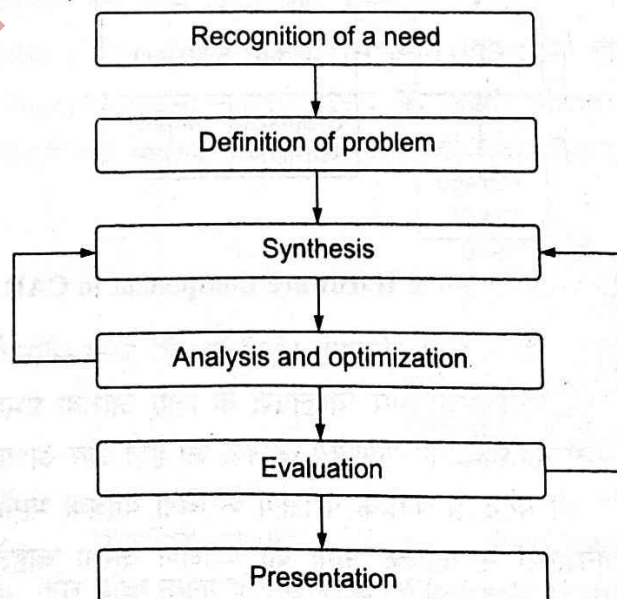
चित्र 1.7—लिक्विड क्रिस्टल डिस्प्ले (LCD—Liquid-Crystal Display)

(C) प्रकाश उत्सर्जक डायोड (LED—Light-Emitting Diode)—एल०ई०डी० मॉनिटर आज बाजार में नवीनतम प्रकार के मॉनिटर हैं। ये फ्लैट पैनल, या थोड़ा घुमावदार डिस्प्ले हैं जो बैक-लाइटिंग के लिए लाइट-एमिटिंग डायोड का उपयोग करते हैं। एल०ई०डी० मॉनिटर, सी०आर०टी० और एल०सी०डी० की तुलना में बहुत कम बिजली का उपयोग करते हैं और इसे पर्यावरण के अनुकूल माना जाता है। एल०ई०डी० मॉनिटर, सीआरटी और एल०सी०डी० की तुलना में अधिक महंगे होते हैं।

#### 1.1.4. इंजीनियरिंग डिज़ाइन (Engineering Design)

डिज़ाइन प्रक्रिया किसी भी वस्तु के निर्माण की प्राथमिक प्रक्रिया है। किसी वस्तु को बनाने से पहले उसका इंजीनियरिंग डिज़ाइन तैयार किया जाता है। इंजीनियरिंग डिज़ाइन से अभिप्राय केवल उसके ड्राइंग से नहीं है अपितु उसके अंतर्गत निम्नलिखित तत्त्व आते हैं—

- (i) आवश्यकता की पहचान (Recognition of a need)
- (ii) समस्या की परिभाषा (Definition of problem)
- (iii) संश्लेषण (Synthesis)
- (iv) विश्लेषण और अनुकूलन (Analysis and optimization)
- (iv) मूल्यांकन (Evaluation)
- (vi) प्रस्तुतीकरण (Presentation)



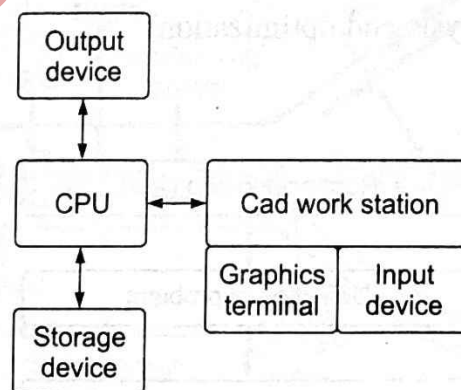
चित्र 1.8



- (i) **आवश्यकता की पहचान**—यह डिज़ाइनिंग प्रक्रिया का पहला चरण है। इस प्रक्रिया में, कंपनी सर्वेक्षण तथा अन्य माध्यम से अपने ग्राहकों की रुचि का पता लगाने की कोशिश करती है। कंपनी ग्राहक की आवश्यकता और रुचि के अनुसार उत्पाद को बनाती है या उसमें सुधार करती है।
- (ii) **समस्या की परिभाषा**—डिज़ाइन प्रक्रिया के दूसरे चरण में समस्याओं को उनकी सीमा (Limitation) के साथ परिभाषित किया जाता है। उत्पाद को बनाने के समय कौन-कौन सी समस्या उत्पन्न हो सकती है इसका पता लगाने और समाप्त करने के लिए उत्पाद के हर माप को उचित तरीके से निर्धारित किया जाना चाहिए।
- (iii) **संश्लेषण**—संश्लेषण किसी भी प्रणाली के सभी संभावित तत्वों को जोड़ने की प्रक्रिया है, जिसे डिज़ाइन अवधारणा के रूप में भी जाना जाता है। यह डिज़ाइन के लिए समस्या को हल करने का एक तरीका है।
- (iv) **विश्लेषण और अनुकूलन**—इस चरण में डेटा के बेहतर परिणाम के लिए सभी सूचना का बारीकी से निरीक्षण किया जाता है। यह प्रक्रिया तब तक दोहराई जाती है जब तक कि त्रुटि की सम्भावना कम से कम न हो जाये।
- (v) **मूल्यांकन**—मूल्यांकन एक सफल डिज़ाइन की अंतिम प्रमाण है। वास्तविक बाधाओं के अनुसार प्रारूप (Prototype) को परीक्षण के उद्देश्य से बनाया जाता है और उस पर सभी प्रकार के परीक्षण किये जाते हैं।
- (vi) **प्रस्तुति**—यह डिज़ाइनिंग प्रक्रिया का अंतिम खंड है। इसमें दस्तावेज़ को उत्पाद के विशिष्टियों (Specification) के अनुसार तैयार किया जाता है। ये दस्तावेज़ आगे की निर्माण प्रक्रिया जैसे उत्पादन आदि के लिए उपयोग किये जाते हैं।

### 1.1.5. कम्प्यूटर एडेड डिज़ाइन (Computer Aided Design—CAD)

कम्प्यूटर एडेड डिज़ाइन (CAD) उत्पादन के लिए डिज़ाइन और प्रलेखन (Documentation) करने की एक प्रक्रिया है। कम्प्यूटर एडेड डिज़ाइन (CAD) का उपयोग कम्प्यूटर सिस्टम के द्वारा, निर्माण, समायोजन और विश्लेषण आदि करने में किया जाता है। CAD सिस्टम के दो महत्वपूर्ण मूल तत्व—हार्डवेयर (Hardware) और सॉफ्टवेयर (Software) हैं। हार्डवेयर में सामान्य रूप से कम्प्यूटर, प्रिंटर, प्लॉटर और स्कैनर आदि सम्मिलित होते हैं और सॉफ्टवेयर की श्रेणी में ऑटोकैड (AUTOCAD), प्रोई (proE), कैटिया (CATIA), सॉलिड वर्क्स (SOLID-WORKS) और एंसिस (ANSYS) आदि सम्मिलित हैं।



चित्र 1.9—Configuration of Hardware Component in CAD System

AutoCAD डिज़ाइन और प्रारूपण उद्देश्य के लिए बुनियादी सॉफ्टवेयर है। अन्य सॉफ्टवेयर जैसे एंसिस (ANSYS) और सॉलिड वर्क्स (SOLID-WORKS) को मॉडलिंग और विश्लेषण के लिए अधिक प्रभावी रूप में उपयोग कर सकते हैं। CAD सॉफ्टवेयर की मदद से बहुत सारी यांत्रिक और गणितीय व्यंजक का हल और अध्ययन किया जा सकता है। उदाहरण के लिए उपयोगकर्ता CAD सॉफ्टवेयर की मदद से यांत्रिक परीक्षण के बिना यांत्रिक भागों में तनाव और विकृति की गणना कर सकता है। यदि उपयोगकर्ता प्रयोगशाला में यांत्रिक भागों का परीक्षण करना चाहते हैं, तब उसे उत्पाद के प्रारूप



(Prototype) और परीक्षण मशीन की आवश्यकता होती है। लेकिन CAD सॉफ्टवेयर की मदद से, उपयोगकर्ता CAD सॉफ्टवेयर में उत्पाद को वास्तविक परिस्थिति का अनुकरण कराकर, वास्तविक प्रयोग के बिना वांछनीय परिणाम की गणना कर सकता है।

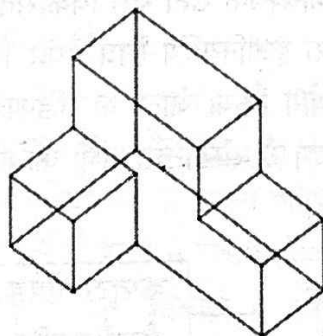
**1.1.5.1 डिज़ाइन-संबंधित कार्य (Design Related Work)**—कम्प्यूटर एडेड डिज़ाइन सिस्टम द्वारा किए गए विभिन्न डिज़ाइन संबंधित कार्यों को चार कार्यात्मक क्षेत्रों में वर्गीकृत किया जा सकता है—

1. ज्यामितीय मॉडलिंग (Geometrical Modeling)
2. इंजीनियरिंग विश्लेषण (Engineering Analysis)
3. डिज़ाइन की समीक्षा और मूल्यांकन (Review and Evaluation of Design)
4. उत्पादन डेटा बेस निर्माण (Creating a Product Data Base)

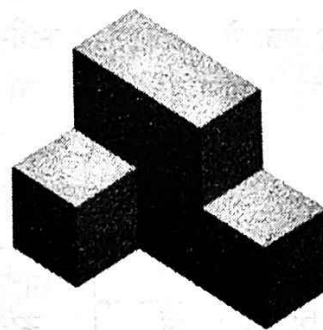
**1. ज्यामितीय मॉडलिंग (Geometrical Modeling)**—कम्प्यूटर एडेड डिज़ाइन में, ज्यामितीय मॉडलिंग का अर्थ किसी वस्तु की ज्यामिति के कम्प्यूटर-संगत गणितीय विवरण से है। यह गणितीय विवरण उत्पाद की छवि (IMAGE) को CPU के संकेतों के माध्यम से ग्राफिक्स टर्मिनल पर प्रदर्शित करता है, और सुधार करने की अनुमति देता है। सॉफ्टवेयर, जो ज्यामितीय मॉडलिंग क्षमता प्रदान करता है, उसे कम्प्यूटर और मानव डिज़ाइनर दोनों के, कुशल उपयोग के लिए डिज़ाइन किया जाना चाहिए। ज्यामितीय मॉडलिंग का उपयोग करने के लिए, डिज़ाइनर तीन प्रकार के इनपुट द्वारा ICG प्रणाली के स्क्रीन पर उत्पाद की चित्रमय छवि (IMAGE) का निर्माण करता है। पहले प्रकार की आदेश (command) बुनियादी ज्यामितीय तत्व जैसे कि बिंदु, रेखा और वृत्त बनाती है। दूसरे प्रकार के आदेश का उपयोग तत्वों के स्केलिंग, घूर्णन या अन्य परिवर्तनों को पूरा करने के लिए किया जाता है। तीसरे प्रकार के आदेश के कारण विभिन्न तत्व ICG सिस्टम पर मौजूद ऑब्जेक्ट के वांछित आकार में सम्मिलित हो जाते हैं। ज्यामितीय मॉडलिंग प्रक्रिया के समय, कम्प्यूटर कमांड को एक गणितीय मॉडल में परिवर्तित करता है तथा इसे कम्प्यूटर डेटा फ़ाइलों में संग्रहित करता है, और इसे स्क्रीन पर एक छवि (IMAGE) के रूप में प्रदर्शित करता है। मॉडल को बाद में समीक्षा, विश्लेषण या परिवर्तन के लिए डेटा फ़ाइलों से लिया जा सकता है।

CAD सिस्टम में छवि को दो प्रकार से प्रदर्शित किये जा सकते हैं—

- (a) 2D समतल वस्तु के लिए द्वि-आयामी प्रतिनिधित्व (2-dimensional representation) का उपयोग किया जाता है। इसमें 3D उत्पाद को ऊपरी दृश्य (Top view), सम्मुख दृश्य (Front view) और पार्श्व दृश्य (Side view) के आधार पर दर्शाया जाता है।
- (b) 3D एक अधिक जटिल ज्यामिति के पूर्ण त्रि-आयामी मॉडलिंग है, 3D प्रतिनिधित्व (3-dimensional representation) करने के लिए दो तकनीकों का प्रयोग किया जाता है—
  - (i) **तार ढांचा नमूना (Wireframe model)**—इसमें उत्पाद को जुड़ी हो रेखाओं से दर्शाया जाता है।
  - (ii) **ठोस नमूना (Solid model)**—इसमें उत्पाद को सतह (plane) की सहायता से दर्शाया जाता है। इस तकनीक में मॉडल पूरी तरह से वास्तविक उत्पाद की तरह दिखाई देता है।



Wireframe model



Solid model

चित्र 1.10—तार ढांचा नमूना व ठोस नमूना (Wireframe Model and Solid Model)



**2. इंजीनियरिंग विश्लेषण**—किसी भी इंजीनियरिंग परियोजना के निर्माण में, किसी न किसी प्रकार के विश्लेषण की आवश्यकता होती है। CAD इंजीनियरिंग विश्लेषण में तनाव-विकृति गणना (stress-strain calculation), गर्मी-हस्तांतरण गणना (hot-handling computing) तथा गतिशील व्यवहार (movement behaviour) का वर्णन, डिफरेंशियल समीकरणों का उपयोग करके किया जा सकता है। विश्लेषण कार्य में सहायता के लिए कम्प्यूटर का उपयोग किया जा सकता है। इंजीनियरिंग विश्लेषण (analysis) सामान्यतः दो प्रकार से किया जा सकता है—

(a) द्रव्यमान गुण (Mass Properties)

(b) सीमित तत्व विधि (FEM—Finite Element Method)

(a) यह ठोस वस्तु के गुणों को विश्लेषण करता है, जैसे कि सतह क्षेत्र, वजन, मात्रा, गुरुत्वाकर्षण का केंद्र और जड़ता प्रवृत्ति। एक समतल सतह के लिए संगत गणनाओं में परिधि, क्षेत्र और जड़ता गुण सम्मिलित हैं।

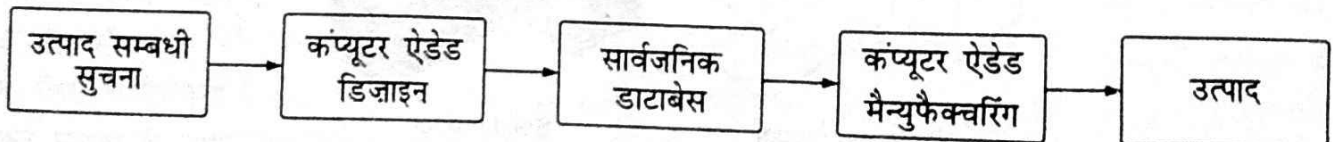
(b) संभवतः CAD प्रणाली की सबसे शक्तिशाली विश्लेषण फाइनाइट-एलिमेंट विधि है। इस तकनीक के साथ, ऑब्जेक्ट को बड़ी संख्या में परिमित तत्वों में विभाजित किया जाता है जो केंद्रित नोड्स का एक परस्पर नेटवर्क बनाते हैं। कम्प्यूटेशनल क्षमताओं वाले कम्प्यूटर का उपयोग करके, प्रत्येक नोड के व्यवहार की गणना करके पूरे ऑब्जेक्ट को तनाव-विकृति, गर्मी हस्तांतरण और अन्य विशेषताओं के लिए विश्लेषण किया जा सकता है। सिस्टम में सभी नोड्स के परस्पर संबंधों को निर्धारित करके, संपूर्ण वस्तु के व्यवहार का आकलन किया जा सकता है।



चित्र 1.11—सीमित तत्व विश्लेषण (Finite-Element Analysis)

**3. डिज़ाइन की समीक्षा और मूल्यांकन (Design Review and Evaluation)**—ग्राफिक्स टर्मिनल पर डिज़ाइन की समीक्षा और मूल्यांकन आसानी से पूरी की जा सकती है। अर्ध स्वचालित आयामों से आयामों की त्रुटियों को कम करने में मदद करती है। डिज़ाइनर डिज़ाइन के किसी भाग के विवरण को जूम कर सकते हैं और करीबी जांच के लिए ग्राफिक्स स्क्रीन पर छवि (Image) बढ़ा सकते हैं। कम्प्यूटर एडेड डिज़ाइन सिस्टम पर उपलब्ध सुविधाओं में से एक, गतिकी (kinematics) भी है। गतिकी पैकेज, डिज़ाइन किए गए कब्जादार कड़ी को गति प्रदान करने की क्षमता रखते हैं। CAD की यह क्षमता तंत्र के संचालन के डिज़ाइनर दृश्य को बढ़ाती है और अन्य घटकों के साथ सामंजस्य बनाने में मदद करती है।

**4. उत्पादन डेटा बेस निर्माण (Creating a Product Data Base)**—CAD प्रणाली का उपयोग करने के लिए एक और महत्वपूर्ण कारण यह है कि यह उत्पाद के निर्माण के लिए आवश्यक डेटा बेस विकसित करने का अवसर प्रदान करता है। उद्योगों के पारंपरिक विनिर्माण चक्र में, डिज़ाइन ड्रॉफ्टमैन द्वारा इंजीनियरिंग चित्र तैयार किए जाते हैं और फिर उत्पादन योजना को विकसित करने के लिए निर्माण इंजीनियरों द्वारा उपयोग किया जाता था। डिज़ाइन, उत्पाद और विनिर्माण तीनों अलग-अलग डाटा बेस का उपयोग करते थे लेकिन CAD उत्पादन से सम्बन्धित सभी कार्यों के लिए एक सार्वजनिक डाटा बेस बनाता है। सार्वजनिक डाटा बेस स्वचालन को बढ़ावा देते हैं।



चित्र 1.12



### 1.1.5.2 कम्प्यूटर एडेड डिज़ाइन प्रणाली को लागू करने के मूलभूत कारण निम्नलिखित हैं—

1. **डिज़ाइनर की उत्पादकता बढ़ाने के लिए**—यह डिज़ाइनर को उत्पाद और उसके उप-घटक को संयोजन, डिज़ाइन, विश्लेषण, दस्तावेजीकरण और आवश्यक समय को कम करने में सहयोग करता है।
2. **डिज़ाइन की गुणवत्ता में सुधार करने के लिए**—CAD प्रणाली अधिक जटिल इंजीनियरिंग विश्लेषण की अनुमति देता है और बड़ी संख्या में डिज़ाइन के विकल्पों की जांच की जा सकती है। सिस्टम द्वारा प्रदान की गई अधिक सटीकता के माध्यम से डिज़ाइन के त्रुटियों को भी कम किया जाता है।
3. **संचार को बेहतर बनाने के लिए**—CAD प्रणाली का उपयोग इंजीनियरिंग ड्राइंग, ड्राइंग मानकीकरण, बेहतर प्रलेखन, कम ड्राइंग त्रुटियां और अधिक सुगमता प्रदान करता है।
4. **विनिर्माण के लिए एक डेटाबेस बनाने के लिए**—प्रलेखन बनाने की प्रक्रिया में, उत्पाद के निर्माण के लिए आवश्यक डेटाबेस का बहुत योगदान होता है। CAD प्रणाली इस क्षेत्र में अधिक सुगमता प्रदान करता है।
5. **छोटा लीड समय**—CAD पारंपरिक डिज़ाइन की तुलना में बहुत तेज और शुद्ध होते हैं। रिपोर्ट और सूचियों को कम समय में तैयार कर देते हैं, इसलिए उत्पादन और डिज़ाइन के बीच का गैप अपेक्षाकृत कम हो जाता है। ग्राहक के ऑर्डर की प्राप्ति और उत्पाद की डिलीवरी के बीच के समय को काम करने में सहायक होते हैं।

### 1.1.6. कम्प्यूटर एडेड मैनुफैक्चरिंग (Computer Aided Manufacturing—CAM)

CAM उत्पादन प्रक्रिया में नियंत्रण और प्रबंधन प्रदान करता है। CAM सॉफ्टवेयर पैकेज की मदद से किसी उत्पाद के लिए मशीन उपकरण और अन्य उत्पादन इकाई को नियंत्रित करने में मदद मिलती है। यह भंडारण, स्थानांतरण और नियोजन (Planning) प्रक्रिया में भी सहायता देता है। इसका मूल उद्देश्य उत्पादों की उत्पादकता, सटीकता और गुणवत्ता में वृद्धि करना है। CAM सॉफ्टवेयर पैकेज की मदद से संख्यात्मक कोड उत्पन्न किये जाते हैं जिससे मशीनों का संचालन नियंत्रित होता है। उत्पाद के आयामों सूचना 2D या 3D चित्र के रूप में CAD की सहायता से CAM सॉफ्टवेयर को दी जाती है। CAM सॉफ्टवेयर CAD द्वारा प्राप्त सूचना को मशीन कोड (G-कोड और M-कोड) में बदलकर, न्यूमेरिक कंट्रोल मशीनों को संचालित कर देता है जिसके अनुसार आगे की प्रक्रिया पूरी होती है। एक बार CAD मॉडल को CAM में आयात करने के बाद, CAM सॉफ्टवेयर मशीनिंग के लिए मॉडल तैयार करना शुरू कर देता है। मशीनिंग कटिंग, ड्रिलिंग या बोरिंग जैसी क्रियाओं के माध्यम से कच्चे माल को उत्पाद में बदलने की नियंत्रित प्रक्रिया है।

आधुनिक उन्नत मशीन (Modern advance machine) पारंपरिक मशीन की तुलना में बेहतर और तेज परिणाम दे सकते हैं यदि इन मशीनों को उचित समय पर उचित मशीन निवेश (input) प्रदान किया जाये। आधुनिक उत्पादन केन्द्रों में उत्पादों के उत्पादन करने के लिए विभिन्न प्रकार के कम्प्यूटर न्यूमेरिकल कंट्रोल (CNC) मशीनों का उपयोग होता है। किसी उत्पाद के लिए CNC मशीन की प्रोग्रामिंग की प्रक्रिया को CNC मशीनिंग कहा जाता है। CNC मशीनों के आने से पहले, उत्पादन केन्द्रों में मशीन को मैनुअल रूप से संचालित किया जाता था। लेकिन इन दिनों CNC मशीन चलाने के लिए, मशीन में केवल एक कार्यक्रम लोड की आवश्यकता होती है और उत्पादन की सभी क्रिया स्वतः ही प्रारम्भ हो जाती है।

#### 1.1.6.1 मुख्य CNC मशीने निम्नलिखित हैं—

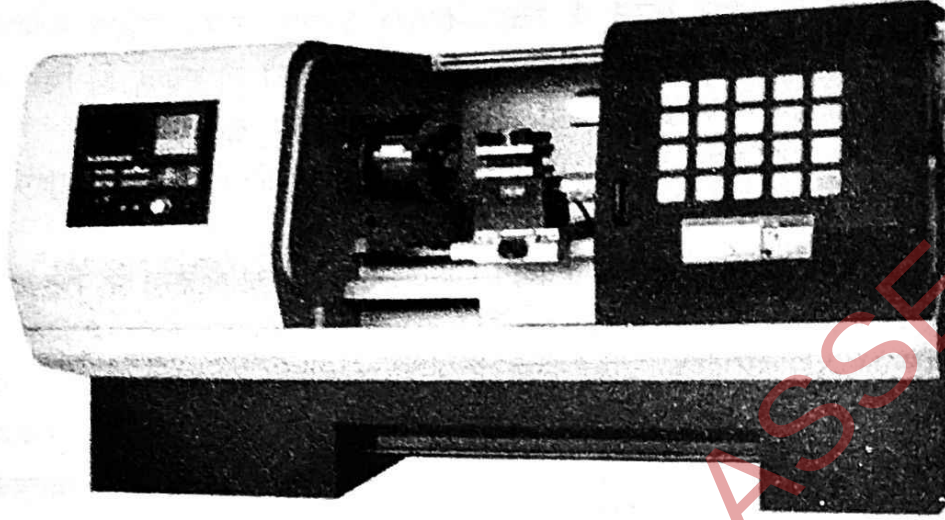
- (i) **CNC राउटर**—CNC राउटर में 3-अक्ष काटने की क्षमता होती है, जो औजार को एक्स (X), वाई (Y), और जेड (Z) तीनों अक्षों के दिशा में गति करने की सुविधा देता है। यह उच्च गति के साथ किसी भी प्रकार के समतल पर कटाई करने में सक्षम होता है। यह जटिल सजावटी उत्कीर्णन (engraving) आसानी से कर सकता है। इनका प्रयोग सामान्यतः लकड़ी के कार्य (wood work) में किया जाता है।



चित्र 1.13—CNC राउटर (CNC routers)

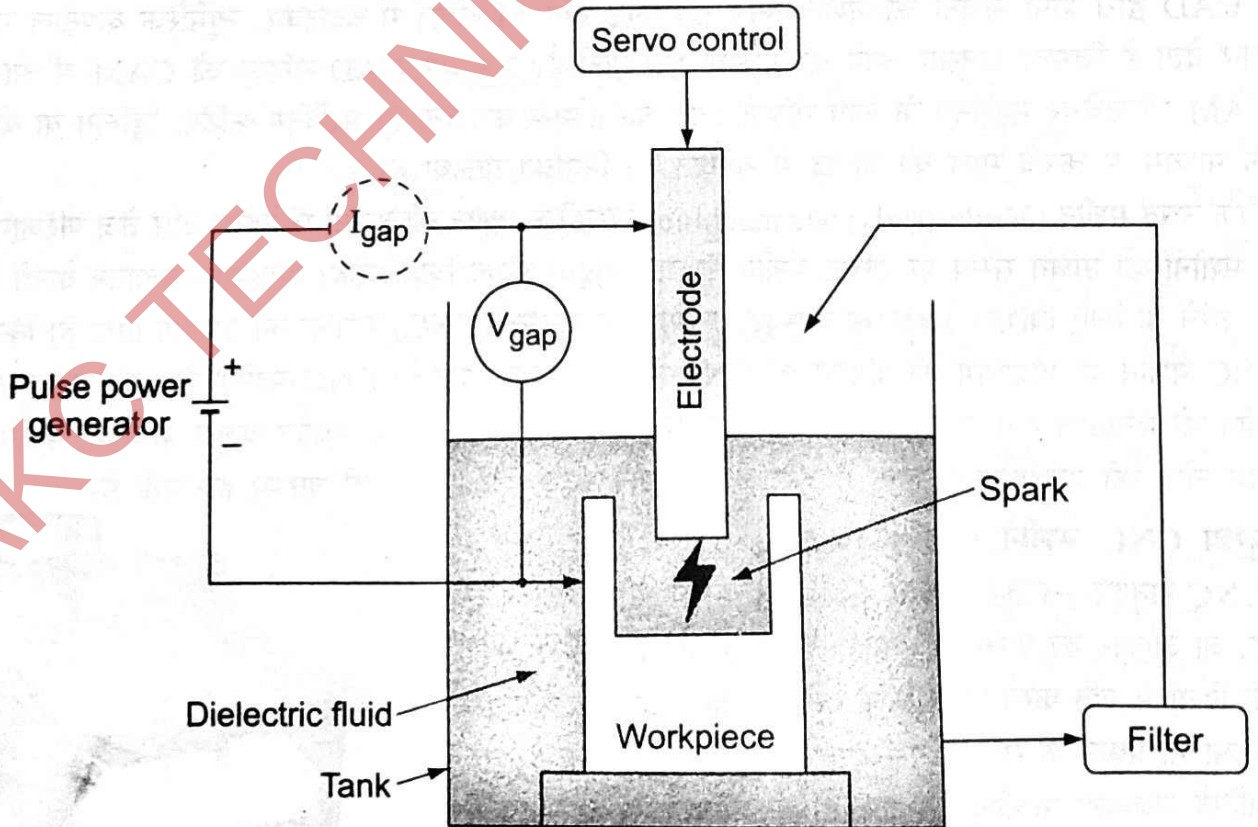


- (ii) **लेथ मशीन**—लेथ मशीन एक मशीन औजार है जो अक्ष के सममित (symmetric) रचना वाले उत्पाद को बनाने के काम आती है। इसमें कार्यखण्ड अपने अक्ष पर घूर्णन करता है और काटने, छेद करने एवं अन्य क्रियाएँ करने वाले औजार टूल-पोस्ट पर लगाकर आवश्यकतानुसार कार्यखण्ड को उचित आकार दिया जाता है।



चित्र 1.14—CNC खराद

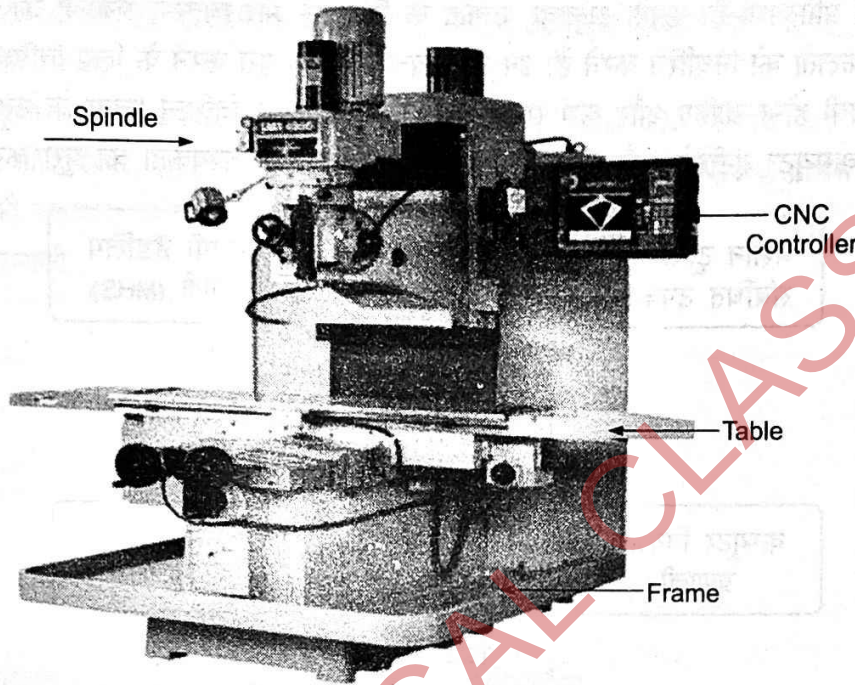
- (iii) **विद्युत निर्वहन मशीनें (Electro Discharge Machining—EDM)**—इन मशीनों में विद्युत निर्वहन के माध्यम से कार्यखण्ड से वांछित आकार काटी जाती है। इलेक्ट्रोड और धातु कार्यखण्ड के बीच एक नियंत्रित विद्युत स्पार्क बनाया जाता है, जिसमें स्पार्क का तापमान 8,000 से 12,000 डिग्री सेल्सियस तक पहुँच जाता है। इसमें कार्यखण्ड और औजार के मध्य कोई संपर्क नहीं होता है।



चित्र 1.15—विद्युत निर्वहन मशीनें (EDM)



- (iv) **मिलिंग मशीन**—मिलिंग मशीन एक मशीन औजार (Machine tool) है जिसमें एक क्षैतिज आर्बर या ऊर्ध्वाधर स्पिंडल पर लगे कटर की सहायता से एक क्षैतिज टेबल के ऊपर रखे गए कार्यखण्ड को आवश्यकतानुसार काटा जाता है।



चित्र 1.16—मिलिंग मशीन

#### 1.1.6.2 CAM सॉफ्टवेयर के निम्नलिखित चरण होते हैं—

- सबसे पहले यह सुनिश्चित करता है कि मॉडल में कोई ज्यामिति त्रुटि ना हो जो उत्पादन प्रक्रम को प्रभावित करती हो।
- मशीनिंग प्रक्रिया के लिए निर्देशांक के अनुसार औजार पथ बनाना।
- काटने की गति, वोल्टेज, कट, फीड, ऊँचाई, आदि सहित सभी आवश्यक मशीन मापदंडों की स्थापना करना।
- अधिक मशीनिंग दक्षता के लिए नेस्टिंग को समायोजित करना।

#### 1.1.6.3 CAM के द्वारा विनिर्माण प्रक्रिया में सुधार—

- बेहतर मशीन क्षमता**—CAM सिस्टम के द्वारा 5-अक्ष मशीनिंग उच्च गुणवत्ता के साथ की जा सकती है।
- बेहतर मशीन क्षमता**—CAM सॉफ्टवेयर मशीन टूल को उच्च गति प्रदान करता है जो पहले से कहीं अधिक तेजी के साथ उत्पाद के निर्माण में मदद करता है।
- बेहतर सामग्री का उपयोग**—एडिटिव मशीनरी और CAM सिस्टम, कम से कम लागत के साथ जटिल ज्यामिति उत्पाद के उत्पादन करने में सक्षम हैं।

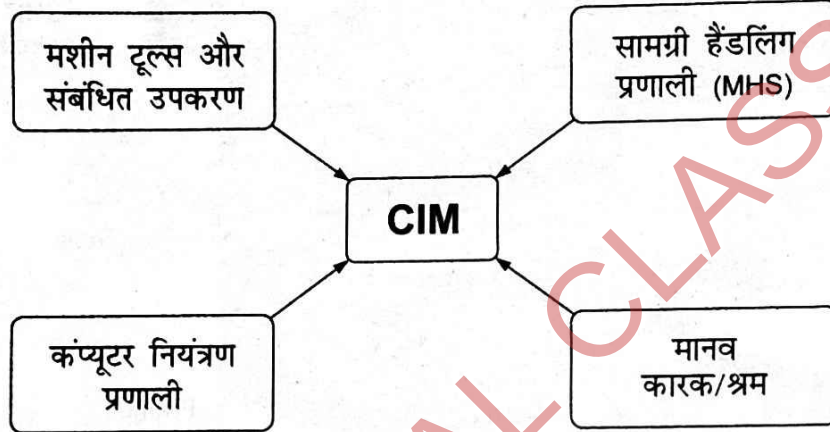
#### 1.1.7. कम्प्यूटर एकीकृत उत्पादन (Computer Integrated Manufacturing—CAM)

आज के विश्व बाजार में उच्च विश्वसनीयता और कम कीमत पर अपने उत्पाद को बेचने के लिए बहुत प्रतियोगिताएं हैं। उद्योग उपभोक्ताओं की मांग को पूरा करने के लिए नयी प्रौद्योगिकी का उपयोग करते हैं। वे उत्पादों के गुणों और मात्रा को बढ़ाने के लिए उत्पादन से पहले और उत्पादन के बाद भी शोध करते हैं। कम्प्यूटर किसी भी काम को बहुत आसान और सटीक तरीके से प्रबंधित कर सकता है। अतः उत्पादन के क्षेत्र में कम्प्यूटर महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है। CIM शब्द



कम्प्यूटर सिस्टम के सामान्य उपयोग के द्वारा सूचना एकत्र करने, उत्पाद को डिजाइन करने, उत्पादन प्रक्रिया की योजना बनाने, प्रक्रिया का प्रबंधन करने और उत्पादन उद्योगों के लिए आवश्यक व्यापार से संबंधित निष्पादित कार्य को दर्शाता है।

ग्राहक को संतुष्ट करने के लिए, लघु उत्पाद जीवन चक्र, उत्पाद विविधता और उत्पाद जटिलता के क्षेत्र में वर्तमान में विश्व बाजार में उच्च प्रतिस्पर्धा है। इसके अलावा, उत्पाद के डिजाइन और वितरण सेवाओं की गुणवत्ता जैसे गैर मूल्य कारक भी उत्पाद की सफलता को निर्धारित करते हैं। इन आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए विनिर्माण कंपनी को लचीला, अनुकूलनीय और उत्तरदायी होना चाहिए और कम समय और कम लागत पर विभिन्न प्रकार के उत्पादों को उत्पादन करने में सक्षम होना चाहिए। कम्प्यूटर इंटीग्रेटेड मैनुफैक्चरिंग (CIM) उपरोक्त आवश्यकता को पूरा करता है।



चित्र 1.17

CIM सिस्टम में निम्नलिखित बुनियादी घटक होते हैं—

- मशीन टूल्स और संबंधित उपकरण
- सामग्री हैंडलिंग प्रणाली (MHS)
- कम्प्यूटर नियंत्रण प्रणाली
- मानव कारक/श्रम

कम्प्यूटर इंटीग्रेटेड मैनुफैक्चरिंग (CIM) सॉफ्टवेयर पैकेजों की मदद से उत्पाद विकास और विनिर्माण गतिविधियों को पूरा किया जाता है। उत्पादन प्रक्रिया में सभी प्रक्रियाओं के लिए आवश्यक सूचना एक सॉफ्टवेयर से दूसरे सॉफ्टवेयर में सहज तरीके से पारित किया जाता है। उदाहरण के लिए जब किसी उत्पाद का उत्पादन करना होता है तो सर्वप्रथम उस उत्पाद की डिजाइनिंग की जाती है, उत्पाद के बारे में सभी सूचना CAD सॉफ्टवेयर को दी जाती और CAD के द्वारा उत्पाद की मॉडलिंग होने के बाद, CAD सॉफ्टवेयर सभी आवश्यक सूचना को बिना किसी नुकसान के विनिर्माण सॉफ्टवेयर में स्थानांतरित कर दिया जाता है। CIM सॉफ्टवेयर पैकेज एक सूचना से डाटाबेस का निर्माण करता है जो उत्पादन से संबंधित सभी खंडों जैसे डिजाइन, निर्माण, और व्यावसायिक कार्यों को, जोड़ने के लिए आवश्यक है। CIM विनिर्माण में मानव के आवश्यकता को कम कर देता है जिससे उत्पाद के महंगे होने, उत्पाद में त्रुटि होने और धीमे उत्पादन की समस्या खत्म हो जाती है। उत्पाद का वितरण समय पर होता है और संचार पद्धति सुदृढ़ हो जाती है। उत्पाद और उत्पादन प्रक्रम से जुड़े सभी तत्वों को CIM से संचार की आवश्यकता होती है।

विनिर्माण इंजीनियरों को एक वैश्विक संदर्भ में प्रतिस्पर्धी होने के लिए निम्नलिखित उद्देश्यों को प्राप्त करना आवश्यक है—

- इन्वेन्ट्री में कमी
- उत्पाद की लागत में कमी
- अपव्यय में कमी
- गुणवत्ता सुधार
- उत्पादन में बदलाव
- प्रक्रिया परिवर्तन
- उपकरण परिवर्तन
- कार्मिकों का परिवर्तन



- (i) **मार्केटिंग**—उत्पाद की आवश्यकता की पहचान विपणन विभाग द्वारा की जाती है। उत्पाद की विशिष्टताओं, विनिर्माण मात्रा का प्रक्षेपण और उत्पाद की मार्केटिंग के लिए रणनीति भी विपणन विभाग द्वारा तय की जाती है।
- (ii) **उत्पाद डिज़ाइन**—कंपनी का डिज़ाइन विभाग प्रस्तावित उत्पाद के उत्पादन के लिए प्रारंभिक डेटाबेस की स्थापना करता है। CIM प्रणाली में यह डिज़ाइन इंजीनियर की रचनात्मक क्रिया द्वारा उत्पन्न उत्पाद आवश्यकताओं और अवधारणाओं पर विचार करते हुए किया जाता है तथा ज्यामितीय मॉडलिंग और कम्प्यूटर एडेड डिज़ाइन जैसी तकनीक के माध्यम से पूरा किया जाता है। जटिल डिज़ाइन की उत्पाद पर आमतौर पर कई टीमों द्वारा एक साथ काम किया जाता है, जो अक्सर दुनिया के विभिन्न हिस्सों में स्थित होते हैं। डिज़ाइन प्रक्रिया उत्पाद के निर्माण के लिए आवश्यक डेटाबेस बनाता है।
- (iii) **नियोजन**—नियोजन विभाग, डिज़ाइन विभाग द्वारा स्थापित डेटाबेस को लेता है और उत्पाद के उत्पादन हेतु योजना तैयार करने के लिए इसे उत्पादन डेटा और सूचना के साथ समृद्ध करता है। नियोजन में सामग्री, प्रक्रिया, सुविधा, उपकरण, जनशक्ति, क्षमता, शेड्यूलिंग, आउटसोर्सिंग, असेंबली, निरीक्षण आदि से संबंधित कई सबसिस्टम सम्मिलित होते हैं।
- (iv) **खरीद**—खरीद विभाग खरीद आदेश रखने और पालन करने के लिए जिम्मेदार है, यह विक्रेता की उत्पादन प्रक्रिया में गुणवत्ता सुनिश्चित करता है, उत्पाद प्राप्त करता है, निरीक्षण की व्यवस्था करता है और दुकानों में वस्तुओं की आपूर्ति करता है या उत्पादन अनुसूची के आधार पर समय पर डिलीवरी की व्यवस्था करता है।
- (v) **मैनुफैक्चरिंग इंजीनियरिंग**—मैनुफैक्चरिंग इंजीनियरिंग उत्पाद के उत्पादन को अंजाम देने की गतिविधि है। CIM में, इसके लिए CNC प्रोग्रामिंग, सिमुलेशन और कम्प्यूटर एडेड प्रोडक्शन एक्टिविटी जैसी गतिविधियों की आवश्यकता होती है। इसमें निरंतर उत्पादन गतिविधि को आश्वस्त करने के लिए उपकरण और प्रक्रियाओं के वास्तविक समय के प्रदर्शन के आधार पर ऑनलाइन डायनामिक शेड्यूलिंग और नियंत्रण सम्मिलित होना चाहिए। अक्सर, बाजार की मांग में उतार-चढ़ाव को पूरा करने के लिए विनिर्माण प्रणाली को लचीला और सशक्त बनाने की आवश्यकता होती है।
- (vi) **फैक्ट्री ऑटोमेशन हार्डवेयर**—फैक्ट्री ऑटोमेशन डेटाबेस और उपकरण के साथ डेटाबेस को समृद्ध करता है, जो उत्पादन प्रक्रिया को पूरा करने के लिए ऑपरेटर या उपकरण में रहता है। CIM सिस्टम में यह कम्प्यूटर नियंत्रित प्रक्रिया मशीनरी जैसे कि CNC मशीन टूल्स, फ्लेक्सिबल मैनुफैक्चरिंग सिस्टम (FMS), कम्प्यूटर नियंत्रित रोबोट, मैटेरियल हैंडलिंग सिस्टम और कम्प्यूटर नियंत्रित असेंबली सिस्टम होते हैं।
- (vii) **वेयरहाउसिंग**—वेयरहाउसिंग फंक्शन है जिसमें कच्चे माल, घटकों, तैयार माल के भंडारण और पुनर्प्राप्ति के साथ-साथ वस्तुओं का शिपमेंट सम्मिलित है। आज के जटिल आउटसोर्सिंग परिदृश्य में और घटकों और उप-प्रणालियों की समय-समय पर आपूर्ति, रसद और आपूर्ति शृंखला प्रबंधन की आवश्यकता बहुत महत्वपूर्ण है।
- (viii) **वित्त**—यह धन से संबंधित संसाधनों से संबंधित है। निवेश की योजना, कार्यशील पूंजी, और नकदी प्रवाह नियंत्रण, प्राप्तियों की प्राप्ति, धन का लेखा और आवंटन वित्त विभागों के प्रमुख कार्य हैं।
- (ix) **सूचना प्रबंधन**—सूचना प्रबंधन CIM के महत्वपूर्ण कार्यों में से एक है। इसमें मास्टर प्रोडक्शन शेड्यूलिंग, डेटाबेस प्रबंधन, संचार, विनिर्माण प्रणाली एकीकरण और प्रबंधन सूचना प्रणाली सम्मिलित हैं। CIM प्रौद्योगिकी एक कंपनी में सभी विनिर्माण और संबंधित कार्यों को एक साथ जोड़ती है। इस प्रकार CIM प्रौद्योगिकी के कार्यान्वयन में मूल रूप से उद्यम की सभी गतिविधियों का एकीकरण सम्मिलित है।

## 1.2. CAD/CAM के लाभ (Advantage of CAD/CAM)

CAD और CAM का उपयोग करने से उत्पादन सम्बन्धित कार्य सरल हो गए हैं। इसके उपयोग से निम्नलिखित लाभ हैं—

1. लीड समय को कम करता है।



2. भण्डार की आवश्यकता को कम करता है।
3. उत्पादकता में वृद्धि गुणों में सुधार करता है।
4. संचार में सुधार करता है।
5. उत्पाद लागत में कमी करता है।
6. अपव्यय को कम करता है।
7. कम जगह की आवश्यकता होती है।
8. कार्य प्रक्रिया लचीली बनी रहती है।
9. ग्राहक सहायता में सुधार करता है।

### 1.2.1. CAD और CAM सॉफ्टवेयर की विशेषताएं (Features of CAD and CAM Software)

- (i) **सॉफ्टवेयर का लचीलापन**—CAD/CAM उत्पाद के डिज़ाइन में बहुत लचीलापन प्रदान करता है। डिज़ाइन में मामूली परिवर्तन किसी भी स्तर पर किया जा सकता है। उत्पादन की सभी प्रक्रम एक दूसरे के साथ जुड़े होते हैं। यदि डिज़ाइन में किसी प्रकार का बदलाव किया जाता है, तब पूरी उत्पादन प्रक्रिया आवश्यकता के अनुसार बदल जाती है। CAD/CAM के पहले, उत्पादन के समय किसी विशेष डिज़ाइन परिवर्तन के लिए पूरी निर्माण प्रक्रिया को बंद करके डिज़ाइन में परिवर्तन किया जाता था, जिससे समय और पैसे दोनों की हानि होती थी। लेकिन CAD/CAM की मदद से उत्पाद के डिज़ाइन में थोड़ा बहुत बदलाव उत्पादन के किसी भी चरण में किया जा सकता है।
- (ii) **डिज़ाइन का लचीलापन**—CAD/CAM तीव्र प्रारूप (Rapid prototype) का समर्थन करता है। तीव्र प्रारूप (Rapid Prototype) उपयोगकर्ता को डिज़ाइन प्रक्रिया के समय भौतिक प्रारूप (Prototype) का संयोजन (Assemble) करने की सुविधा देता है जिनका उपयोग विभिन्न प्रकार के परीक्षणों के लिए किया जा सकता है। उदाहरण—यदि हमारा उद्देश्य किसी धातु का उत्पाद निर्मित करना है, तब प्रारूप (Prototype) को पारदर्शी ऐक्रेलिक पदार्थ (acrylic material) से बनाया जा सकता है जो पारदर्शी और सस्ता होता है। ऐक्रेलिक प्रारूप (Prototype) की पारदर्शिता के कारण, डिज़ाइनरों को उत्पाद के भीतर तनाव और विकृति के प्रकार का विश्लेषण करने की अनुमति देती है।
- (iii) **प्रोग्रामिंग क्षमता**—CAD/CAM सॉफ्टवेयर CNC मशीन की प्रोग्रामिंग में उच्च लचीलापन प्रदान करता है। CAD/CAM जटिल प्रक्रम, औजार पथ और प्रबंधन प्रणाली सुदृढ़ बनाने में मदद करता है। उत्पाद को बेहतर बनाने के लिए उसके बनावट में बहुत ही बदलाव किये जाते हैं जिससे उन पर मशीनिंग प्रक्रम और प्रक्रम के लिए न्यूमेरिक कोड बनाना बहुत जटिल हो जाता है। लेकिन CAD/CAM की मदद से जटिल से जटिल काम भी कम समय और पूर्ण शुद्धता के साथ किया जा सकता है।
- (iv) **जॉब प्रोग्रामिंग पर बेहतर नियंत्रण**—CAD/CAM उपकरण ट्री मैनेजर के साथ एकीकृत होते हैं, जो उपयोगकर्ता को कार्यखण्ड और मशीन को शुरू से अंत तक ट्रैक करता है। भण्डारण समाग्री, उपकरण, कार्यखण्ड के माप और मशीनिंग प्रक्रिया जैसे सभी जरूरी आवश्यक प्राचल (parameter) पर पूरी तरह से नियंत्रण रखता है। प्रबंधक ट्री की मदद से किसी विशेष प्रकार के टेम्पलेट्स बनाने और उसमें सुधार भी किया जाता है जिससे उपयोगकर्ता को प्रोग्राम को सम्पादित करने में और अधिक सुविधा मिल जाती है।
- (v) **गलतियों और अपशिष्ट की कमी**—CAD/CAM सॉफ्टवेयर में सिमुलेशन की विशेषताएँ हैं। यह उपयोगकर्ता को मशीनिंग प्रक्रिया के समय दृश्य निरीक्षण की अनुमति देता है। CAM/CAD सेंसिंग डिवाइस की मदद से अपशिष्ट, मशीनिंग समय और औजार क्षय को कम किया जा सकता है। यह औजार के पथ, समय चक्र तथा अन्य महीन अवयव के विचलन के बारे में पूरी जानकारी भी प्रदान करता है।



### 1.2.2. CAD/CAM की सीमाएँ

CAD/CAM उत्पादन के क्षेत्र में बहुत ही उपयोगी है लेकिन इसके उपयोग की कुछ सीमाएँ हैं जो निम्नलिखित प्रकार की हो सकती हैं—

- (i) **उच्च प्रोसेसिंग पॉवर की आवश्यकता**—CAD सॉफ्टवेयर भारी मात्रा में कम्प्यूटर प्रोसेसिंग पॉवर और ग्राफिक्स का उपयोग करता है जिसके लिए उच्च श्रेणी के कम्प्यूटर हार्डवेयर की आवश्यकता होती है जो बहुत महंगे होते हैं। CAM के लिए भी आधुनिक तंत्र, बहुत महंगे होते हैं। हार्डवेयर और सॉफ्टवेयर की उच्च लागत उद्योग के आर्थिक बोझ जैसा प्रतीत होते हैं। इसलिए छोटे उद्योग इस टेक्नोलॉजी का प्रयोग सीमित रूप से करते हैं जो उनके समुचित विकास की प्रमुख बाधा है।
- (ii) **सॉफ्टवेयर जटिलता/महंगा**—एडवांस CAD/DAM सॉफ्टवेयर बहुत लचीले और विश्वसनीय होते हैं लेकिन वाणिज्यिक सॉफ्टवेयर होने के कारण इनका लाइसेंस बहुत महंगा है इसलिए इनकी प्रारंभिक लागत भी अधिक आती है। ये सॉफ्टवेयर उपयोग में बहुत आसान हैं लेकिन इसके लिए उचित प्रशिक्षण और उच्च कौशल की आवश्यकता होती है जिनके लिए उद्योग को अधिक खर्च करने पड़ते हैं।
- (iii) **रखरखाव**—CAD/CAM के उपयोग में आने वाले आवश्यक कम्प्यूटर और उपकरणों को समय-समय पर अनुरक्षण (maintenance) की आवश्यकता होती है जिससे कि सभी उपकरण आवश्यकता के अनुरूप कार्य कर सके। यदि इनके किसी पार्ट्स में खराबी आ जाती है तब पूरे उत्पादन सिस्टम को बंद करना पड़ सकता है, जो प्रोडक्टिविटी को कम कर देता है। अनुरक्षण इस तरह की समस्याओं को कम करता है, लेकिन कभी-कभी अपरिहार्य कारण से इसमें कुछ त्रुटियाँ उत्पन्न हो जाती हैं, जो उत्पादन को कम कर देता है।

### 1.3. उत्पादन चक्र और CAD/CAM (Product Cycle and CAD/CAM)

उत्पादन जीवन चक्र प्रबंधन (Product Life Cycle—PLM) से अभिप्राय, उत्पाद के आरंभ से उसके अंत तक की सभी घटनाओं के प्रबंधन से होता है। उत्पाद का जीवन चक्र मानव के जीवन चक्र के समान होता है जैसे मानव जन्म, विकास, परिपक्वता, बुढ़ापा और मृत्यु जैसे विभिन्न चरणों से गुजरता है। उसी प्रकार से किसी उत्पादन प्रक्रम में उत्पाद डिज़ाइनिंग, उत्पादन, विपणन, ग्राहक प्रतिक्रिया विश्लेषण और पुनर्चक्रण (recycle) प्रक्रिया से गुजरता है।

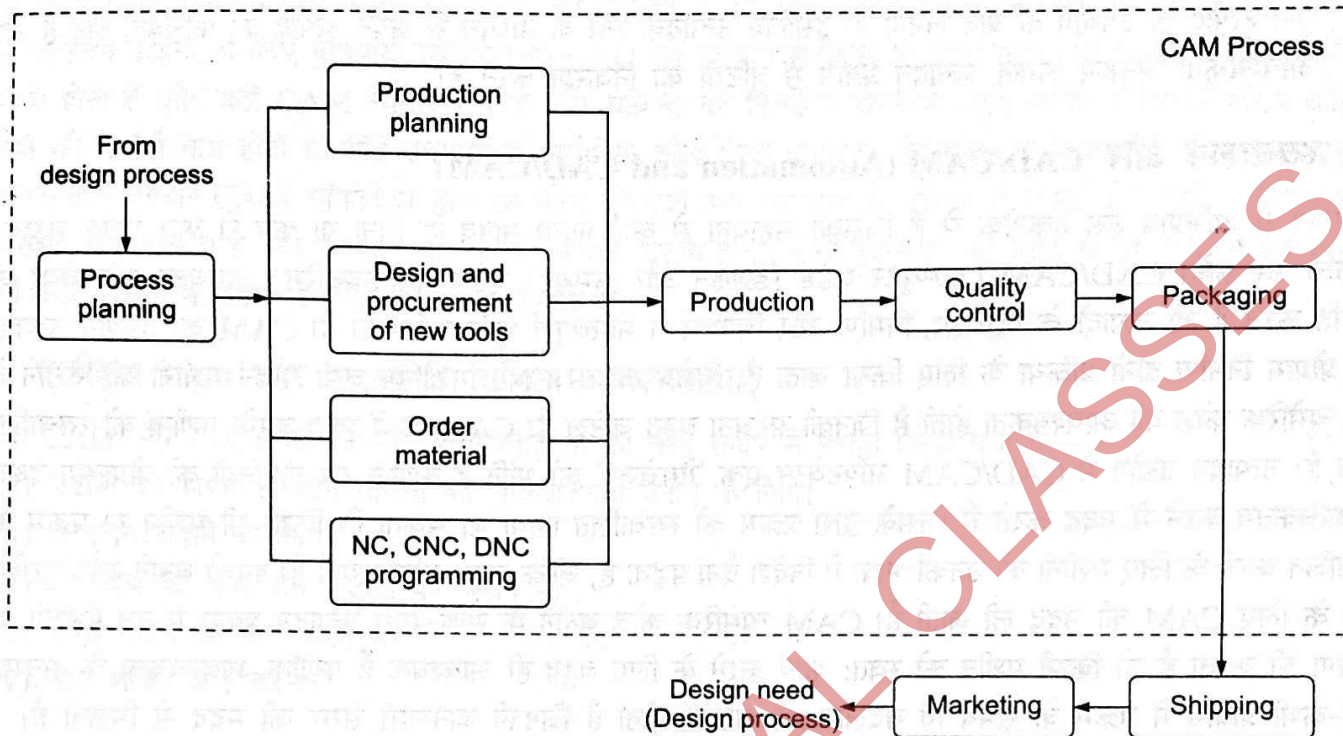
CAD और CAM सॉफ्टवेयर के उपयोग से किसी उत्पाद के जीवन चक्र (Life Cycle of Product) का पूर्णरूप से नियंत्रण किया जा सकता है। इसलिए यदि उद्योग CAD/CAM सॉफ्टवेयर का उपयोग करते हैं तब वे अपनी गुणवत्ता और मात्रा से समझौता किए बिना बहुत समय, पैसा बचा सकते हैं। जब किसी उत्पाद को बनाने के विषय में सोचा जाता है तभी से उसकी उत्पादन प्रक्रिया या जीवन चक्र शुरू हो जाता है।

किसी उत्पाद के जीवन चक्र (Life Cycle of Product) के निम्नलिखित चरण होते हैं—

1. प्रक्रिया योजना (Process Planning)
2. उत्पाद डिज़ाइन (Product Design)
3. उत्पादन योजना (Production Planning)
4. उत्पादन (Production)
5. गुणवत्ता नियंत्रण (Quality Control)
6. विक्रय और वितरण (Sale and Distribution)
7. उपभोक्ता प्रतिक्रिया (Customer Feedback)



**Product Life Cycle (PLC)  
(Manufacturing Process)**



**चित्र 1.19—उत्पाद जीवन चक्र प्रबंधन (Product Life Cycle)**

- 1. प्रक्रिया योजना (Process Planning)**—जब किसी नए या पुराने उत्पाद को बनाने के विषय में सोचा जाता है तब सबसे पहले उससे सम्बन्धित सर्वे किया जाता है कि जो प्रोडक्ट हम बनाने जा रहे हैं वह किस तरह मानव जीवन को बेहतर बना सकता है, अगर उस तरह के उत्पाद पहले से ही मार्किट में है तो नया उत्पाद किस तरह से पुराने वाले से बेहतर बन सकता है ताकि लोग इसका उपयोग करें। किसी पुराने उत्पाद को बनाने में ज्यादा रिसर्च नहीं करनी होती है क्योंकि लोग उस तरह के उत्पाद पहले से उपयोग कर रहे हैं। लेकिन नए उत्पाद को बनाने से पहले कई प्रकार की रिसर्च करनी होती है जिससे कि बाजार में लोग इसे पसंद करें। इसमें बहुत समय और पैसे की बर्बादी होती है।
- 2. उत्पाद डिज़ाइन (Product Design)**—इस चरण में उत्पाद के ले-आउट और ज्यामिति आकार को निर्धारित किया जाता है, CAD सॉफ्टवेयर की मदद से उत्पाद अपने जीवन काल में किस तरह व्यवहार करेगा।
- 3. उत्पादन योजना (Production Planning)**—CAD की मदद से डिज़ाइन कर लेने के बाद CAM सॉफ्टवेयर की सहायता से प्रोडक्शन प्लानिंग की जाती है। उत्पाद का पदार्थ, टूल, उत्पादन प्रक्रम और मशीन को निर्धारित किया जाता है। स्वचालित मशीनों को चलाने की न्यूमेरिक कोड का भी निर्माण किया जाता है।
- 4. उत्पादन (Production)**—कच्चे माल को मशीनों और तकनीक द्वारा अंतिम उत्पाद में बदलने की क्रिया को उत्पादन के नाम से जाना जाता है। इस प्रक्रिया में जिस डिज़ाइन, प्रक्रिया, तकनीक और मशीन का चयन किया गया है उसका उपयोग करके उत्पाद बनाया जाता है।
- 5. गुणवत्ता नियंत्रण (Quality Control)**—शुद्धता की जांच उत्पाद के जीवन के सभी चक्र में की जाती है लेकिन उत्पादन होने के बाद इसका महत्वपूर्ण योगदान होता है। उत्पाद को वितरण से पहले अच्छी तरह यह पुष्टि की जाती है कि यह आवश्यकता के अनुरूप बना या नहीं।
- 6. विक्रय और वितरण (Sale and Distribution)**—उत्पाद की शुद्धता जांच होने के बाद उपभोक्ता के उपयोग के लिए इसे वितरक को बेच दिया जाता है जो श्रृंखला के माध्यम से उत्पाद को उपभोक्ता तक पहुंच देता है।



**7. उपभोक्ता प्रतिक्रिया (Customer Feedback)**—यह उत्पाद चक्र का अंतिम चरण होता है, कोई भी उद्योग उपभोक्ता की आवश्यकता के अनुरूप उत्पाद बनाती है। उत्पादन में कम से कम त्रुटि होती है लेकिन कुछ त्रुटियों का पता उत्पाद के उपयोग के बाद लगता है। इसलिए उत्पादक सर्वे के माध्यम से अपने उत्पाद का फीडबैक लेते हैं और आवश्यकता अनुरूप अगले उत्पादन प्रक्रम में त्रुटियों का निवारण करते हैं।

#### 1.4. स्वचालन और CAD/CAM (Automation and CAD/CAM)

स्वचालन से अभिप्राय उस तकनीक से है जिसकी सहायता से कोई प्रक्रम मानव के बिना या कम से कम मानव सहायता से कार्य कर सके। CAD/CAM (कम्प्यूटर एडेड डिज़ाइन और कम्प्यूटर एडेड मैनुफैक्चरिंग) कम्प्यूटर सॉफ्टवेयर को प्रदर्शित करते हैं जो उत्पादों के डिज़ाइन, निर्माण और विपणन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। CAM का उपयोग उत्पादन और प्रोग्राम निर्माण दोनों प्रक्रिया के लिए किया जाता है, विशेष रूप से CNC मशीनिंग जैसी मॉडर्न मशीनों को चलाने के लिए न्यूमेरिक कोड की आवश्यकता होती है जिनकी संरचना बहुत जटिल है। CAM इसमें मदद करके मशीनों को स्वचालित करता है। उत्पादन उद्योग में CAD/CAM सॉफ्टवेयर एक 'गेमचेंजर' की भांति है क्योंकि यह कंपनियों को प्रोग्रामिंग दक्षता को अधिकतम करने में मदद करते हैं जिसके द्वारा प्रक्रम को स्वचालित किया जा सकता है। किसी भी मशीन या प्रक्रम को स्वचालित करने के लिए मशीनों को उनकी भाषा में निर्देश देना पड़ता है, जोकि बहुत जटिल होता है। इनको बनाने और सुरक्षित करने के लिए CAM की मदद ली जाती है। CAM न्यूमेरिक कोड बनाने के साथ-साथ उत्पादन प्रक्रम में उन प्रोग्रामों का नियंत्रण भी करता है जो किसी मशीन को स्वतः कार्य करने के लिए बहुत ही आवश्यक है क्योंकि आवश्यकता के अनुसार कभी-कभी प्रोग्राम में प्रक्रम के समय ही बदलाव की जरूरत होती है जिनकी जानकारी सेंसर की मदद से मिलती है।

##### 1.4.1. स्वचालन में CAD/CAM का उपयोग

- (i) **सिमुलेशन/अनुकार**—किसी वस्तु, प्रक्रम कार्यकलाप का किसी अन्य विधि से अनुकरण करना अनुकार या सिमुलेशन (simulation) कहलाता है। कम्प्यूटरों के द्वारा सिमुलेशन का कार्य बहुत आसान हो गया है। सिमुलेशन ऑपरेशन का एक सटीक अनुकरण है, CAD/CAM में अनुकार एक महत्वपूर्ण क्रिया है। इसकी सहायता से मशीन, उत्पाद और प्रोसेस में होने वाली गतिविधियों का अनुमान लगाया जा सकता है। उदाहरण के लिए जब किसी दुर्लभ जगह में कार्य करने के लिए किसी रोबोट या मशीन का निर्माण करना होता है तब उसके गुणों और वातावरण के आधार पर उस मशीन या रोबोट के जीवनकाल और क्षमता का अनुमान लग जाता है उसके बाद उस रोबोट या मशीन को उस दुर्लभ जगह पर कार्य करने के लिए भेजते हैं।
- (ii) **प्रक्रिया उन्मुख वर्क फ्लो (Process Oriented Work Flow)**—अधिकतम CAD/CAM सॉफ्टवेयर विज़ार्ड्स के अनुरूप कार्य करते हैं। यह विज़ार्ड्स प्रक्रिया के अनुरूप कार्य करके वांछनीय रिजल्ट देते हैं। जटिल मशीनिंग में इनका उपयोग बहुत ही आसान है। अतः नए उपयोगकर्ता (user) भी इसे बहुत जल्दी सीख जाते हैं।
- (iii) **टूल पथ रणनीतियाँ (Tool Path Strategies)**—टूल पथ रणनीतियाँ जटिल मशीनिंग प्रक्रिया में औजार और कार्यखंड के टकराव के बिना कार्य करने की सुविधा देता है। यह प्रोग्रामर को टूल पथ निर्माण के लिए एक दृश्य दृष्टिकोण रखने की अनुमति भी देता है। उपकरण पथ का चित्रमय प्रतिनिधित्व के कारण उपयोगकर्ता कुशलता से काम कर सकता है।

#### 1.5. CAD/CAM के कार्यान्वयन के कारण (Reasons for Implementation of CAD/CAM)

आज की प्रतिस्पर्धी दुनिया में, उद्योग उन प्रक्रियाओं को अपनाते हैं जो तेज और सटीक होते हैं। पारंपरिक तकनीक बहुत धीमी और जटिल थी इसलिए उत्पादकता कम और अशुद्धि दर उच्च थी। कच्चे मॉल के लिए मानव प्राकृतिक सम्पदा पर निर्भर



है और प्राकृति के पास संसाधनों की कमी है। इसलिए अपव्यय को कम करना और उत्पादकता बढ़ाना आधुनिक युग की मांग है। इस समय उत्पादन उद्योग इंजीनियरिंग सॉफ्टवेयर को अपनाते हैं जो उनकी आवश्यकता को पूरा करते हैं। CAD और CAM उत्पादन उद्योगों के लिए बुनियादी उपकरण हैं। CAD का उपयोग सटीकता के साथ उत्पाद के डिज़ाइन और मॉडल निर्माण में होता है और वही CAM न्यूमेरिक कोड और प्रक्रिया को निर्धारित करने में मदद करता है जिससे समय और सामग्रियों की बर्बादी कम होती है। यदि उपयोगकर्ता न्यूमेरिक कोड बिना कम्प्यूटर की मदद के लिखता है तो समय बहुत अधिक लगता है लेकिन CAM सॉफ्टवेयर द्वारा इस कोड को तेजी और सटीकता से बनाया जा सकता है जिससे उपयोगकर्ता ज्यादा समय बचा सकता है और उत्पादन प्रक्रिया भी अधिक कुशल होगी। दोनों तकनीकों की मदद से पूरे उत्पादन चक्र को आसानी और शुद्धता के साथ संचालित किया जा सकता है।

### 1.5.1. एकीकृत CAD और CAM की विभिन्न आवश्यकताएँ

एकीकृत CAD और CAM की विभिन्न आवश्यकताओं को नीचे संक्षेप में प्रस्तुत किया गया है—

- (i) उद्योग की समग्र उत्पादन योजना को सुविधाजनक बनाने के लिए।
- (ii) उत्पादन बढ़ाने के लिए।
- (iii) अपव्यय को कम और शुद्धता को बढ़ाने में।
- (iv) लीड टाइम को कम करने में।
- (v) श्रम शक्ति कम करना।

### 1.5.2. CAD और CAM सॉफ्टवेयर के एकीकरण के लाभ

- (i) समय की बचत
- (ii) लागत की कमी
- (iii) जन शक्ति में कमी
- (iv) डिज़ाइन और कोडिंग के लिए सिंगल ऑपरेटर की आवश्यकता होती है
- (v) दक्षता में वृद्धि
- (vi) डिज़ाइन में संगति
- (vii) तेजी से नए उत्पाद विकास
- (viii) फास्ट सप्लायर डिलीवरी
- (ix) अत्यधिक लचीला और उत्तरदायी
- (x) लघु गाइड समय और लघु चक्र समय
- (xi) ठोस मॉडल का उपयोग

### 1.6. CAM प्रक्रिया में सम्मिलित पद (Steps Involved in CAM Operation)

सभी कार्य स्वचालित उत्पादन उद्योगों में कम्प्यूटर नियंत्रण के अधीन हैं। यह कम्प्यूटर एडेड डिज़ाइन के साथ शुरू होता है, इसके बाद कम्प्यूटर एडेड निर्माण, उसके बाद स्वचालित भंडारण और वितरण होता है। एक एकीकृत कम्प्यूटर सिस्टम इन सभी उत्पादन प्रक्रियाओं को नियंत्रित करता है।

CAM में निम्नलिखित सम्मिलित हैं—

**चरण 1.** उत्पाद पूरी तरह से कम्प्यूटर पर डिज़ाइन किया जाता है। प्रारूप को वास्तविक वातावरण में अनुकरण कराके परिणाम का परीक्षण किया जाता है। CAD सॉफ्टवेयर की मदद से आवश्यकता अनुसार डिज़ाइन में परिवर्तन व सुधार किया जाता है।



- चरण 2.** 3D प्रिंटर और CNC जैसी मशीनों के द्वारा 3D प्रारूप निर्मित किया जाता है। यथार्थवादी मॉडल का उत्पादन करने के लिए CNC राउटर और अन्य मशीन का भी उपयोग किया जा सकता है। कभी-कभी काम करने वाले प्रारूप निर्मित किये जाते हैं।
- चरण 3.** इस चरण में उत्पादन के तरीकों, भंडारण, वितरण और लागत का प्रबंधन किया जाता है।
- चरण 4.** लागत को न्यूनतम स्तर तक रखने के लिए आवश्यक सामग्री का प्रबंधन (manage) किया जाता है। आवश्यक सामग्री और अन्य घटकों की तत्काल आदेश पर आपूर्ति की जाती है और फैक्ट्री में नियमानुसार स्टोरेज को बनाए रखा जाता है, ताकि फैक्ट्री बिना किसी रूकावट के काम कर सके।
- चरण 5.** CAM की सहायता से उत्पादों का उत्पादन और CNC मशीनों को नियंत्रित करते हैं। उत्पादों के स्थानांतरण के लिए स्वचालित मशीनों का उपयोग किया जाता है।
- चरण 6.** कम्प्यूटर कंट्रोल सेंसर का उपयोग करके उत्पाद का परीक्षण किया जाता है। गुणवत्ता की जांच उत्पादन के प्रत्येक चरण में की जाती है।
- चरण 7.** रोबोट का उपयोग करके उत्पादों को इकट्ठा किया जाता है। कम्प्यूटर की सहायता से असेंबली लाइन को नियंत्रित किया जाता है।
- चरण 8.** भंडारण और वितरण से पहले उत्पाद की गुणवत्ता की जांच की जाती है, यह प्रक्रिया पूरी तरह से स्वचालित या अर्धस्वचालित है। बार कोड के मदद से सभी उत्पाद के रिकॉर्ड को सम्पादित किया है।
- चरण 9.** वितरण के लिए उत्पाद को स्वचालित स्टोर से प्रतीक्षा में लगे वाहनों (ट्रकों) में ले जाया जाता है।
- चरण 10.** कम्प्यूटर सिस्टम द्वारा वित्तीय खातों का प्रबंधन, बिलों का निगमन और भुगतान किया जाता है।

### अभ्यास प्रश्न

1. विभिन्न कम्प्यूटर एडेड प्रक्रियाओं का वर्णन करें।
2. CAD/CAM के लिए कम्प्यूटर सिस्टम की संरचना क्या है?
3. CAD सिस्टम में प्रयुक्त होने वाले हार्डवेयर का वर्णन करिये।
4. CAD से आप क्या समझते हैं, CAD में डिज़ाइन से संबंधित कार्य बताएं व ब्लॉक आरेख के साथ समझाएं।
5. CAD के लाभ और सीमा बताएं।
6. कम्प्यूटर एडेड मैनुफैक्चरिंग (CAM) की व्याख्या करें।
7. उत्पादन के क्षेत्र में CAM की क्या उपयोगिता है?
8. CIM शब्द से आप क्या समझते हैं? विनिर्माण इकाई में CIM के फायदों के बारे में विस्तार से बताएं।
9. CNC (कम्प्यूटर न्यूमेरिकल नियंत्रण) मशीन क्या है?
10. CIM सिस्टम के प्रमुख तत्व का वर्णन करो।
11. उत्पाद चक्र से आपका क्या मतलब है? CAD/CAM इसे किस प्रकार प्रभावित कर सकते हैं?
12. पारंपरिक विनिर्माण वातावरण में उत्पाद चक्र की पारंपरिक प्रक्रिया की संक्षिप्त व्याख्या करें।
13. CAM प्रक्रिया में प्रयुक्त होने वाले चरण को समझाइये।



## 2.1 पैरामेट्रिक और गैर-पैरामेट्रिक सतह का परिचय

### (Introduction to Parametric and Non-parametric Surfaces)

सरफेस मॉडल एक प्रकार का थ्री-डायमेंशनल (3D) मॉडल है जिसमें कोई मोटाई नहीं है। ये मॉडल ऑटोमोबाइल, एयरोस्पेस, प्लास्टिक, चिकित्सा, आदि जैसे उद्योगों में व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है। सतह मॉडल को ठोस मॉडल के साथ भ्रमित नहीं होना चाहिए, सरफेस मॉडल में मोटाई नहीं होती है जबकि मोटे या ठोस मॉडल में उपयोगकर्ता द्वारा परिभाषित मोटाई होती है।

ठोस मॉडल और सतह मॉडल के बीच एकमात्र अंतर यह होगा कि ठोस मॉडल में द्रव्यमान के गुण होंगे लेकिन सतह मॉडल में नहीं होगा। कभी-कभी, ठोस मॉडलिंग का उपयोग करके जटिल आकार बनाना मुश्किल होता है जिन्हें सतह मॉडलिंग का उपयोग करके आसानी से बनाया गया और फिर सतह मॉडल को ठोस मॉडल में परिवर्तित किया जा सकता है। गणितीय रूप से वक्र या सतह को समीकरणों के समूह द्वारा वर्णित या दर्शाया जा सकता है। यह समीकरण दो प्रकार के हो सकते हैं।

### 2.1.1 पैरामीट्रिक रूप (Parametric Form)

जब किसी वक्र के समीकरण को इस प्रकार लिखा जाये कि वक्र पर स्थित बिन्दु के  $x, y$  तथा  $z$  निर्देशांक किसी अन्य चर  $t$  के फलन के रूप में व्यक्त हों तो ऐसे समीकरण को प्राचलिक समीकरण (parametric equation) कहते हैं जहाँ चर ' $t$ ' प्राचल (parameter) कहलाता है। जब प्राचल किसी कोण को निरूपित करता हो तो प्रायः प्राचल के रूप में  $\theta$  का प्रयोग किया जाता है।

उदाहरण के लिए एक बिंदु  $(x, y)$ , एक वृत्त की परिधि पर  $X$  अक्ष से  $\theta$  कोण पर स्थित है। वृत्त केंद्र  $(0, 0)$  और त्रिज्या  $= 1$  को पैरामीट्रिक रूप में निम्न प्रकार से वर्णित किया जा सकता है—

$$X = \cos \theta$$

$$Y = \sin \theta$$

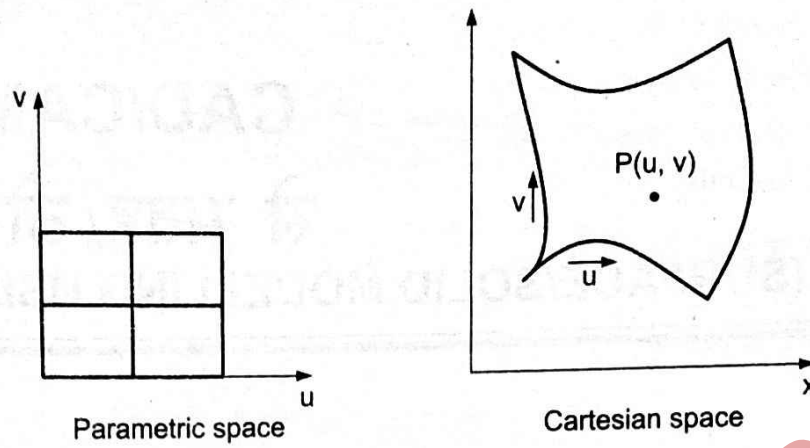
पैरामीट्रिक सतहों में दो वैरिएबल का एक वेक्टर वैल्यू फंक्शन  $P(u, v)$  निम्नानुसार उपयोग किया जाता है—

$$\begin{aligned} P(u, v) &= [x \quad y \quad z] \\ &= [x(u, v) \quad y(u, v) \quad z(u, v)] \end{aligned}$$

$$u_{\min} \leq u \leq u_{\max}; v_{\min} \leq v \leq v_{\max}$$

एक सतह एक पैच हो सकती है या कई पैच का उपयोग करके निर्मित हो सकती है। कई पैच का उपयोग करके जटिल सतहों का प्रतिनिधित्व किया जाता है।





चित्र 2.1

पैरामीट्रिक डिज़ाइन विभिन्न कारणों से कम्प्यूटर एडेड डिज़ाइन में बहुत लोकप्रिय है, जो नीचे सूचीबद्ध हैं—

- (i) चर का पृथक्करण।
- (ii) प्रत्येक चर को एक जैसा माना जाता है।
- (iii) स्वतंत्रता/नियंत्रण की अधिक डिग्री।
- (iv) पैरामीट्रिक समीकरणों को सीधे रूपांतरित किया जा सकता है।
- (v) कम्प्यूटेशनल ब्रेकडाउन के बिना अनंत ढलानों को संभाला जा सकता है।
- (vi) वेक्टर के रूप में व्यक्त करना आसान है।

### 2.1.2 गैर-पैरामीट्रिक रूप (Non-Parametric Form)

सामान्य रूप जिसमें कोई भी बिंदु  $x, y$  और  $z$  के अंतर्निहित संबंध को संतुष्ट करता है अर्थात्  $f(x, y, z) = 0$ . समान्यतः सिंगल बाध्यता (constraints) किसी सतह को निरूपित करते हैं जबकि दो बाध्यताएँ (constraints) एक साथ एक वक्र की तरह मानी जा सकती हैं जो दो सतहों का प्रतिच्छेदन भी हो सकता है। इन्हें स्पष्ट रूप में निम्नलिखित तरीके से व्यक्त किया जा सकता है—

$$x = g_1(y, z)$$

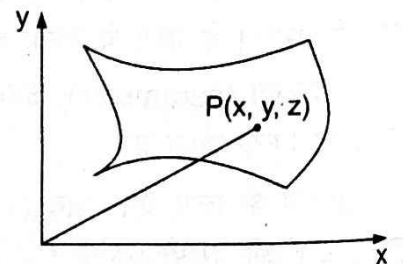
$$y = g_2(x, z)$$

$$z = g_3(x, y)$$

सामान्य तौर पर सतह या सतह पैच को विश्लेषणात्मक रूप से निम्न समीकरण के द्वारा दर्शाया जाता है—

$$P(x, y, z) = [x \quad y \quad z]$$

$$= [x \quad y \quad f(x, y)]$$



चित्र 2.2—गैर-पैरामीट्रिक सतह (Non Parametric Surface)

जहां  $P$  स्थिति वेक्टर है। इस प्रकार सतहों के विश्लेषणात्मक प्रतिनिधित्व के लिए हम निम्न प्रकार के समीकरणों का उपयोग कर सकते हैं—

$$z = f(x, y) = \sum_{m=0}^p \sum_{n=0}^q a_{mn} x^m y^n$$

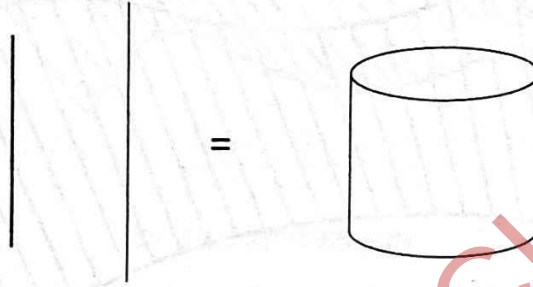


## 2.2 कमांड का उपयोग करके साधारण सतह बनाना

(Revolved Surface, Ruled Surface and 3D Surfaces)

### 2.2.1 परिक्रमण (Revolved)

परिक्रमण एक केंद्र रेखा के चारों ओर परिक्रमा करके त्रि-आयामी ज्यामिति को परिभाषित करने की एक विधि है। इसका प्रयोग करके सतह या ठोस आकृति बनाई जा सकती है। उदाहरण के लिए यदि एक सीधी रेखा को उसी रेखा के समांतर किसी अक्ष के चारों ओर परिक्रमा कराई जाए तो एक बिना मोटाई वाले बेलन का निर्माण होगा।

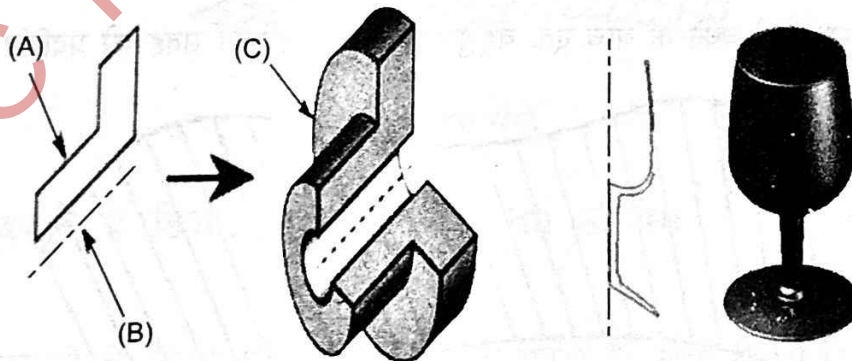


चित्र 2.3—एक सरल रेखा से बेलन का निर्माण

यदि किसी सतह का परिक्रमण करवाया जाए तो ठोस का निर्माण होता है जैसा की चित्र में दिखाया गया है



चित्र 2.4



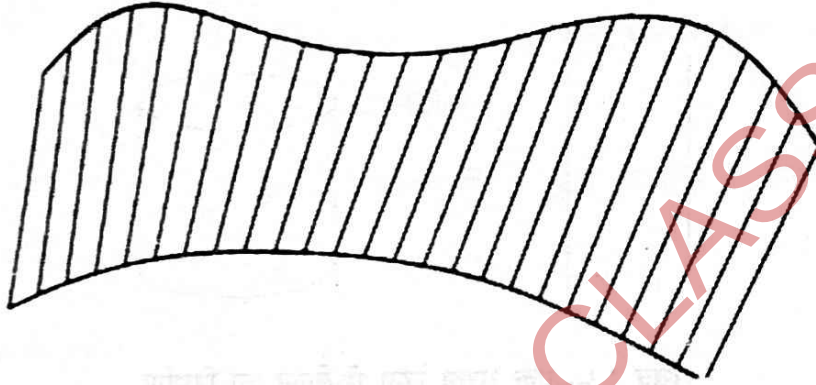
चित्र 2.5—सतह से ठोस का निर्माण

विभिन्न प्रकार के सतहों की सहायता से अनेक प्रकार के ठोस का निर्माण संभव है जैसे गिलास, कप, सुराही, बाल्टी, पाइप, बोतल इत्यादी।



### 2.2.2 Ruled Surface

एक रूल सतह को, सीधी रेखा द्वारा बहने वाले बिंदुओं के सेट के रूप में वर्णित किया जा सकता है। जिसमें समतल, एक सिलेंडर या शंकु की घुमावदार सतह, अण्डाकार सतह के साथ एक शंकवाकार सतह शामिल हो सकते हैं। उदाहरण के लिए, एक शंकु बनाने के लिए रेखा के एक सिरे को स्थिर बनाए रखते हुए दूसरे सिरे को एक वृत्त के परिधि पर चक्कर लगाना होता है। जब किसी सतह पर सभी बिन्दुओं के लिए दो अलग-अलग रेखा होती है उसे दोहरा रूल सतह कहते हैं जैसे अतिपरवलयिक परवलयज (hyperbolic paraboloid)।

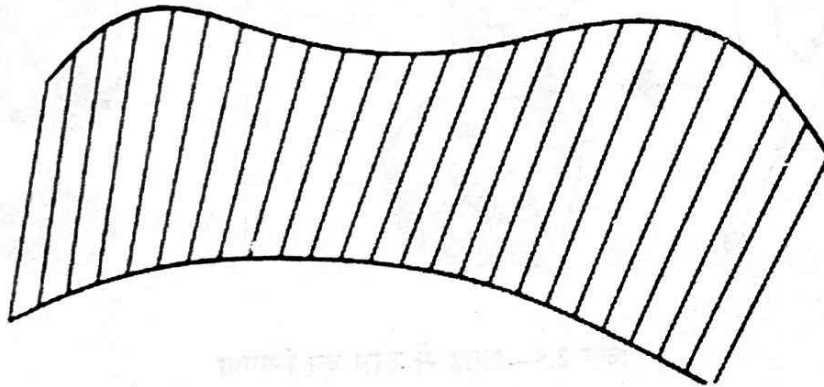


चित्र 2.6—रूल सतह

### 2.2.3 Surface Modeling Command

सतह मॉडल बनाने के लिए निम्नलिखित कमांड हैं—

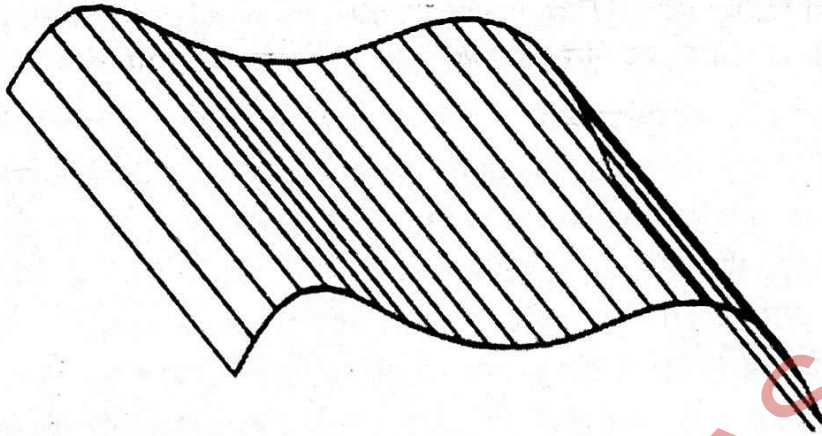
1. **3-D face:** इस कमांड का उपयोग करके किसी ऑब्जेक्ट के विभिन्न सतहों को निर्मित किया जा सकता है। प्रत्येक सतह के लिए उसके शीर्ष अक्षांश ( $x, y, z$ ) को क्रमानुसार प्रवेशित किया जाता है तथा इसी प्रकार प्रत्येक सतह को परिभाषित किया जाता है।
2. **P face:** इस कमांड का उपयोग 3D फेस कमांड की तरह किया जाता है लेकिन इसमें एक शीर्ष को कई बार परिभाषित करने से बचा जा सकता है। सभी कोने को परिभाषित करने के बाद, कोने के संदर्भ में सतह को परिभाषित किया जाता है।
3. **Rulesurf:** यह कमांड दो वक्रों के बीच एक बहुभुज बनाता है जो रूल सतह को प्रदर्शित करता है।



चित्र 2.7—रूल सतह

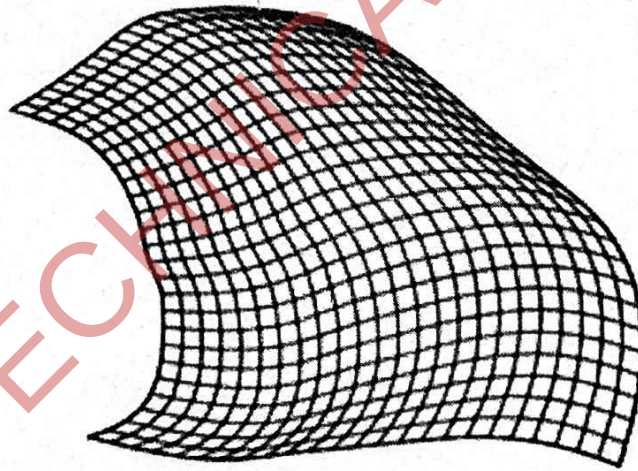


4. **Tabsurf:** इस कमांड से, एक बहुभुज जाल के माध्यम से सारणीबद्ध संरचना का निर्माण किया जाता है। चित्र 2.8 इस कमांड द्वारा बनाई गई एक विशिष्ट सतह को दर्शाता है।



चित्र 2.8—सारणीबद्ध सतह

5. **Revsurf:** लाइन, वक्र या किसी प्रोफाइल को एक केंद्र रेखा के चारों ओर परिक्रमा कराकर त्रि-आयामी ज्यामिति का निर्माण किया जाता है।
6. **Edgesurf:** यह कमांड चार समीपवर्ती किनारों का उपयोग करके एक Coon की सतह का निर्माण करता है।



चित्र 2.9—एज सतह

## 2.3 ठोस प्रारूप बनाने में डिज़ाइनिंग सॉफ्टवेयर का उपयोग

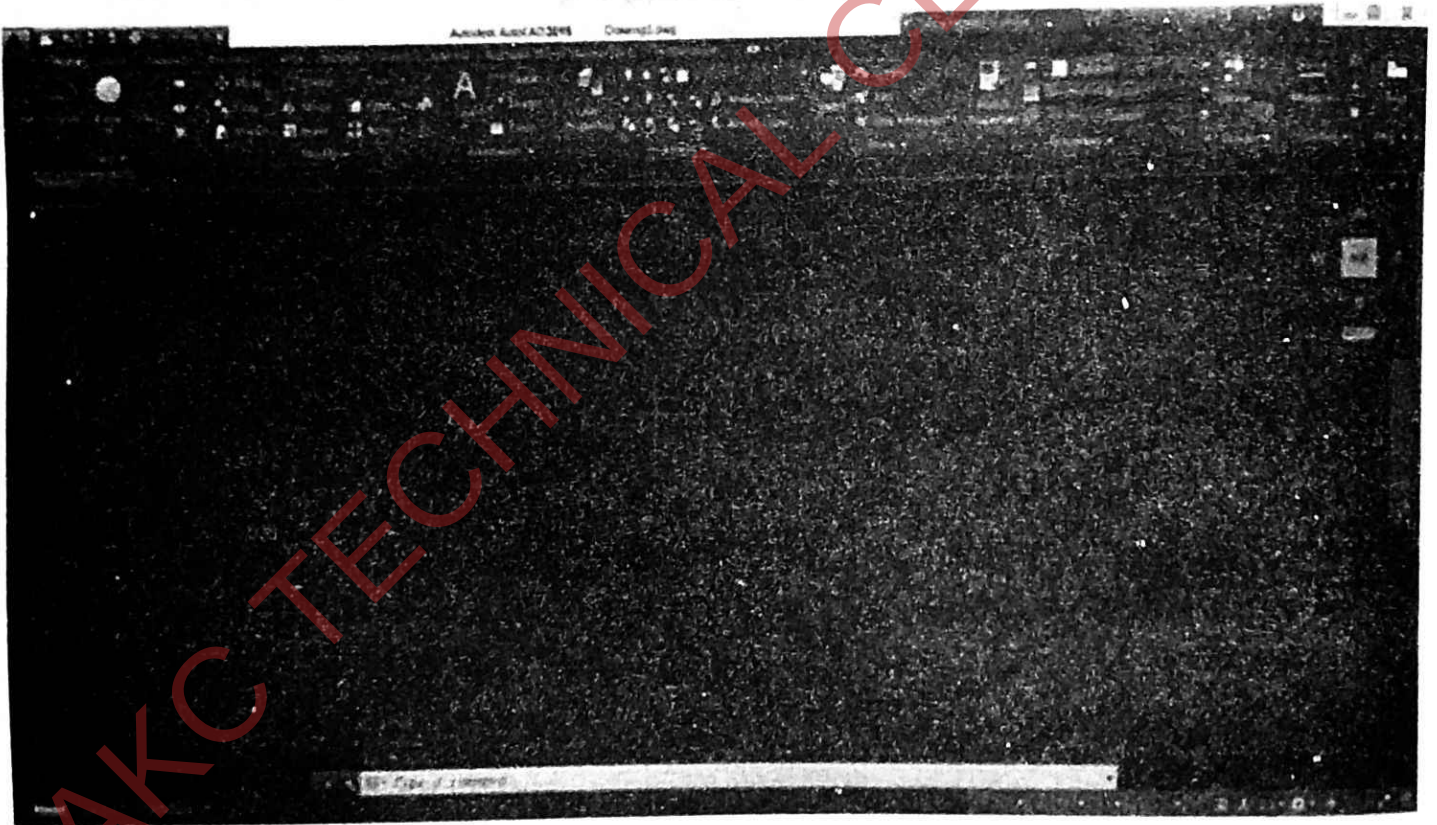
### डिज़ाइन सॉफ्टवेयर

3D डिज़ाइन सॉफ्टवेयर को दो श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है। पहला है—CAD सॉफ्टवेयर और दूसरा है—3D मॉडलिंग सॉफ्टवेयर। CAD सॉफ्टवेयर का उपयोग यांत्रिक वस्तुओं जैसे औद्योगिक वस्तुओं को बनाते समय किया जाता है। दूसरी ओर, 3D मॉडलिंग का उपयोग कलात्मक वस्तुओं में होता है। ऐतिहासिक रूप से, 3D मॉडलिंग सॉफ्टवेयर का उपयोग जैविक डिज़ाइन बनाने के लिए फिल्म एनिमेशन और वीडियो गेम में किया गया है। हालाँकि, इसका उपयोग 3D प्रिंटिंग में किया जा सकता है।



CAD सॉफ्टवेयर का उपयोग औद्योगिक डिज़ाइन, यांत्रिक डिज़ाइन, वास्तुकला और एयरोस्पेस इंजीनियरिंग और अंतरिक्ष जैसे क्षेत्रों में किया जाता है। CAD मॉडल में भौतिक गुणों, आयामों, सहिष्णुता और विनिर्माण प्रक्रिया जैसी विशिष्ट जानकारी के डेटा शामिल रहते हैं। बेहतर उत्पाद डिज़ाइन के लिए CAD अनुप्रयोग अब उन्नत प्रतिपादन और एनीमेशन क्षेत्र में भी किया जाता है।

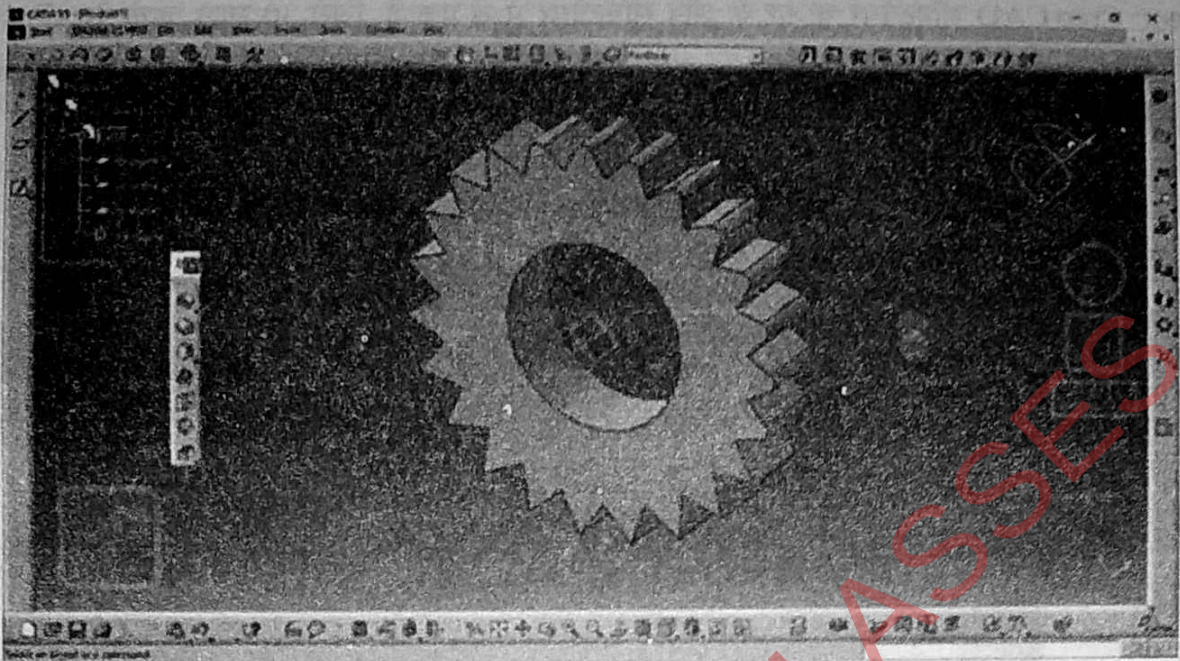
1. **AutoCAD:** ऑटोकैड कमर्शियल ड्राफ्टिंग एप्लिकेशन सॉफ्टवेयर है जोकि ड्राफ्टिंग इंजीनियरिंग में उपयोग किया जाता है। ऑटोडेस्क द्वारा ऑटोकैड को आधिकारिक तौर पर दिसंबर 1982 में लॉन्च किया गया था। ऑटोकैड का इस्तेमाल आर्किटेक्चर, कंस्ट्रक्शन और मैनुफ़ैक्चरिंग के क्षेत्र में 2डी और 3डी ड्राफ्टिंग के लिए किया जाता है। इसकी सहायता से किसी भी उत्पाद का ब्लूप्रिंट बहुत आसानी से बनाया जा सकता है जैसे भवन, पुल, मशीन पार्ट्स, इलेक्ट्रिकल सर्किट और कंप्यूटर चिप आदि। यह अपने विभिन्न लाभों के कारण अपनी श्रेणी में सबसे पसंदीदा प्रारूपण है। जब ऑटोकैड सॉफ्टवेयर की शुरुआत नहीं की गई थी तब ड्राफ्टिंग के लिए बहुत बड़े कागज का प्रयोग किया जाता है और इसमें बहुत समय लगता है। लेकिन ऑटोकैड के मदद से ड्राफ्टिंग का कार्य बहुत कम समय में शुद्धता के साथ किया जा सकता है।



चित्र 2.10—AutoCAD

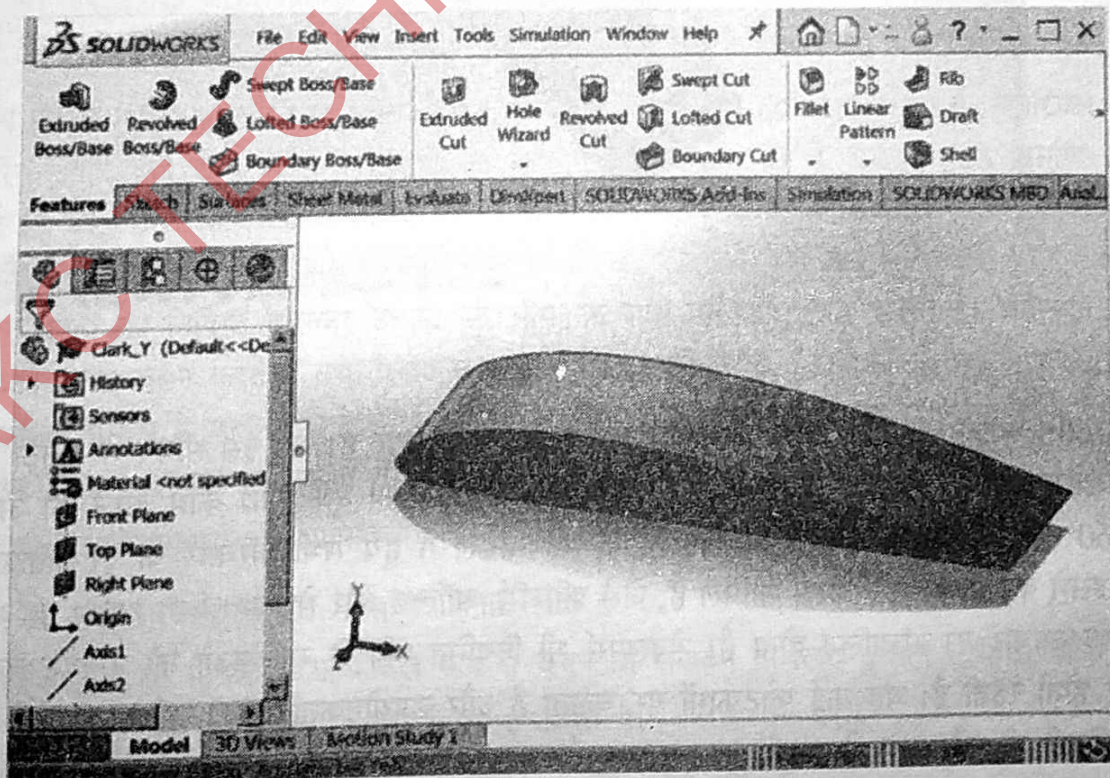
2. **CATIA:** CATIA CAD सॉफ्टवेयर को Dassault Aviation ने अपनी जरूरतों के लिए विकसित किया है। यह एक साधारण CAD सॉफ्टवेयर से अधिक उपयोगी है, क्योंकि यह CAD, CAM (कंप्यूटर एडेड मैनुफ़ैक्चरिंग), CAE (कंप्यूटर एडेड इंजीनियरिंग) के लिए एक सिंगल-प्लेटफॉर्म उपलब्ध करता है। CATIA उत्पाद डिज़ाइन और विकास में विभिन्न दृष्टिकोणों को एकीकृत करके उत्पाद डिज़ाइन और अनुभव को नवीन बनाता है, उत्पाद विकास प्रक्रिया के चरणों के दौरान अपने मौजूदा उपकरणों का बहुत ही कुशल तरीके से उपयोग करता है। इसलिए, यह सॉफ्टवेयर औद्योगिक और रचनात्मक डिज़ाइनरों, मैकेनिकल इंजीनियरों और सिस्टम आर्किटेक्ट के लिए बहुत उपयोगी है। CATIA एक 3D डिज़ाइन वातावरण भी प्रदान करता है जहाँ बहुत सारे लोगो के साझा सहयोग से उत्पाद मॉडलिंग का कार्य किया जा सकता है।





चित्र 2.11—CATIA

- 3. Solidworks:** Solidworks सॉफ्टवेयर डसॉल्ट सिस्टम्स द्वारा डिज़ाइन किया गया है इसका उपयोग पेशेवर 3D डिज़ाइनरों द्वारा किया जाता है। यह पैरामीट्रिक फ्रीचर्ड-आधारित सॉफ्टवेयर है। इस सॉफ्टवेयर में डिज़ाइन सत्यापन उपकरण और रिवर्स इंजीनियरिंग जैसी कई सुविधों शामिल हैं। इसका उपयोग औद्योगिक वस्तुओं के लिए किया जाता है। यह काफी व्यावहारिक और विस्तृत है। सॉलिड वर्क्स NURBS प्रणाली का उपयोग करता है। यह प्रणाली बहुत विस्तृत वक्रता बनाने की अनुमति देती है। इसके अलावा, बहुभुज मॉडलिंग के बजाय, यह आयामी स्केचिंग का उपयोग करता है ताकि आकार बदलने में परेशानी कम हो।



चित्र 2.12—Solid Works



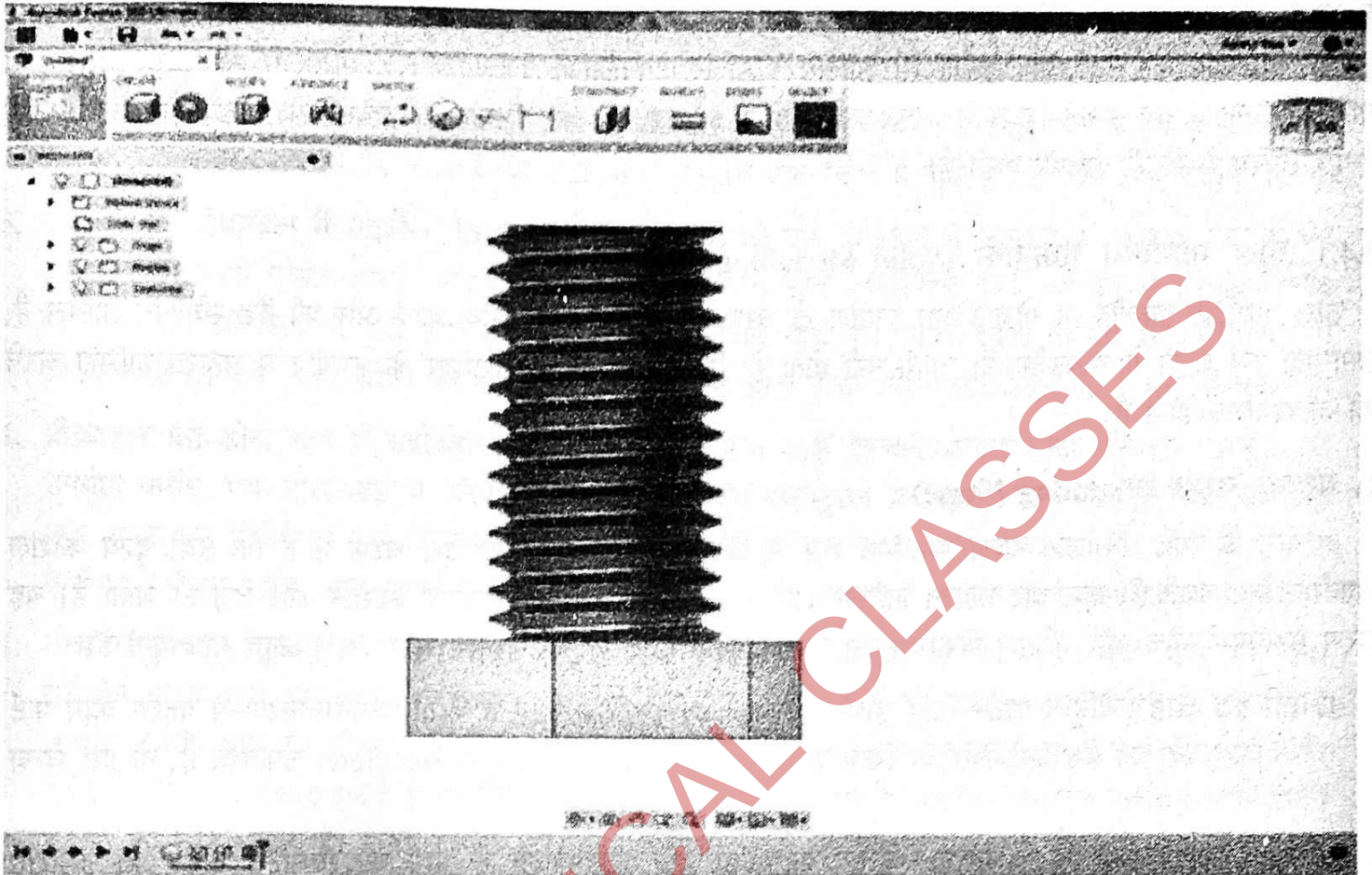
4. **Creo:** Creo CAD सॉफ्टवेयर बाजार के शीर्ष सॉफ्टवेयर में से एक है, जिसे 30 साल पहले पैरामेट्रिक टेक्नोलॉजी कॉर्पोरेशन द्वारा विकसित किया गया था। यह थर्मल, स्ट्रक्चरल, मोशन, पैरामीट्रिक और फ्रीस्टाइल सरफेस जेनरेशन और डायरेक्ट मॉडलिंग जैसे कई फंक्शन्स को एकीकृत करता है। यह उपकरण एडिटिव विनिर्माण के लिए आदर्श है, जो उत्पाद के अंतिम विचार को मॉडलिंग करते समय अपने सभी आयामों की गणना करने की अनुमति देगा। नवीनतम Creo5.0 संस्करण 2018 में जारी किया गया था और इसमें एक बेहतर हैंडलिंग के लिए फिर से डिज़ाइन किए गए एक बेहतर यूजर इंटरफेस की सुविधा है।



चित्र 2.13—Creo5.0

5. **Fusion 360:** फ्यूजन 360 क्लाउड-आधारित 3डी CAD सॉफ्टवेयर है। यह इस मायने में अनूठा है क्योंकि यह जटिल परियोजनाओं पर सहयोग करने के लिए कई डिज़ाइन टीमों को एक साथ काम करने की अनुमति देता है। फ्यूजन 360° प्लेटफॉर्म का एक फायदा यह है कि यह मॉडल में हुये सभी परिवर्तन के पूरे इतिहास को संग्रहीत करता है। इसमें कई डिज़ाइन विकल्प शामिल हैं, जैसे फ्रीफॉर्म, सॉलिड और मेश मॉडलिंग आदि। यह मासिक भुगतान सदस्यता के आधार पर संचालित होता है। डेवलपर्स भी नियमित रूप से सुविधाओं को अपडेट करते हैं, जिससे यह बेहतर होती रहती है। यह कई प्लेटफॉर्मों पर चलता है और उपयोगकर्ताओं को सुविधा देता है कि वह अपनी जानकारी किसी भी प्लैटफॉर्म से उपयोग कर सकता है।





चित्र 2.14—Fusion 360

## 2.4 ठोस प्रारूप का संकल्पना (Concept of Solid Models)

ठोस मॉडल की मौजूदा कल्पना किसी भौतिक वस्तु के ज्यामिति का एक डिजिटल प्रारूप है। मनोरंजन, स्वास्थ्य, विज्ञान तथा इंजीनियरिंग आदि कई क्षेत्रों में ठोस मॉडल का उपयोग किया जाता है। ये असतत् भाग निर्माण उद्योगों में प्रमुख भूमिका निभाते हैं, जहां ठोस मॉडलिंग सॉफ्टवेयर या अन्य सामान्य कंप्यूटर-एडेड डिजाइन (CAD) सिस्टम का उपयोग करके भागों और संयोजनों के सटीक प्रारूप बनाए जाते हैं। डिजाइन प्रक्रिया समान्यतः वृद्धिशील होती है। डिजाइनर बिंदु, रेखा, वक्र और सतहों को निर्दिष्ट कराकर उत्पाद को सीमा के साथ परिभाषित कर सकते हैं। समान्यतः डिजाइनर सरल आकृतियों के प्रारूप का चयन करते हैं तथा रिलेशनल सेट ऑपरेटर (यूनियन, इंटरसेक्शन, तथा डिफरेंस) की सहायता से उसे वांछनीय जटिल प्रारूप में बदल सकते हैं। उदाहरण के लिए छोटे-छोटे पाटर्स का संयोजन करके कार का इंजन या पूरी कार का 3डी प्रारूप बनाया जा सकता है।

इंटरएक्टिव थ्री-डायमेंशनल (3डी) ग्राफिक डिजाइनरों को निम्नलिखित सुविधा प्रदान करता है—

1. डिजाइन की गयी छवियाँ समझने में सुविधाजनक होती है,
2. डिजाइन किए जा रहे हिस्से के ग्राफिकल रूप से चयन या संपादन के लिए कुशल सुविधों, और
3. तत्काल प्रतिक्रिया, जो उन्हें प्रदर्शन करने में मदद करती है।

ठोस मॉडलिंग के शुरुआती अनुप्रयोगों द्वारा स्वचालित रूप से इंजीनियरिंग चित्र बनाने और संख्यात्मक रूप से नियंत्रित मशीनिंग के लिए कटर-पथ निर्माण पर ध्यान केंद्रित किया जाता है। इंजीनियरिंग चित्र अभी भी पारंपरिक तरीके से अभिलेखीय या उत्पादन प्रक्रियाओं के लिए उपयोग किए जाते हैं, लेकिन अब इनका प्रयोग इलेक्ट्रॉनिक फ़ाइल स्थानांतरण



के साथ तेजी से बदल रहा है। ठोस मॉडलिंग उत्पादों और प्रक्रियाओं के एक बड़े वर्ग का प्रतिनिधित्व करने के लिए मूलभूत उपकरण का सेट प्रदान करता है। सॉलिड मॉडलिंग टेक्नोलॉजी दर्जनों सॉलिड मॉडलिंग सॉफ्टवेयर सिस्टम में लागू की जाती है, जो मल्टी-बिलियन डॉलर मार्केट में काम करते हैं और डिज़ाइन प्रोडक्टिविटी, प्रोडक्ट क्वालिटी, और मैनुफैक्चरिंग में काफी इजाफा करते हैं।

### 2.4.1. ठोस मॉडलिंग तकनीक (Solid Modelling Technology)

ठोस मॉडलिंग तकनीक में योजना और निर्माण दो चरण हैं। योजना में मानसिक कार्य और फ्री हैंड स्केचिंग शामिल है, समान्यतः इस चरण में सॉफ्टवेयर का प्रयोग नहीं होता है। निर्माण चरण में सॉफ्टवेयर के उपयोग में महारत हासिल करने की आवश्यकता होती है।

#### 1. योजना चरण (Planning Phase)

अभ्यास के साथ, नियोजन चरण मानसिक रूप से किया जा सकता है। यह इस चरण में है कि 3डी दृश्य कौशल विकसित किए जाते हैं। एक बार महारत हासिल करने के बाद, ठोस मॉडलिंग करना आसान और तेज़ हो जाता है। यह चरण महत्वपूर्ण सोच और कौशल विकसित करने में भी मदद करता है जो समस्या समाधान में बहुत महत्वपूर्ण हैं।

1. **फ्री हैंड आइसोमेट्रिक पार्ट**—यदि ड्राइंग या स्केच ऑर्थोग्राफ़िक दृश्य में है तो प्लानिंग चरण में पहला काम पार्ट के लिए एक फ्री हैंड आइसोमेट्रिक स्केच बनाना है। यदि आइसोमेट्रिक दृश्य (isoview) उपलब्ध है, तो इस चरण को छोड़ देते हैं।
2. **खंडों/विशेषताओं में विभाजन**—द्वितीय कार्यखंडों और विशेषताओं में भाग को विघटित करना है। इसलिए आइसोमेट्रिक दृश्य पर करीब से नज़र डालें और इसके निर्माण के लिए न्यूनतम खंडों की संख्या पर निर्णय लें। एक सेगमेंट का एक विशिष्ट रूप होना चाहिए। सेगमेंट विशिष्ट रूप आकार और माप पर आधारित होते हैं। सेगमेंट भाग (Parts) का एक ठोस हिस्सा है जिसे एकल या मिश्रित प्रोफ़ाइल से बनाया जा सकता है। सेगमेंट विशिष्ट आकृतियों और आकारों के रूप होते हैं जो एक घटक को उसका रूप देने के लिए संयोजित होते हैं। फीचर्स खंड के विशेष सुविधाओं को माना जा सकता है। इसमें छेद, काउंटरबोर, काउंटरसिंक, स्पोटफेस, की-वे, बॉस, लग्स, वेब्स, लग्स, थ्रेड्स आदि शामिल हैं।
3. **खंड/फीचर्स का फ्री हैंड आइसोमेट्रिक बनाना**—योजना चरण का तीसरा काम प्रत्येक खंड और सुविधा का एक फ्री हैंड आइसोमेट्रिक स्केच बनाना है। इस स्केच से बॉक्स, सिलिंडर, शंकु, आदि जैसे कि आदिम रूपों की पहचान करने में मदद मिलती है जो मॉडलिंग के लिए आवश्यक हैं। साथ ही विशेष फीचर्स जैसे स्क्रू, बॉस, वेब्स आदि को सेगमेंट पर आसानी से पहचाना जा सकता है।
4. **ठोस परिवर्तन तकनीक**—चौथा चरण कार्यखंडों और सुविधाओं के लिए एक ठोस परिवर्तन तकनीक चुनना है। एक्स्ट्रूजन या रेवोल्व तकनीकी में से किसी एक का प्रयोग हो सकता है।
5. **आकार और निर्माण सतहों की पहचान**—परिवर्तन तकनीक चुनने के बाद, सेगमेंट के आकार और निर्माण सतहों को पहचाना जाना चाहिए।
6. **दृश्य रूपरेखा बनाएं**—नियोजन चरण में अंतिम कार्य अपने निर्माण सतह पर प्रत्येक खंड के रूप रेखा का एक दृश्य मुक्त हस्तरेखा चित्र बनाना है।

#### 2. निर्माण चरण (Construction Phase)

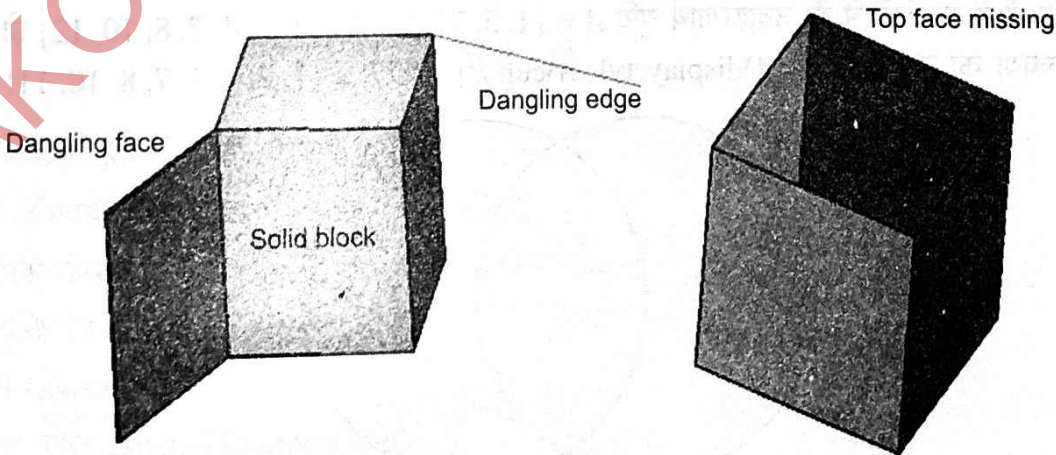
इस चरण में ऑटोकैड सॉफ्टवेयर की मदद से ठोस खंडों और उनके फीचर का निर्माण किया जाता है। यह चरण मुख्य रूप से ऑटोकैड सॉफ्टवेयर पर केंद्रित है। हालांकि, यह अन्य ठोस मॉडलिंग सॉफ्टवेयर के द्वारा किया जा सकता है।



1. **खंड आकार का स्केच**—निर्माण चरण का पहला कार्य कार्यखंड के रूपरेखाओं के आधार पर कंप्यूटर पर स्केच का निर्माण करना है। इसमें सही निर्माण सतह चुनना और उस पर आकृति बनाना शामिल है।
2. **स्केच को शीप में बदलना**—दूसरा काम स्केच को एक शीप में बदलना है जो 2D सतह पर एक बंद अनुप्रस्थ रेखा है। यह सुनिश्चित करके किया जाता है कि रेखा और चापखंड एक स्केच में जुड़े हुए हैं और ओवरलैपिंग नहीं है।
3. **आकार को प्रोफाइल में बदलें**—तीसरा कार्य एक आकृति को एक प्रोफाइल में बदलना है जो एक ठीक से बंद और आयाम वाली एकल-इकाई आकृति है। एक प्रोफाइल एक खंड-अनुभागीय दृश्य या खंड के अनुदैर्घ्य दृश्य हो सकता है। ऑटोकैड में कुछ उपकरण जैसे आयत, वृत्त और दीर्घ वृत्त एकल-इकाई आकार स्वचालित रूप से उत्पन्न करते हैं। जब किसी स्केच को सीधे प्रोफाइल में बनाना होता है तो उसे पालीलाइन (pline) टूल से बनाते हैं।
4. **प्रोफाइल को ठोस खंड में बदलना**—योजना चरण के चरण-4 में पहचाने प्रोफाइल को परिवर्तन तकनीक का उपयोग करके, एक ठोस खंड में परिवर्तित करते हैं। प्रोफाइल एक्सट्रूजन या रिवाल्व द्वारा ठोस में बदल जाते हैं। एक एक्सट्रूजन प्रक्रिया में एक प्रोफाइल को एक निर्दिष्ट दिशा में स्थानांतरित किया जाता है। ठोस खंडों के निर्माण के लिए रेवोल्यूशन एक अन्य तकनीक है। इसे एक वृत्ताकार पथ में एक्सट्रूजन के रूप में समझा जा सकता है।
5. **ठोस खंडों और सुविधाओं का संयोजन**—सभी ठोस खंडों और सुविधाओं के निर्माण के बाद, उन्हें एक साथ संयोजन करके पूर्ण भाग बनाना चाहिए। यह पहले खंडों और विशेषताओं को उनके उचित स्थानों पर एक साथ जोड़कर किया जाता है। स्टैकिंग दो या दो से अधिक अलग-अलग खंडों और सुविधाओं को एक हिस्सा बनाता है। चूँकि सेगमेंट एक एकल इकाई है, इसलिए संघ, अन्तर्विभाजक और घटाव के बूलियन संचालन करके अलग-अलग घटकों को जोड़ा जाता है। यूनियन और इंटरसेक्ट ऑपरेशन किसी भी क्रम में किए जा सकते हैं, लेकिन यूनियन और या इंटरसेक्ट किए जाने के बाद घटाना ऑपरेशन किया जाना चाहिए।

#### 2.4.2. ठोस के गुण (Solid Properties)

1. **सीमाबद्ध**—ठोस के आंतरिक और बाहरी सीमा सीमित होते हैं।
2. **सजातीय रूप से तीन आयामी**—कोई झूलता हुआ किनारा या सतह नहीं होता है, ठोस सीमा हमेशा आंतरिक रूप से संपर्क में होती है।
3. **सीमित**—आकार और सूचना की सीमित मात्रा (क्षेत्र, द्रव्यमान और मात्रा निर्धारण)।



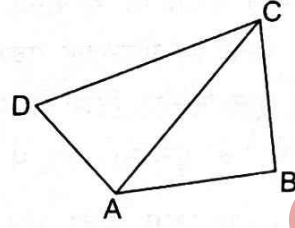
चित्र 2.15—अमान्य ठोस वस्तु



### 2.4.3. ठोस माडलिंग के मूल तथ्य (Basics of Solid Modelling Theory)

#### 1. प्रारम्भिक जिओमेट्रिक सिद्धान्त (The Fundamental Geometric Principles):

- (A) **ज्यामिति**—ज्यामिति आकार-परिभाषित मापदंडों से संबंधित जानकारी से संबंधित है, जैसे कि पॉलीहेड्रल ऑब्जेक्ट में कोने के निर्देशांक।
- (B) **टोपोलॉजी**—टोपोलॉजी विभिन्न ज्यामितीय घटकों के बीच कनेक्टिविटी का वर्णन करता है, अर्थात् किसी वस्तु के विभिन्न भागों के बीच संबंधपरक जानकारी।
- (C) **ज्यामितीय घेरा**—ज्यामिति सीमाबद्ध और किनारों की संख्या सिमित होती है। कोई झूलने वाला फ़ेस और किनारे नहीं होने चाहिए।

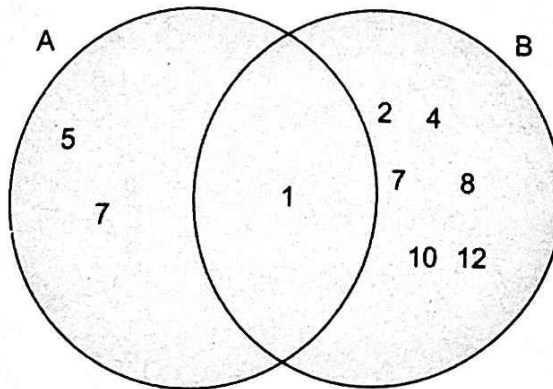


ज्यामिति—A, B, C और D के त्रिविमीय निर्देशांक (X, Y, Z)

|   | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|
| A | 0 | 1 | 1 | 1 |
| B | 1 | 0 | 1 | 0 |
| C | 1 | 1 | 0 | 1 |

#### 2. समुच्चय सिद्धान्त (Set Theory)—समुच्चय (set) को ऑब्जेक्ट के किसी भी संग्रह के रूप में परिभाषित किया जाता है, जिसे 'तत्व' या 'सदस्य' कहा जाता है।

- (A) **परिमित समुच्चय (finite set)**: जिसके सदस्यों की संख्या सीमित हो, जैसे  $\{3, 7, 9\}$
- (B) **अपरिमित समुच्चय (infinite set)**: जिसके सदस्यों की संख्या असीमित हो, जैसे  $A = \{2, 4, 6, 8, \dots\}$
- (C) **रिक्त समुच्चय या शून्य समुच्चय (empty set या null set)**: जिसमें सदस्यों की संख्या शून्य हो या जिसका कोई सदस्य ही न हो। इसे  $\emptyset$  अथवा  $\{\}$  से निरूपित करते हैं।
- (D) **समुच्चय संघ**: दो समुच्चय A और B का संघ (यूनिअन) वह समुच्चय है जिसके सदस्य वे हैं जो A में हैं, या B में हैं या दोनों में हैं। उदाहरणार्थ यदि  $A = \{1, 5, 7\}$  एवं  $B = \{1, 2, 4, 7, 8, 10, 12\}$  हो तो इन दोनों समुच्चयों का संघ समुच्चय:  $\{A \cup B\} \ A \cup B = \{1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 12\}$ ।

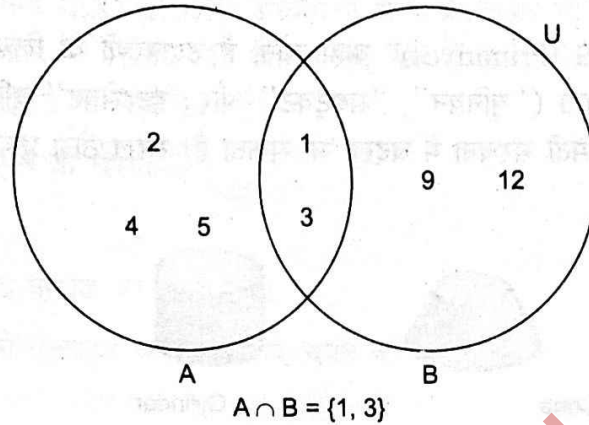


$$A \cup B = \{1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 12\}$$

चित्र 2.16

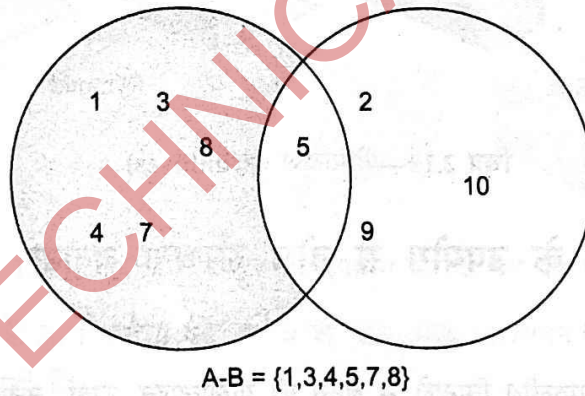


- (E) **सर्वनिष्ठ समुच्चय:** यदि दो समुच्चय  $A$  और  $B$  हों तो इनका सर्वनिष्ठ समुच्चय वह समुच्चय होगा जिसमें वे सदस्य होंगे जो  $A$  और  $B$  दोनों में हों। जैसे यदि  $A = \{1, 2, 3, 4, 5\}$  एवं  $B = \{1, 3, 9, 12\}$  हो तो  $A$  और  $B$  का सर्वनिष्ठ समुच्चय  $\{1, 3\}$  होगा जिसको हम इस तरह लिखते हैं:  $A \cap B = \{1, 3\}$



चित्र 2.17

- (F) **घटाव समुच्चय:** यदि दो समुच्चय  $A$  और  $B$  हों तो इनका घटाव समुच्चय वह समुच्चय होगा जिसमें वे सदस्य होंगे जो शुद्ध रूप से केवल  $A$  में हों। जैसे यदि  $A = \{1, 3, 4, 5, 7, 8\}$  एवं  $B = \{2, 5, 9, 10\}$  हो तो  $A$  और  $B$  का घटाव समुच्चय  $\{1, 3, 4, 5, 7, 8\}$  होगा।



चित्र 2.18

#### 2.4.4. ठोस मॉडल प्रतिनिधित्व योजनाएं

##### (Solid Models Representation Schemes)

- रचनात्मक ठोस ज्यामिति (Constructive Solid Geometry)
- सीमा प्रतिनिधि (Boundary Representation)
- स्वीपिंग (Sweeping)
- स्थानिक गणन (Spatial Enumeration)

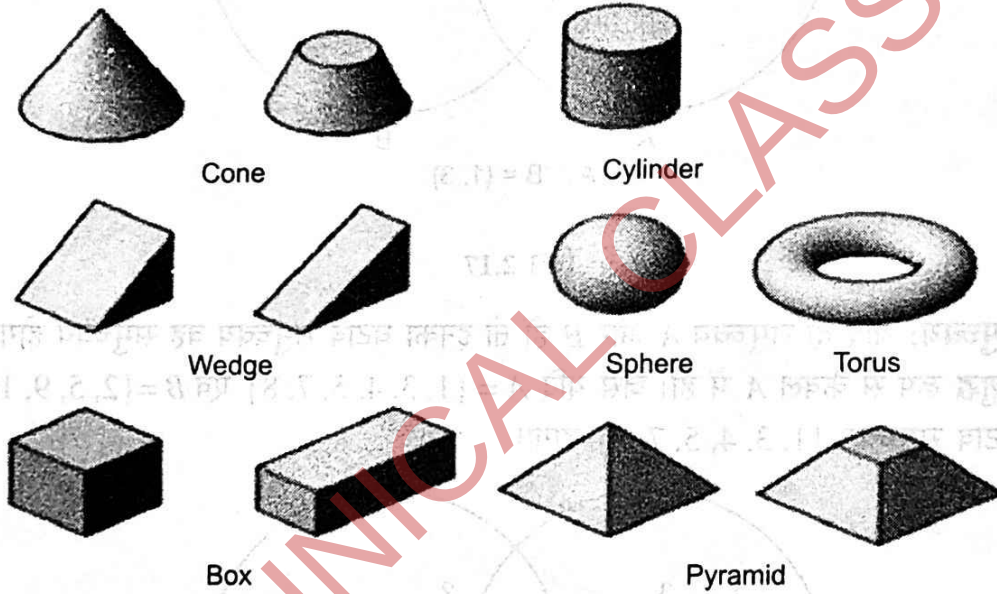


## 2.5 ठोस रूढ़ि शब्द-बॉक्स, बेलन, शंकु, गोला, फन्नी और वृत्तज वलय

(Solid Primitives—Box, Cylinder, Cone, Sphere, Wedge and Torus)

### 2.5.1 रूढ़ि शब्द (Primitives)

सरल ठोस प्ररूपों को “प्रीमिटिव्स (Primitives)” कहा जाता है उदाहरणों के लिए गोले, बॉक्स, शंकु, टोरस, वेज और पिरामिड आदि। समुच्चय सिद्धान्त (“यूनियन”, “सबट्रेक्ट” और “इंटरसेक्ट” बुलियन ऑपरेशन) का उपयोग कर के इन सरल प्रारूपों को जटिल ज्यामिती संरचना में बदला जा सकता है। सरल ठोस प्ररूपों को आवश्यकता अनुसार छोटा या बड़ा किया जा सकता है।

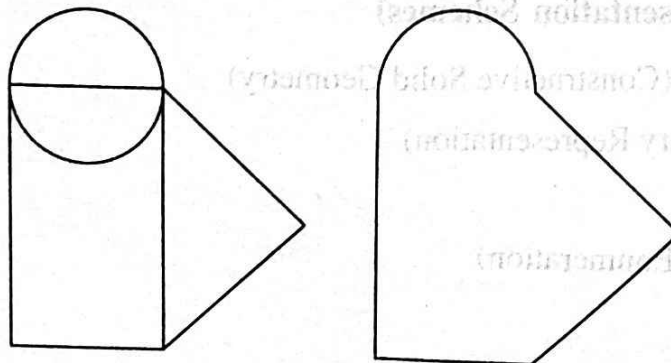


चित्र 2.19—प्रीमिटिव्स (Primitives)

## 2.6 Region, Extrude चित्र के उपयोग से ठोस संरचना बनाना

### 2.6.1. रीज़न (क्षेत्र) (Region)

रीज़न वह 2D क्षेत्र है जो बंद समतलीय किनारों से बनते हैं। पॉलीलाइन, रेखा, वृत्ताकार चाप, वृत्त, अण्डाकार चाप, दीर्घवृत्त और स्पलाइन (spline) किसी रीज़न में शामिल हो सकते हैं। प्रत्येक बंद लूप को एक अलग रीज़न में परिवर्तित किया जाता है। ऑब्जेक्ट्स को रीज़न में परिवर्तित करने के बाद, आप उन्हें एक जटिल क्षेत्र में संघ, घटाना या इंटरसेक्ट ऑपरेशन का उपयोग करके जोड़ या घटा सकते हैं।



चित्र 2.20(a)—रीज़न (क्षेत्र)



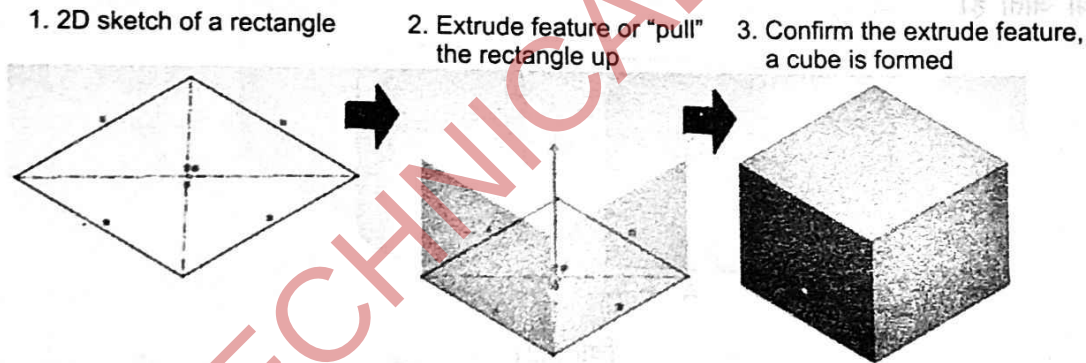
### 2.6.2. एक्सट्रूड कमांड (Extrude)

ऑटोकैड में एक्सट्रूड कमांड का उपयोग 3D मॉडलिंग में किया जाता है। यदि एक बंद आरेख को किसी भी दो विमा जैसे कि  $xy$ ,  $yz$  और  $zx$  जैसे किसी उपयोगकर्ता की इच्छा के अनुसार प्लेन में खींचा जाता है और फिर उपयोगकर्ता 3D मॉडल बनाना चाहता है तो यह कमांड 'EXTRUDE' उपयोग में आता है। किसी भी बंद आरेख को तीसरा आयाम देकर उसे 3D सॉलिड में बदला जा सकता है। लेकिन यदि आरेख बंद नहीं है तो आरेख की केवल ऊँचाई बढ़ेगी। इसीलिए एक्सट्रूड का उपयोग पॉलीलाइन कमांड के साथ करते हैं।

**एक्सट्रूड कमांड उपयोग करने के चरण—**

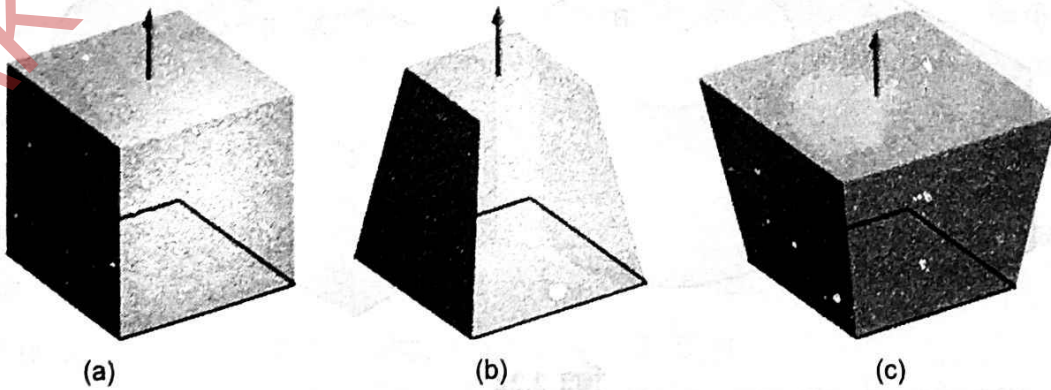
1. एक बंद आरेख बनाए।
2. सॉलिड पैनल से एक्सट्रूड कमांड का चयन करें।
3. ऑब्जेक्ट्स या आरेख को एक्सट्रूड करने के लिए चयन करें।
4. ऊँचाई निर्दिष्ट करें।

एक्सट्रूड के बाद, DELOBJ सिस्टम वैरिएबल की सेटिंग के आधार पर, मूल ऑब्जेक्ट को हटा दिया जाता है या बनाए रखा जाता है।



चित्र 2.20(b)—एक्सट्रूड का उपयोग कर के घन बनाना

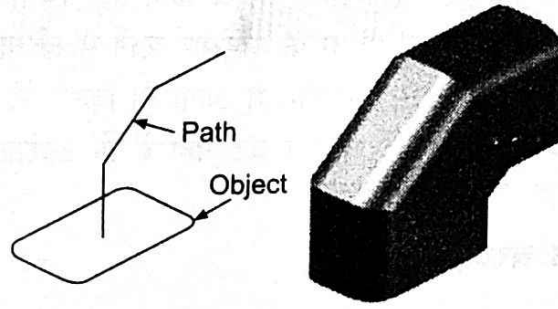
**टिप्पणी—**extrude कमांड के द्वारा आरेख को ऊँचाई के साथ-साथ तिरछापन भी दिया जा सकता है तथा एक्सट्रूड की दिशा भी निर्धारित की जा सकती है।



चित्र 2.20(c)—एक्सट्रूड वस्तु (a) taper angle (0) (b) taper angle (10) (c) taper angle (-10)



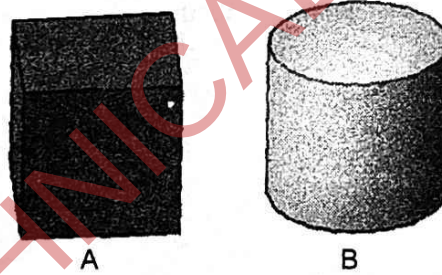
आरेख को किसी भी दिशा के अनुरूप भी एक्सट्रूड किया जा सकता है।



चित्र 2.20(d)—दिशा के अनुरूप एक्सट्रूड

## 2.7 बूलियन फलन जैसे—यूनियन, सबट्रैक्शन और इंटरसेक्शन के उपयोग से संयुक्त ठोस बनाना (Creation of Composite Solid using Boolean Function e.g. Union, Subtraction and Intersection)

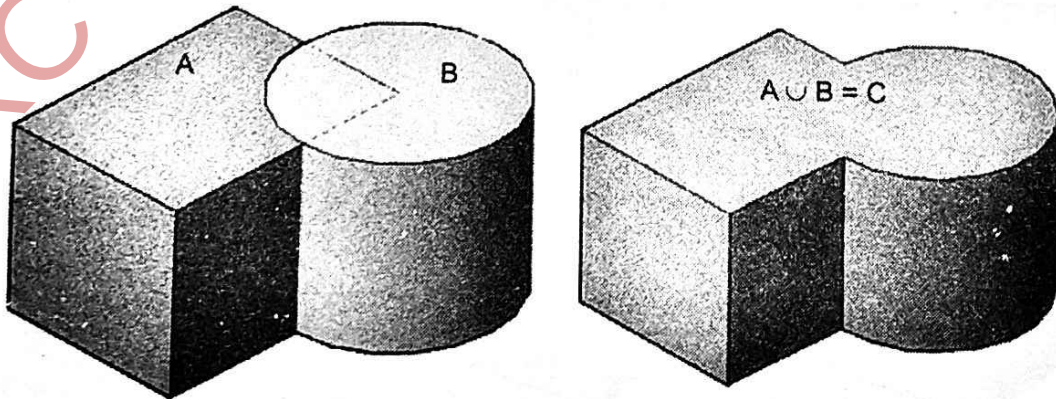
Boolean Function जैसे “यूनियन”, “सबट्रेक्ट” और “इंटरसेक्ट” तीन बुलियन ऑपरेशनों का उपयोग करके ठोस जोड़ा या घटाया जाता है।



चित्र 2.21

### 2.7.1. यूनियन (Union)

यूनियन ऑपरेशन में, दो ठोस प्रीमिटिव्स को एक ठोस में एक साथ जोड़ दिया जाता है।

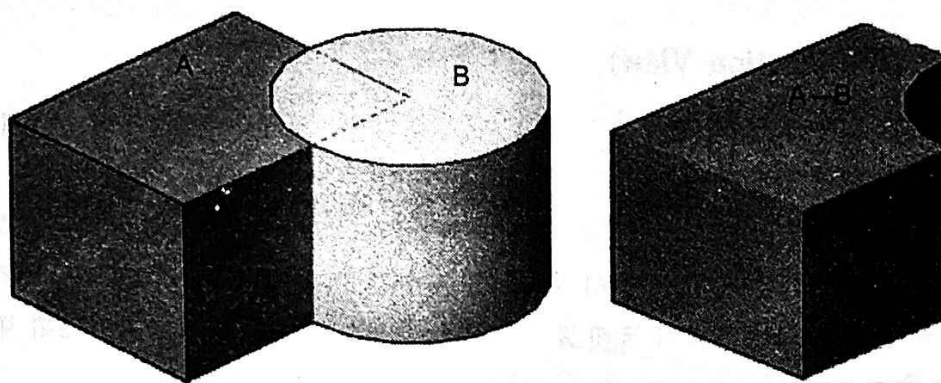


चित्र 2.22

### 2.7.2. सबट्रेक्ट (Subtract)

सबट्रेक्ट ऑपरेशन में एक ठोस तथा उसके द्वारा अतिव्यापी (overlapping) दूसरे ठोस के भाग को निकाल दिया जाता है।

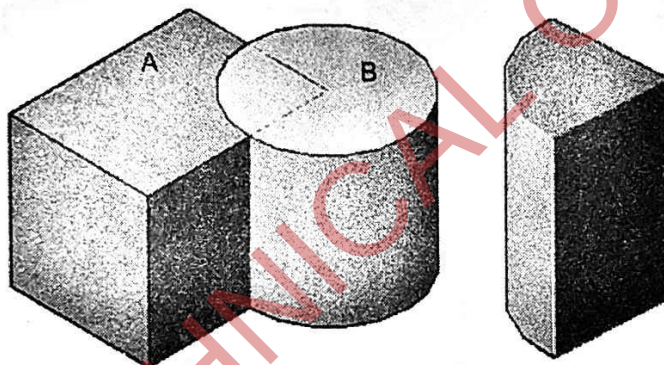




चित्र 2.23

### 2.7.3. प्रतिच्छेदन (Intersection)

प्रतिच्छेदन (intersection) ऑपरेशन में, दो ठोस रूपों का सामान्य अतिव्यापी भाग को छोड़ शेष भागों को निकाल दिया जाता।



चित्र 2.24

## 2.8 ठोस का प्रतिभाग करना और ठोस संपादन कमांड Shell, Separate Commands का उपयोग करके किनारे और अग्र-भाग का संशोधन करना (Sectioning of Solids and Modification of Solid Edges and Faces using Solid Editing Commands—Shell, Separate Commands)

ऑटोकैड 2000 से पहले, ठोस पदार्थों का प्रत्यक्ष संपादन बहुत सीमित था। उस समय किसी ठोस पर चैम्फर (chamfer), फिलेट (fillet), स्लाइस (slice) & एक्सप्लोड (explode) आदि कुछ सीमित क्रियों की जा सकती थी। ऑटोकैड 2000 ने ठोस पदार्थों को सीधे संपादित करने के लिए SOLIDEDIT की शुरुआत की। इस कमांड में बहुत सारे विकल्प उपलब्ध हैं। SOLIDEDIT तीन प्रमुख प्रकार के ठोस संपादन प्रदान करता है—

1. **फेसेस (Faces)**—यह विकल्प सतह को संपादित करने में सक्षम बनाते हैं। जैसे ठोस के स्थानांतरण, हटाने, घुमाने, ऑफसेट, टेपर, कॉपी, कलर आदि की प्रक्रिया करने की सुविधा प्रदान करता है।
2. **एजस (Edges)**—किनारों को रंग, कॉपी, टेपर तथा घूमा सकते हैं।
3. **बॉडीज (Bodies)**—Bodies के विकल्प समग्र रूप से ठोस पर लागू होते हैं। इसके द्वारा छाप, अलग, खोल, सफाई और ठोस की जाँच की जाती है।



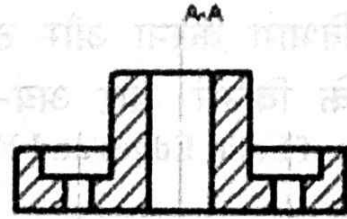
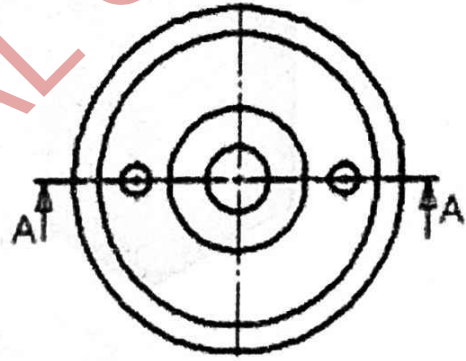
### 2.8.1 अनुभागीय दृश्य (Section View)

समानतः ठोस बाहरी और आंतरिक रूप से भिन्न होते हैं। सामान्य इंजीनियरिंग ड्राइंग में, केवल बाहरी आकार खींचे जाते हैं। ठोस के आंतरिक रचनात्मक विवरणों को जानने के लिए, इसे आवश्यकतानुसार काटना होगा और उसके बाद ठोस की पूर्ण ड्राइंग बनाए जा सकते हैं। आंतरिक विवरणों को जानने के लिए ठोस के इस कटिंग सतह को ठोस पदार्थों का अनुभागीय दृश्य कहा जाता है। अनुभागीय दृश्य को पतली काली समानांतर रेखाओं द्वारा दर्शाया जाता है जिसे क्रॉसहैचिंग (crosshatching) या अनुभाग अस्तर कहा जाता है, समान्यतः ये दृश्य सतह के भीतर 45 डिग्री पर होती है।

अनुभागीय दृश्य निम्न प्रकार के हो सकते हैं—

#### 1. पूर्ण अनुभाग (Full Section)

जब किसी ऑब्जेक्ट में कटिंग प्लेन लाइन ऑब्जेक्ट के केंद्र से गुजरती है तो कटिंग प्लेन लाइन उस वस्तु को दो भागों में बांट देती है। ऑब्जेक्ट का आधा भाग हटा देते हैं और हटाने के बाद जो शेष भाग बचता है उसे पूर्ण खंड (Full section) कहते हैं।

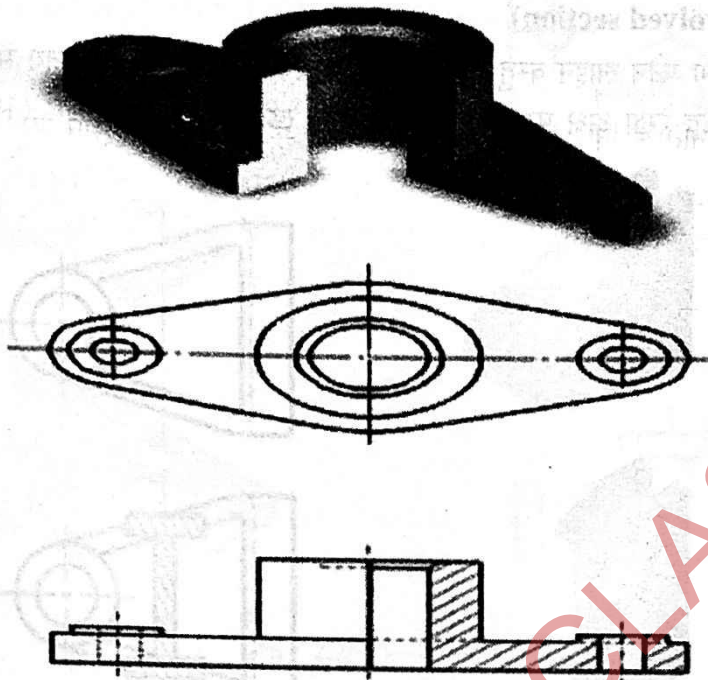


चित्र 2.25(a)—पूर्ण खंड

#### 2. आधा अनुभाग (Half Section)

जब किसी ऑब्जेक्ट के एक चौथाई भाग को कटिंग प्लेन द्वारा काल्पनिक रूप (imaginary cutting plane) से काट दिया जाए और सामने से कटे हुए भाग को अलग कर दिया जाए और शेष कटे हुए भाग के साथ उसका प्रक्षेपण बनाया (Projection draw) जाए तो इस प्रकार बनाए गए भाग को उस वस्तु का आधा खंड (half section) कहते हैं। आधा खंड का प्रयोग अधिकतर बेलनाकार वस्तु की आंतरिक विस्तार को दिखाने के लिए किया जाता है। आधा खंड का प्रयोग असेंबली ड्राइंग में आंतरिक बनावट और छिद्र की स्थिति को दिखाने के लिए किया जाता है।

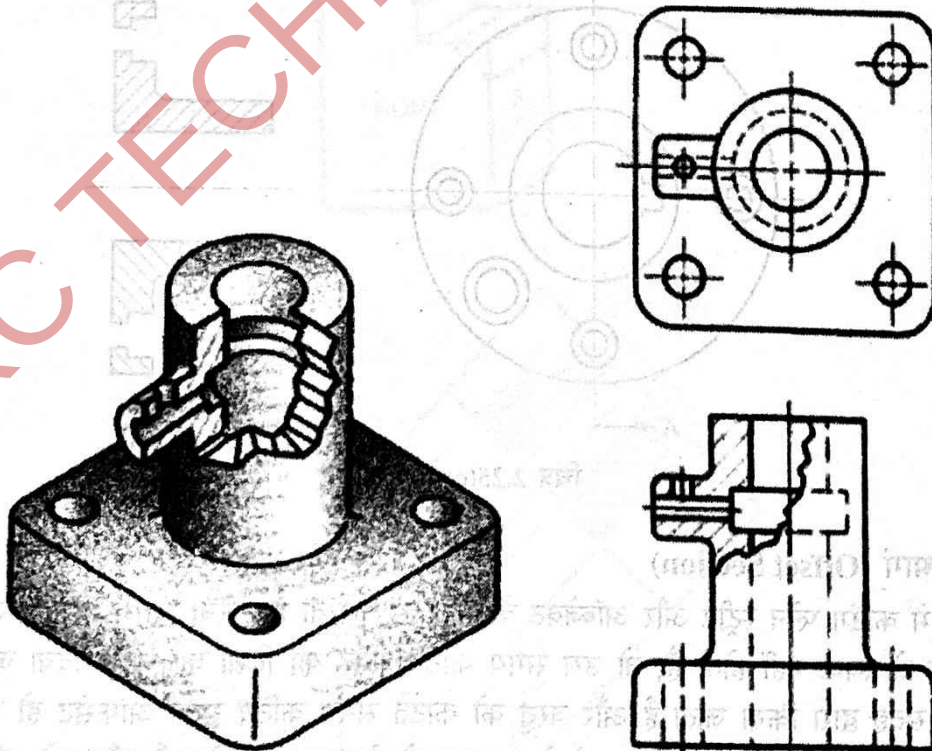




चित्र 2.25(b)—आधा खंड

### 3. टूटे-फूटे अनुभाग (Broken Section)

कुछ ऑब्जेक्ट में जब हमें जरूरी विवरण दिखाना होता है लेकिन बाहरी दृश्य के कारण हम वस्तु का पूर्ण और आधा खंड नहीं कर पाते वहाँ पर ब्रोकेन खंड (Broken section) का प्रयोग किया जाता है। जब हमें किसी ऑब्जेक्ट का थोड़ा सा भाग थोड़ी देर के लिए दिखाना हो तो उस खंड को हम आंशिक (partial), ब्रोकेन (broken) या लोकेन loken खंड कहते हैं।

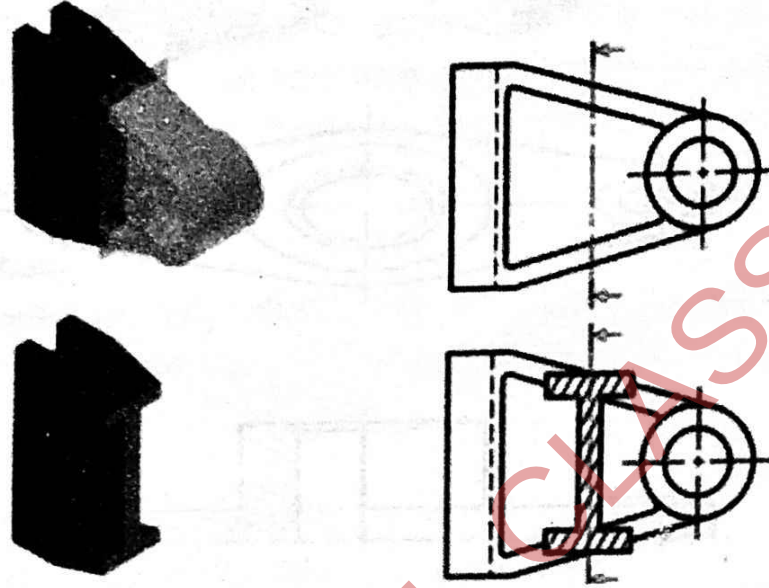


चित्र 2.25(c)—ब्रोकेन खंड



#### 4. रेवोल्वड अनुभाग (Revolved section)

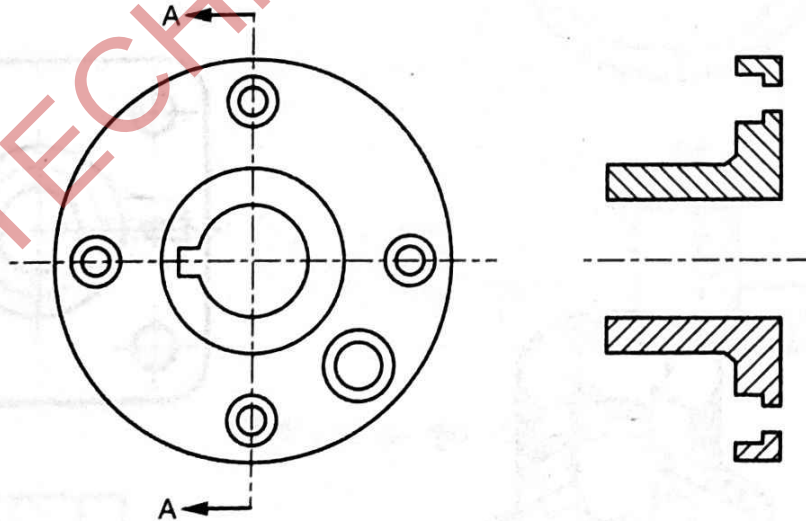
जब किसी वस्तु में कटिंग प्लेन लाइन वस्तु की अक्ष के लम्बवत काटती हैं तो वास्तव में वह अनुप्रस्थ काट होगा। उसी अनुप्रस्थ काट को वस्तु के केंद्र रेखा अक्ष पर घुमाकर प्राप्त वाले खंड को रेवोल्वड खंड (Revolved section) कहते हैं।



चित्र 2.25(d)—रेवोल्वड खंड

#### 5. थिन अनुभाग (Thin Section)

पतले वस्तु जैसे धातु की चादर (sheet metal), प्लेट (plate) आदि वस्तु में सेक्शन ब्लॉक दर्शाया जाता है। क्योंकि इस प्रकार के वस्तु में दिखाने के लिए कुछ नहीं होता उसे Thin section कहते हैं।

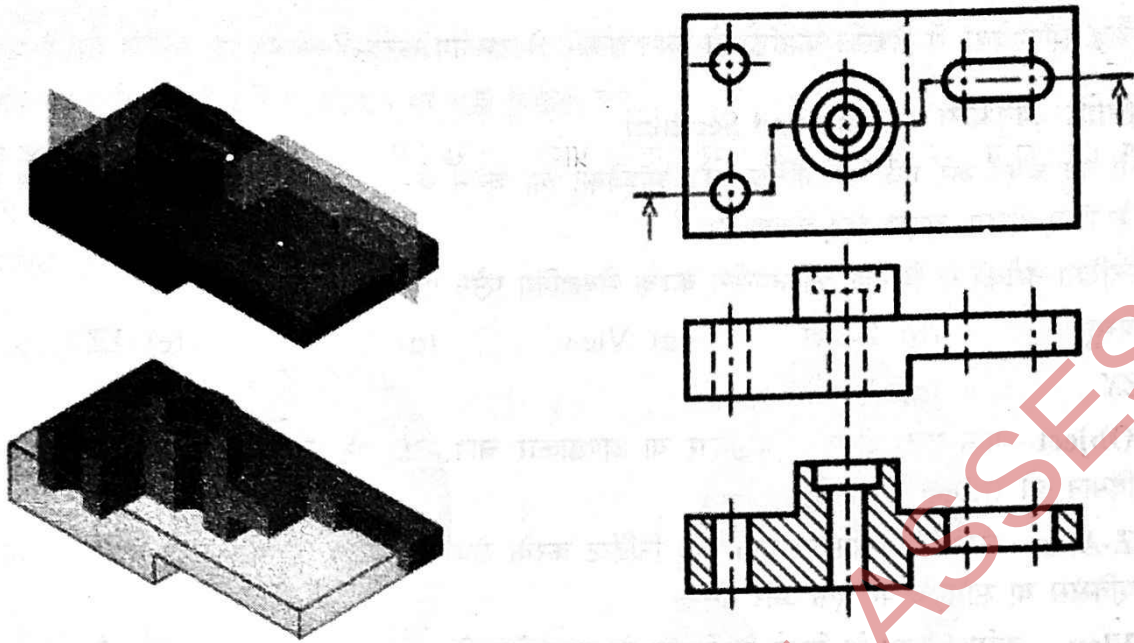


चित्र 2.25(e)—थिन खंड

#### 6. ऑफसेट अनुभाग (Offset Section)

फुल सेक्शन में कटिंग प्लेन स्ट्रीट और ऑब्जेक्ट के सेंटर से गुजरती है। परन्तु किसी वस्तु में जब कटिंग सतह वस्तु की दी हुई विस्तार से स्पष्ट नहीं होती है, तो उस समय कटिंग सतह की दिशा को बदल दिया जाता है और वस्तु का सेक्शन दो कटिंग सतह द्वारा किया जाता है और वस्तु को काटते समय कटिंग सतह ऑफसेट हो जाता है। कटिंग सतह रेखा (cutting plane line) द्वारा वस्तु को काटने के पश्चात जो सेक्शन प्राप्त होता है और उसे ऑफसेट खंड (Offset section) कहते हैं।

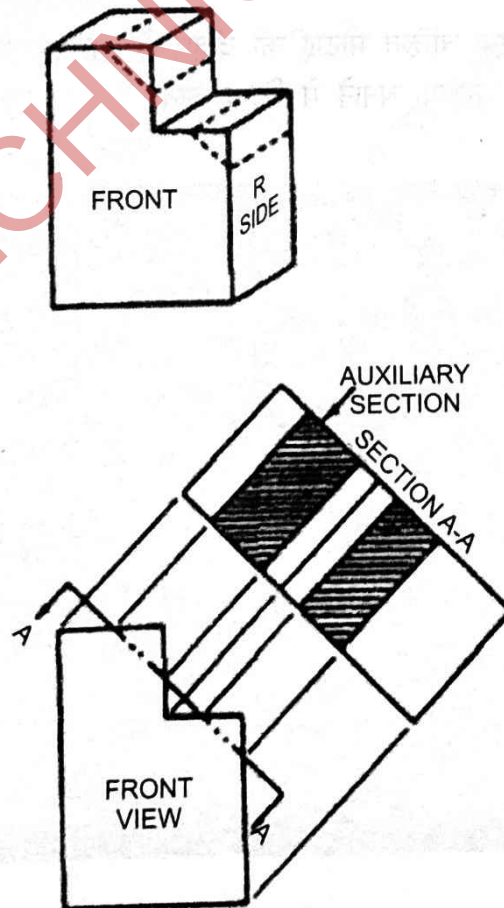




चित्र 2.25(f)—ऑफसेट खंड

### 7. सहायक अनुभाग (Auxiliary Section)

किसी ऑब्जेक्ट में जब कटिंग सतह रेखा किसी भी समन्वय (co-ordinate) के समांतर (parallel) ना हो, तो इस प्रकार के वस्तु में सेक्शन करने को सहायक खंड (Auxiliary section) कहते हैं। इस खंड के लिए ऑब्जेक्ट को तिरछा (inclined) काटते हैं यह सेक्शन वस्तु के तिरछे भाग की आंतरिक विस्तार (internal detail) को दर्शाने के लिए प्रयोग किया जाता है।



चित्र 2.25(g)—सहायक अनुभाग



ऑटोकैड सॉफ्टवेयर में सेक्शन कमांड को निम्न प्रकार से उपयोग करते हैं—

### 2.8.2. कमांड अनुभाग (Command Section)

वस्तुओं का चयन करें एक या अधिक 3D ऑब्जेक्ट का चयन करता है। कई ऑब्जेक्ट्स का चयन करना प्रत्येक ऑब्जेक्ट के लिए अलग-अलग क्षेत्र बनाता है।

निम्नलिखित तरीकों में से एक का उपयोग करके सेक्शनिंग प्लेन पर बिंदु निर्दिष्ट करें—

- (a) वस्तु (b) Z-अक्ष (c) View (d) XY (e) YZ  
(f) ZX (g) 3points

(a) **Object**—एक वृत्त, दीर्घवृत्त, वृत्ताकार या अण्डाकार चाप, 2D तख्ता, या 2D ताल खंड के साथ सेक्शनिंग विमान को संरेखित करता है।

(b) **Z-Axis**—सेक्शनिंग प्लेन पर एक बिंदु निर्दिष्ट करके सेक्शनिंग प्लेन को परिभाषित करता है और प्लेन के Z एक्सिस या सामान्य पर एक और पॉइंट।

(c) **View**—वर्तमान दृश्य के देखने के विमान के साथ सेक्शनिंग विमान को संरेखित करता है।

(d) **XY**—वर्तमान UCS के XY विमान के साथ सेक्शनिंग प्लेन को संरेखित करता है।

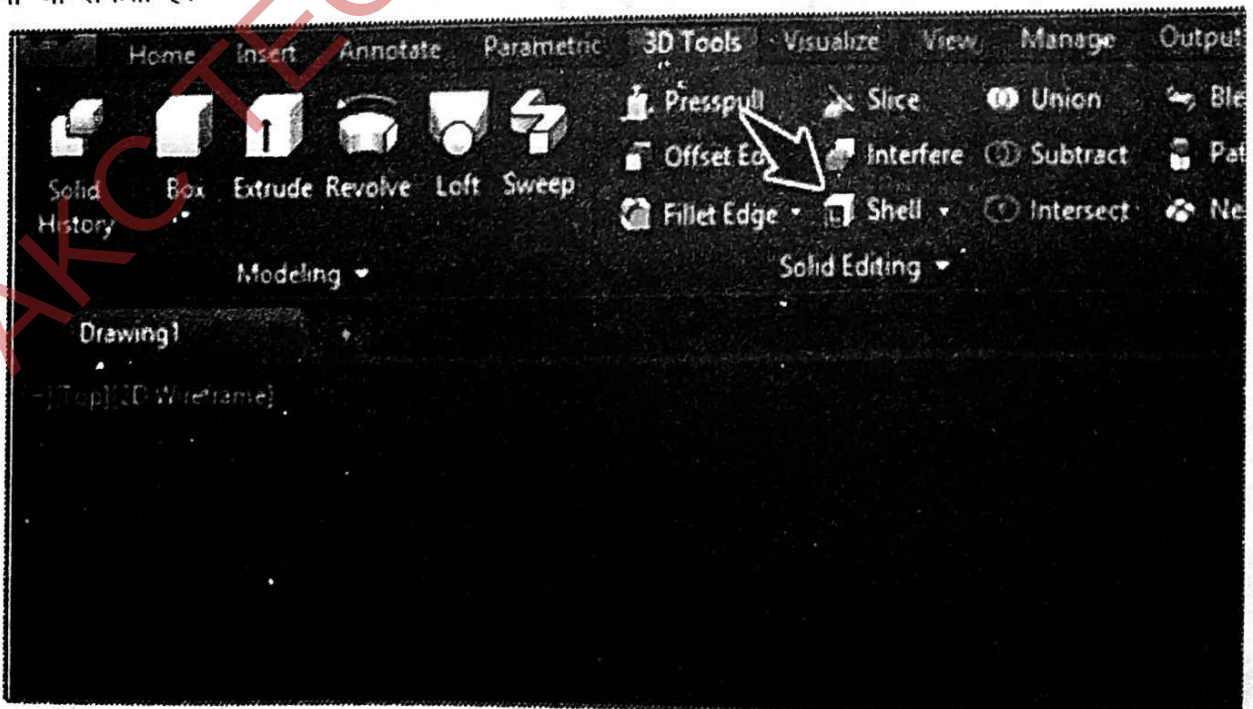
(e) **YZ**—वर्तमान UCS के YZ प्लेन के साथ सेक्शनिंग प्लेन को संरेखित करता है।

(f) **ZX**—वर्तमान UCS के ZX प्लेन के साथ सेक्शनिंग प्लेन को संरेखित करता है।

(g) **3points**—सेक्शनिंग प्लेन को परिभाषित करने के लिए तीन बिंदुओं का उपयोग करता है।

### 2.8.3 Shell कमांड (Shell Command)

शेल उप-कमान 3D ठोस को एक वांछित मोटाई की दीवार के साथ खोखले खोल में परिवर्तित करता है। इसका उपयोग ग्लास, कप, ड्रम आदि जैसी संरचना बनाने में किया जाता है। 3D टूल के shell आइकॉन से इस कमांड का चयन किया जा सकता है।

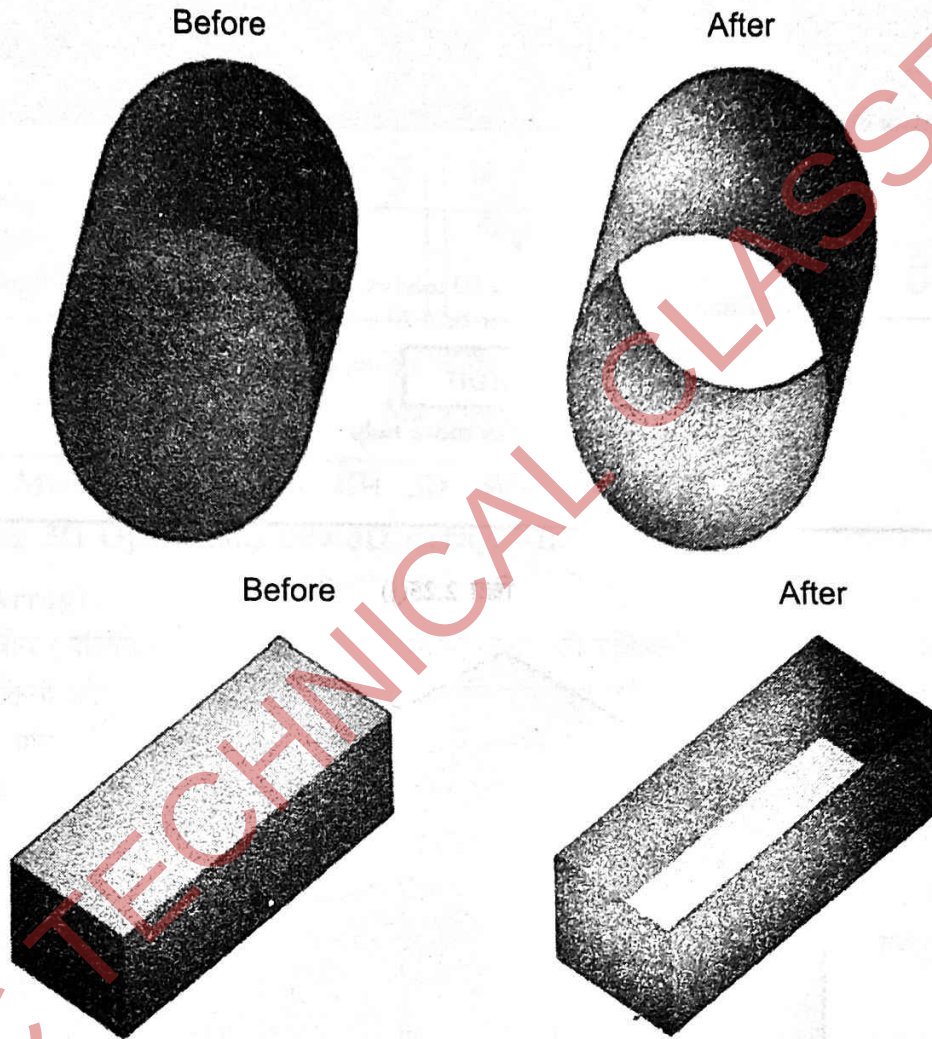


चित्र 2.25(h)



ऑटोकैड में इस कमांड का उपयोग करने के लिए निम्नलिखित चरण पूरे करने होते हैं—

1. कमांड को सक्रिय करें (शेल आइकन पर एक क्लिक करें)
2. ठोस का चयन करें
3. हटाये जाने वाले सतह का चुनाव करें
4. ऑफसेट दूरी निर्दिष्ट करें



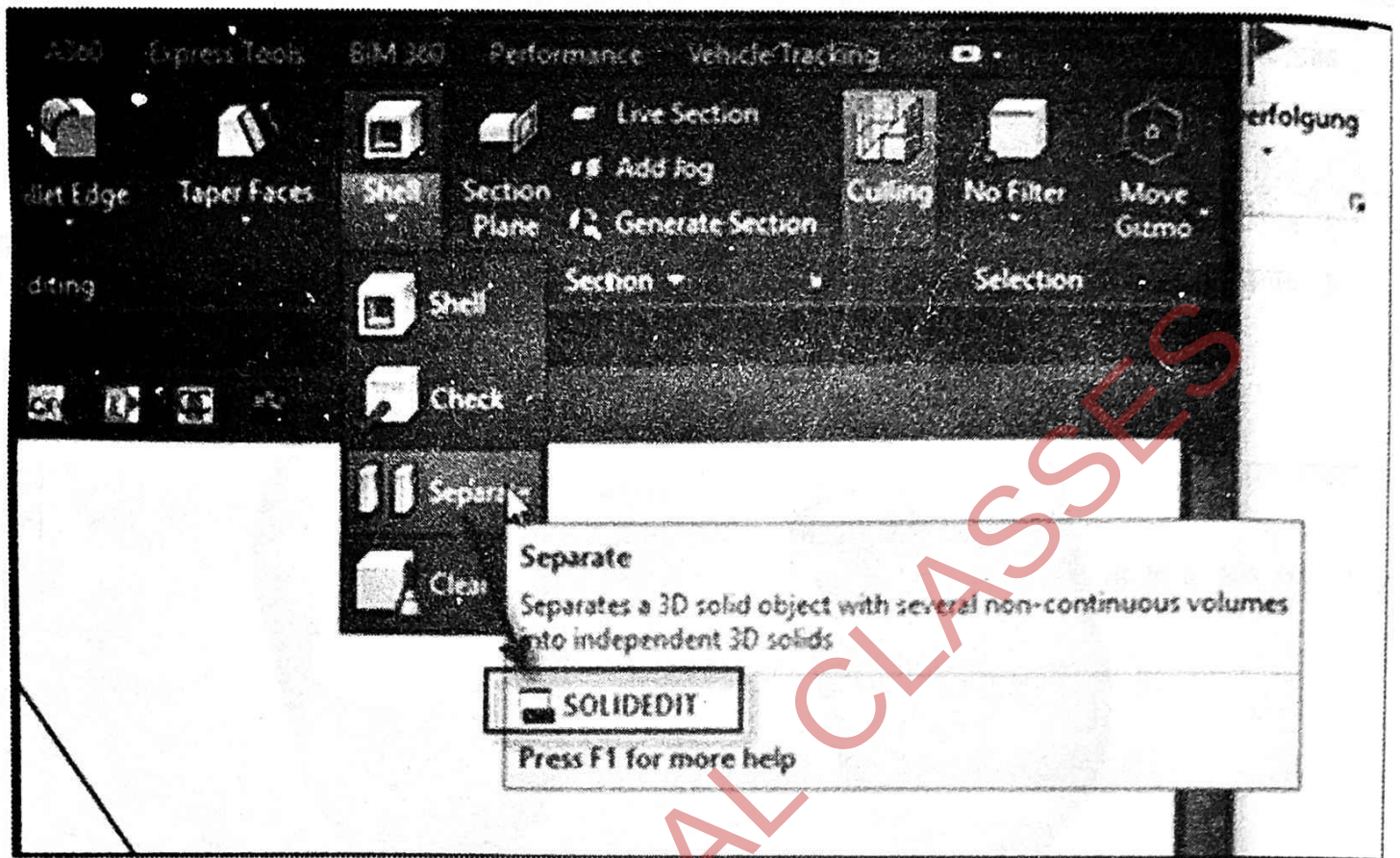
चित्र 2.25(i)—Shell कमांड का उदाहरण

#### 2.8.4 Separate कमांड (Separate Command)

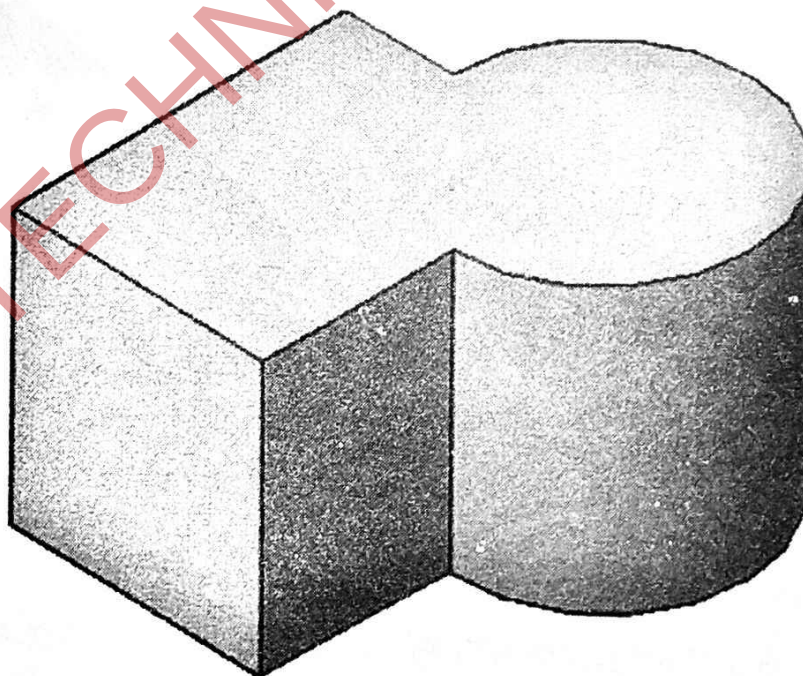
यह ऑपरेशन केवल गैर-इंटरसेक्टिंग ऑब्जेक्ट्स को अलग करता है जिन्हें यूनियन ऑपरेशन द्वारा संयोजित किया गया है। कभी-कभी संयोजित किए गए वस्तुओं को समझने या उसमें संपादन करने के लिए वस्तु को अलग करने की आवश्यकता होती है।

- (i) सॉलिडेशन एडिटिंग पैनल पर क्लिक करें
- (ii) सॉलिडेशन एडिटिंग ड्रॉप-डाउन
- (iii) सेपरेट आइकन को चुने
- (iv) 3D सॉलिड ऑब्जेक्ट का चयन करें



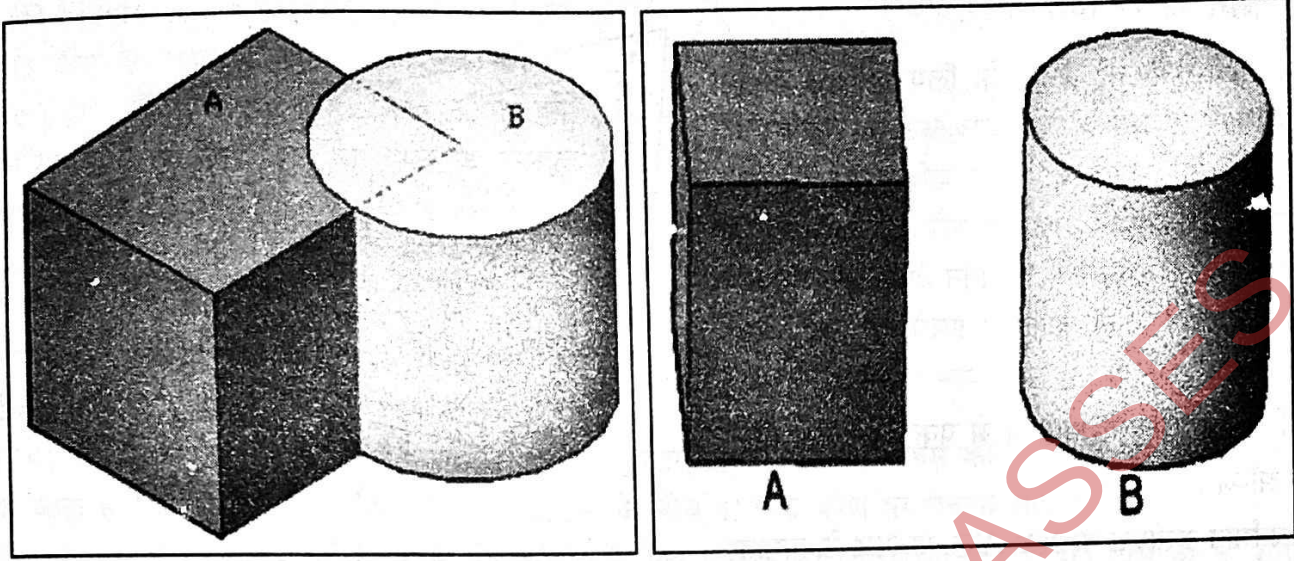


चित्र 2.25(j)



Separate कमांड से पहले





Separate कमांड के बाद

चित्र 2.25(k)

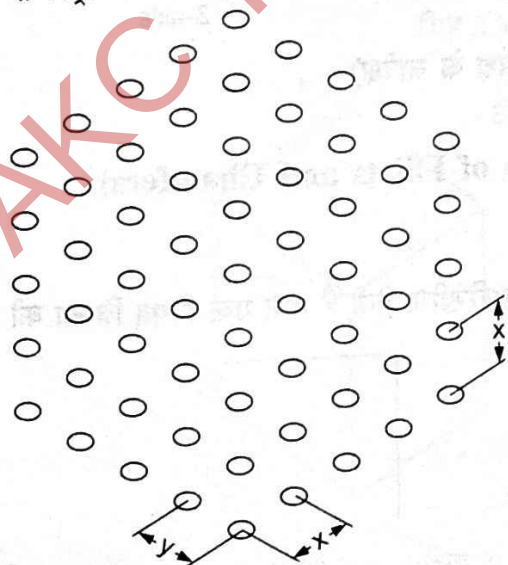
## 2.9 3D Array, Mirror and Rotate जैसे 3D ऑपरेशन करना

(Performing 3D Operations like 3D Array, Mirror and Rotate)

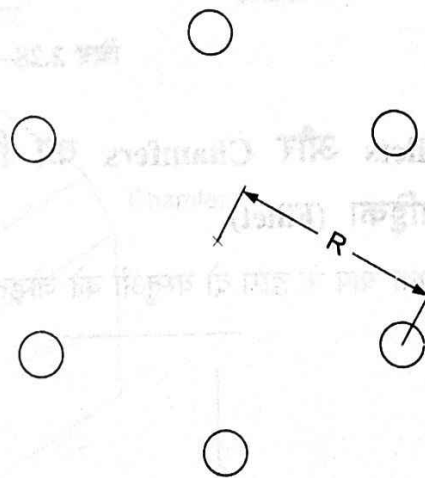
### 2.9.1 सारणी (Array)

आयताकार या ध्रुवीय (परिपत्र) पैटर्न में वस्तुओं की प्रतियाँ बनाने की प्रक्रिया को सारणी (array) कहते हैं। आयताकार सरणियों के लिए, पंक्तियों और स्तंभों की संख्या और प्रत्येक के बीच की दूरी को नियंत्रित करना होता है। ध्रुवीय सरणियों के लिए, वस्तुओं की प्रतियों की संख्या और प्रतियाँ घुमाव को नियंत्रित करते हैं।

3D सारणी की सहायता से, किसी 3D वस्तु के लिए तीन आयामी सारणी का निर्माण किया जा सकता है। तीन आयामी सारणी के लिए कॉलम (X दिशा) और पंक्तियों (Y दिशा) के अलावा, स्तरों की संख्या (Z दिशा) भी निर्दिष्ट करते हैं। यदि किसी सारणी के लिए बहुत बड़ी संख्या में पंक्तियों और स्तंभों को निर्दिष्ट करते हैं, तो प्रतियाँ बनाने में लंबा समय लग सकता है। एक कमांड द्वारा उत्पन्न किए जाने वाले सारणी तत्वों की संख्या लगभग 100,000 तक सीमित होती है। इस सीमा को रजिस्ट्री में सेटिंग द्वारा नियंत्रित किया जाता है।



(a) 3D आयताकार सारणी



(b) 3D ध्रुवीय सारणी

चित्र 2.26

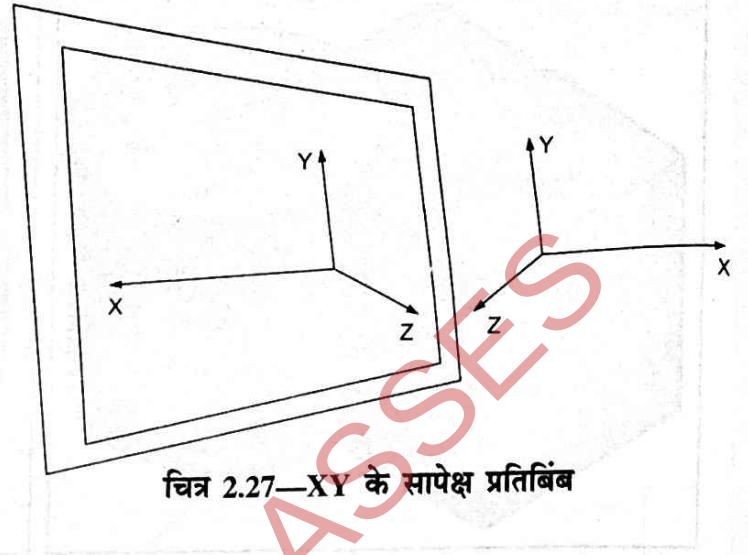


## 2.9.2 Mirror (दर्पण)

सममित वस्तुओं को बनाने के लिए mirror कमांड बहुत उपयोगी है क्योंकि पूरे ऑब्जेक्ट को खींचने के बजाय मिरर कर सकते हैं। दर्पण छवि बनाने के लिए दर्पण रेखा नामक एक अक्ष के सापेक्ष में वस्तुओं को फ्लिप करते हैं। इसके लिए परावर्तन अक्ष और परावर्तन समतल का चयन किया जाता है। इसमें वस्तु को  $180^\circ$  घुमाया जाता है।

मिररिंग प्लेन निम्नलिखित में से एक हो सकता है—

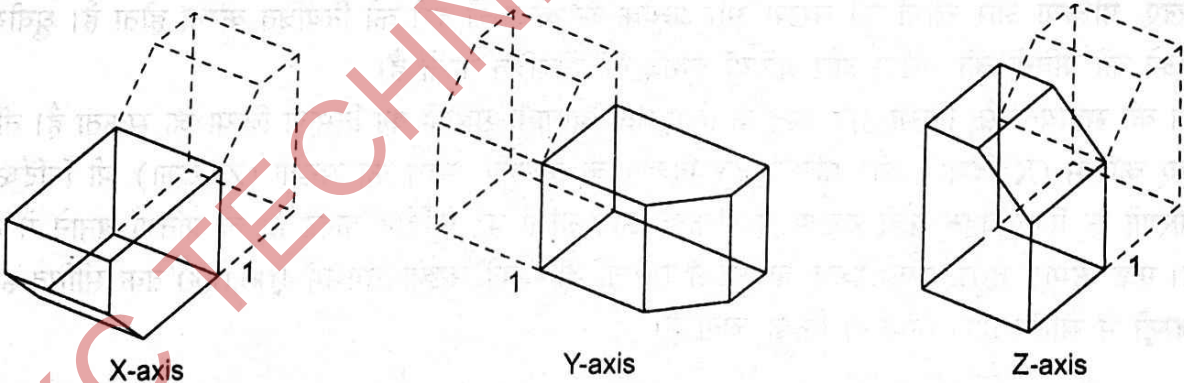
1. ऑब्जेक्ट का सतह।
2. वर्तमान यूसीएस के XY, YZ या XZ के समांतर है, जो एक निर्दिष्ट बिंदु से गुजरता है।
3. तीन बिंदुओं द्वारा परिभाषित एक समतल।



चित्र 2.27—XY के सापेक्ष प्रतिबिंब

## 2.9.3 रोटेट (Rotate)

रोटेशन में, वस्तु को किसी अक्ष से एक विशेष कोण  $\theta$  (थीटा) से घूमा देते हैं। रोटेशन वामावर्त या दक्षिणावर्त हो सकता है। 3डी रोटेशन के लिए कोण और रोटेशन अक्ष दोनों आवश्यक हैं। रोटेशन अक्ष x, y या z कोई भी एक हो सकता है। 3D ऑब्जेक्ट को घुमाने के लिए, ROTATE या ROTATE3D का उपयोग कर सकते हैं।

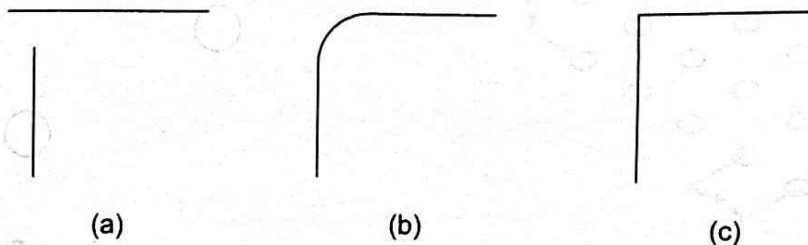


चित्र 2.28—3D रोटेशन (x, y, z अक्ष के सापेक्ष)

## 2.10 Fillets और Chamfers का निर्माण (Creation of Fillets and Chamfers)

### 2.10.1 पट्टिका (Fillet)

पट्टिका एक चाप के द्वारा दो वस्तुओं को जोड़ती है जो वस्तुओं के स्पर्शरेखीय होती है तथा एक नियत त्रिज्या की होती है।



चित्र 2.29—(a) फिलेट से पहले रेखा, (b) फिलेट त्रिज्या R के साथ रेखा, (c) फिलेट त्रिज्या  $R=0$  के साथ रेखा



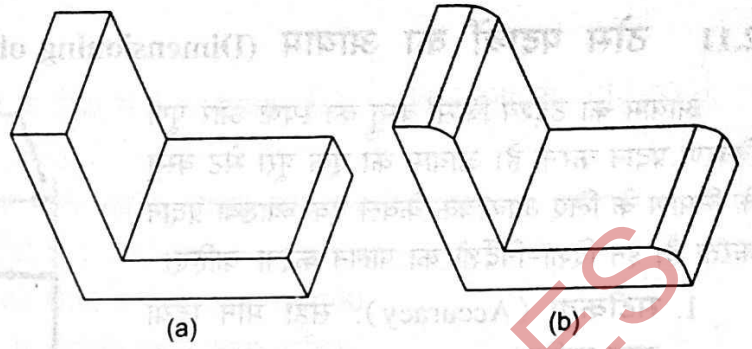
### A. 3D Fillets

3D ठोस के सतह या किनारों को एक पट्टिका (Fillet) द्वारा जोड़ा जा सकता है। किसी पट्टिका को परिभाषित करने के लिए वस्तु के चयन के उपरांत ठोस के किनारों या सतह का चयन किया जाता है।

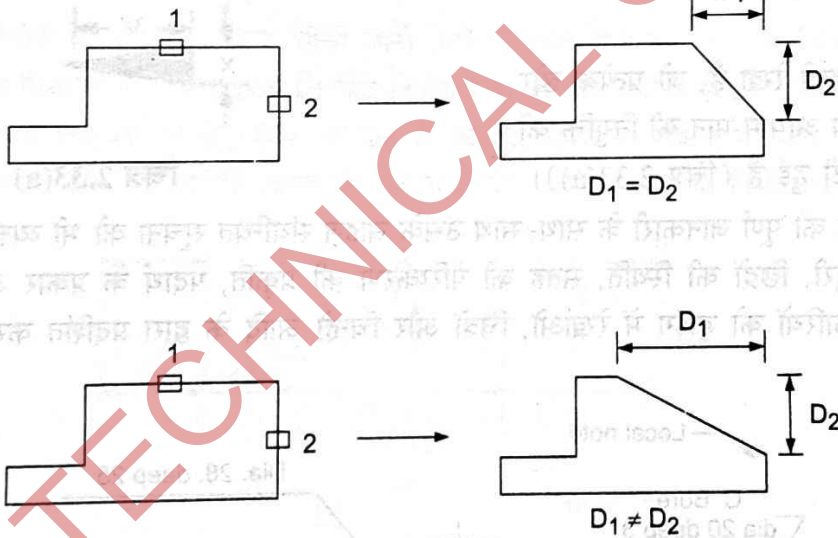
#### 2.10.2 चैफर्स

चैफर्स का उपयोग सामान्यतः मशीनिंग, बढ़ईगरी, फर्नीचर, कंक्रीट फॉर्मवर्क, दर्पण, मुद्रित सर्किट बोर्ड और कई इंजीनियरिंग डिजाइनों की संयोजन की सुविधा के लिए किया जाता है। चैफर्स को बेवल के रूप में भी परिभाषित किया जाता है, यह अक्सर दो समीपस्थ फलक (face) के बीच  $45^\circ$  के कोण पर बनाया जाता है।

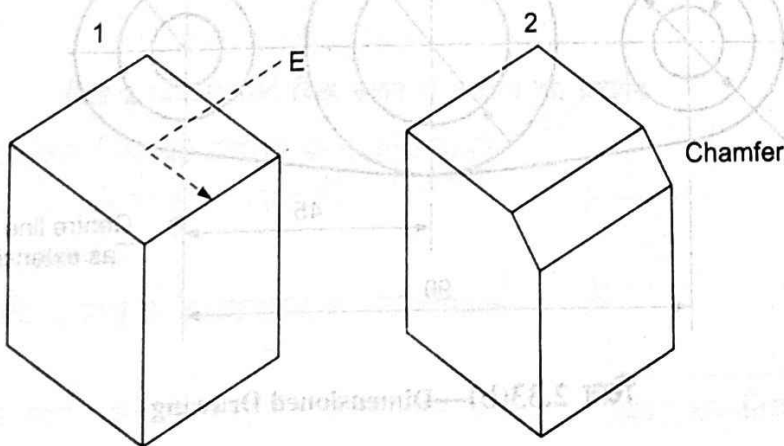
चैफर्स एक कोण रेखा है जो दो सीधी 2D वस्तुओं के अंत बिंदुओं को पूरा करती है तथा 3D ठोस पर दो सतहों या आसन्न फलकों के बीच एक ढलान का निर्माण करती है।



चित्र 2.30—(a) फिलेट से पहले ठोस (b) फिलेट के बाद ठोस



चित्र 2.31—2D चैफर्स का प्रभाव



चित्र 2.32—3D चैफर्स का प्रभाव



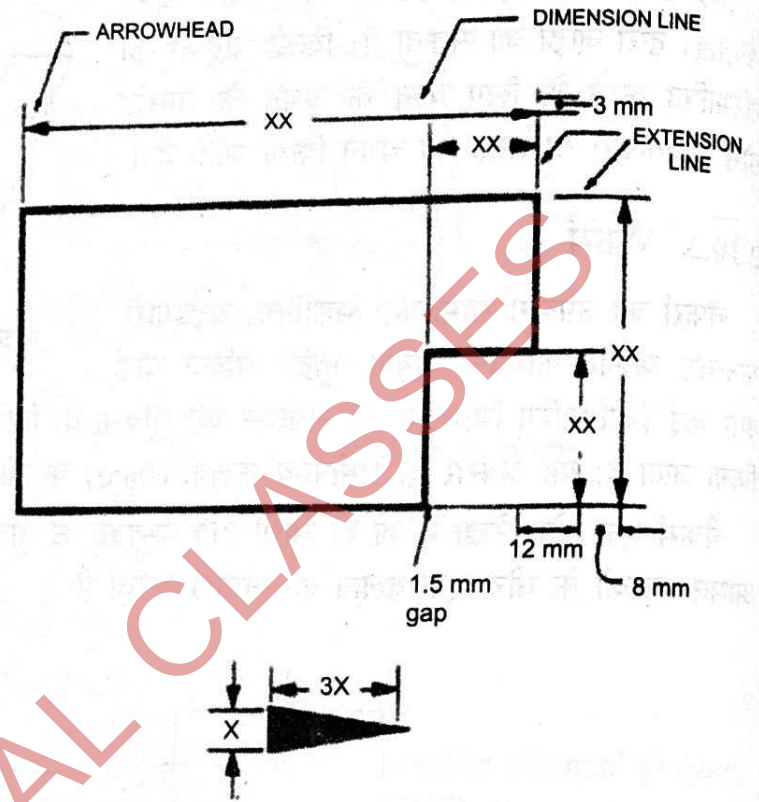
## 2.11 ठोस पदार्थों का आयाम (Dimensioning of Solids)

आयाम का उद्देश्य किसी वस्तु का स्पष्ट और पूर्ण विवरण प्रदान करना है। आयाम का एक पूरा सेट वस्तु के निर्माण के लिए आवश्यक केवल एक व्याख्या प्रदान करता है। इन दिशा-निर्देशों का पालन करना चाहिए।

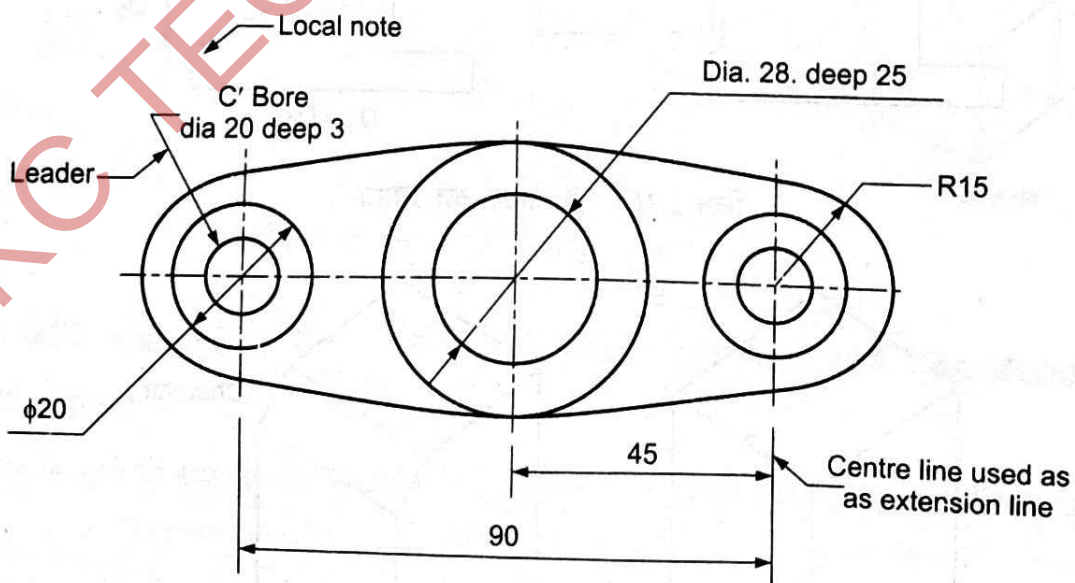
1. सटीकता (Accuracy): सही मान दिया जाना चाहिए।
2. निर्मलता (Clearness): आयामों को उपयुक्त पदों पर रखा जाना चाहिए।
3. पूर्णता (Completeness): कुछ भी नहीं छोड़ा जाना चाहिए, और कुछ भी नहीं दोहराया गया।
4. पठनीयता (Readability): उपयुक्तता के लिए उपयुक्त पंक्ति गुणवत्ता का उपयोग किया जाना चाहिए।

आयाम रेखा एक पतली रेखा है, जो प्रत्येक छोर पर तीर के आकार के साथ आयाम मान की नियुक्ति की करने के लिए बीच में टूटी हुई है (चित्र 2.33(a))।

ड्राइंग, वस्तु के आकार की पूर्ण जानकारी के साथ-साथ उसके साइज़ संबंधित सूचना को भी व्यक्त करता है। इस सूचना को सतहों के बीच की दूरी, छिद्रों की स्थिति, सतह की परिष्करण की प्रकृति, पदार्थ के प्रकार आदि द्वारा किया व्यक्त किया जाता है। इन जानकारियों को ड्राइंग में रेखाओं, चित्रों और चिन्हों आदि के द्वारा प्रदर्शित करने को ही विमीयकरण कहा जाता है।



चित्र 2.33(a)



चित्र 2.33(b)—Dimensioned Drawing



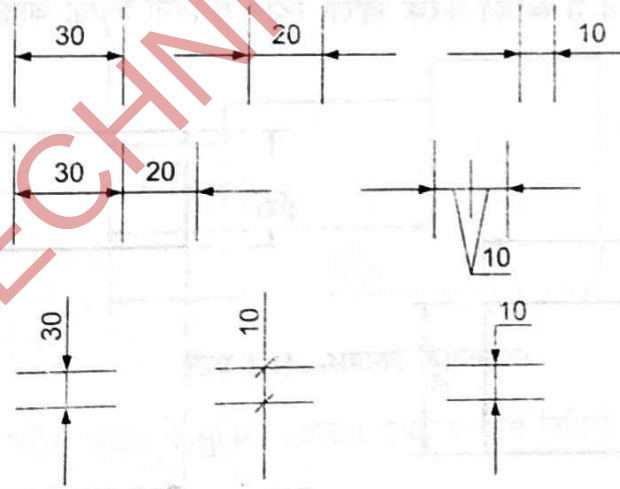
### 2.11.1 विमीयकरण के सिद्धांत

विमीयकरण के बुनियादी सिद्धांत निम्नलिखित हैं—

1. विशिष्टियों को पूर्ण एवं स्पष्ट रूप से प्रदर्शित करने के लिए सभी आवश्यक विमीय सूचनाएँ ड्राइंग पर प्रदर्शित की जानी चाहिए।
2. प्रत्येक विशिष्टियों को केवल एक बार प्रदर्शित किया जाना चाहिए अर्थात् एक दृश्य में दिखाये गए विशिष्टियों को किसी अन्य दृश्य में दिखाने की आवश्यकता नहीं होती है।
3. विमा को उस दृश्य में दिखाना चाहिए जिसमें वस्तु को स्पष्ट रूप से देखा जा सके।
4. जहाँ तक संभव हो विमा को किसी एक मात्र यूनिट में प्रदर्शित किया जाना चाहिए।
5. जहाँ तक संभव हो विमा को दृश्य के बाहर प्रदर्शित किया जाना चाहिए।
6. विमा को दृश्य रेखाओं द्वारा प्रदर्शित करना चाहिए ना की छिपी रेखाओं (hidden lines) द्वारा।
7. केंद्र रेखाओं को लंबे डैश रेखा द्वारा केंद्र पर केन्द्रित करना चाहिए।
8. विस्तार रेखा खींचते समय यह ध्यान देना चाहिए की विस्तार रेखा के प्रारम्भ बिंदु तथा चित्र के बीच में कोई अंतर नहीं होना चाहिए।

### 2.11.2 विमा का क्रियान्वयन

प्रक्षेप तथा विमा रेखों पतली सतत रेखाओं द्वारा खींची जानी चाहिए। प्रक्षेप रेखा को संबन्धित विमा रेखा से थोड़ा बाहर तक खींचना चाहिए जिसका विमीयकरण करना होता है। यदि विमीय रेखा के बीच पर्याप्त स्थान न हो तो, तीर शीर्ष की दिशा को विपरीत दिशा में खींचते हैं तथा संलग्न तीर शीर्ष को डाट से प्रदर्शित किया जा सकता है। कभी-कभी विशेष स्थितियों में तीर शीर्ष को तिरछी रेखाओं द्वारा भी प्रदर्शित किया जा सकता है जैसे तिरछी सतह के विमीयकरण में।

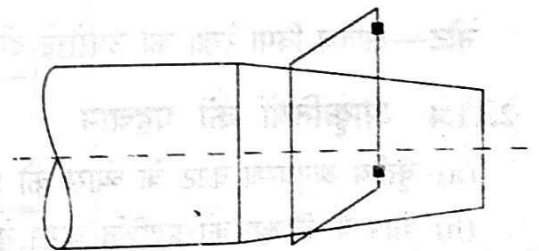


चित्र 2.34—संकीर्ण रिक्त स्थान में आयाम का प्रदर्शन

लीडर रेखा वस्तु, आउटलाइन तथा विमा को प्रदर्शित करने वाली तिर्यक रेखा है जो क्षैतिज के साथ  $30^\circ$  से अधिक कोण बनाता है।

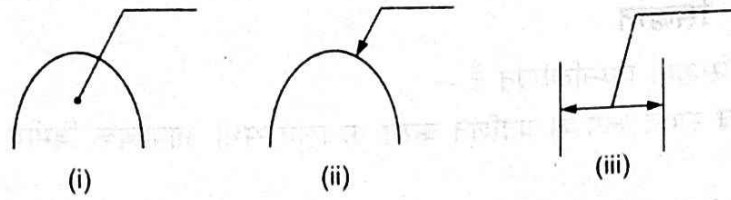
लीडर रेखा को समाप्त होना चाहिए—

- (i) एक बिन्दु के साथ, यदि वे वस्तु के आउटलाइन के अंदर समाप्त होता है।
- (ii) एक संकरी शीर्ष के साथ, यदि वे वस्तु के आउटलाइन पर समाप्त होता है।
- (iii) विमा किसी बिन्दु या तीर शीर्ष के, यदि वे विमीय रेखा पर समाप्त है।



चित्र 2.35—तिरछे वस्तु का आयाम





चित्र 2.36—लीडर रेखाओं की समाप्ति

विमा रेखा के समाप्ति बिन्दु को तीर शीर्ष या तिरछी रेखा द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। तीर शीर्ष का कोण  $15^\circ$  होता है।

विमा रेखा के प्रारम्भ बिन्दु को लगभग 3 mm व्यास के खुले वृत्त द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। तीर शीर्ष के लंबाई तथा चौड़ाई का अनुपात 3:1 होता है जैसाकि चित्र में दिखाया गया है।

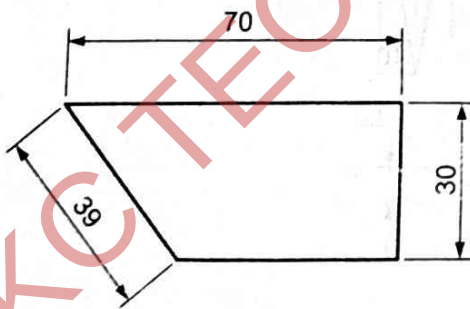


चित्र 2.37—तीर शीर्ष का अनुपात

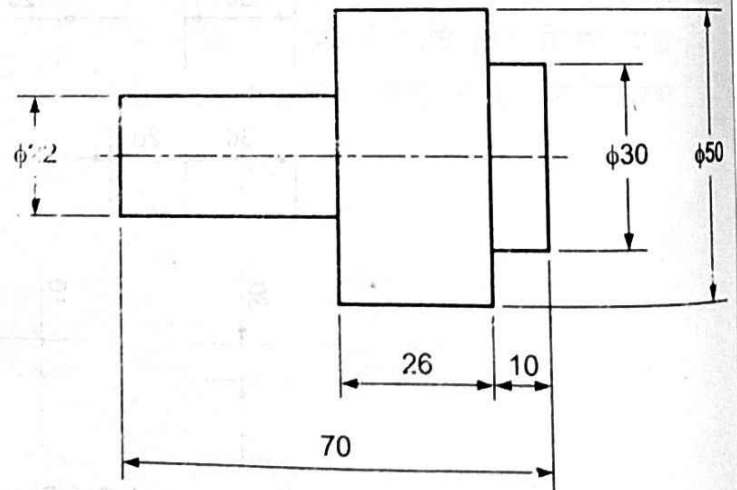
जब त्रिज्या का विमीयकरण करना होता है तो एक तीर शीर्ष, जो चाप पर समाप्त हो रहा हो, वाले विमा रेखा का प्रयोग किया जाता है। तीर का शीर्ष चाप के अंदर या बाहर कही भी, उसके आकार के अनुसार, समाप्त हो सकता है।

### 2.11.3 विमा को प्रदर्शित करने की विधियाँ

1. **संरेखीय विधि**—विमा को विमा रेखा के मध्य, ऊपर तथा समांतर लिखा जाना चाहिए। विमा को इस प्रकार लिखा जाता है कि इसको ड्राइंग के नीचे या दाहिने तरफ से पढ़ा जा सके। तिरछी विमा रेखा पर विमा को चित्र 2.38 के अनुसार लिखा जाता है।
2. **दिशाहीन विधि**—विमा को इस प्रकार प्रदर्शित किया जाता है की केवल उसे ड्राइंग के नीचे से पढ़ा जा सके। लम्बवत् विमा रेखा को बीच में खंडित करके खाली स्थान में विमा लिखा जाता है। (चित्र 2.39)



चित्र 2.38—संरेखीय विधि



चित्र 2.39—दिशाहीन विधि

**नोट**—क्षैतिज विमा रेखा को उपरोक्त दोनों विधियों में विमा लिखने के लिए बीच में खंडित नहीं किया जाता है।

### 2.11.4 आकृतियों की पहचान

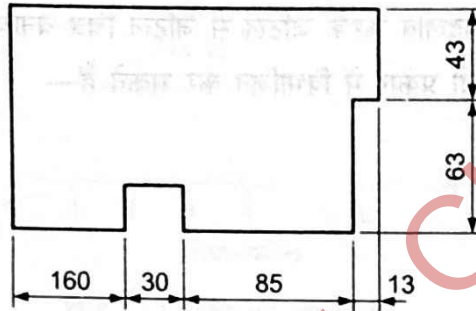
- (a) वृतीय अनुप्रस्थ काट के व्यास को प्रदर्शित करने के लिए  $\phi$  चिन्ह का प्रयोग किया जाता है।
- (b) चाप के त्रिज्या को प्रदर्शित करने के लिए  $R$  चिन्ह का प्रयोग किया जाता है।
- (c) वर्ग को प्रदर्शित करने के लिए  $\square$  का प्रयोग करते हैं।
- (d) गोलीय आकार का त्रिज्या प्रदर्शित करने के लिए  $SR$  का प्रयोग करते हैं।
- (e) गोलीय आकार का व्यास प्रदर्शित करने के लिए  $S\phi$  का प्रयोग किया जाता है।



### 2.11.5 विमा की व्यवस्था

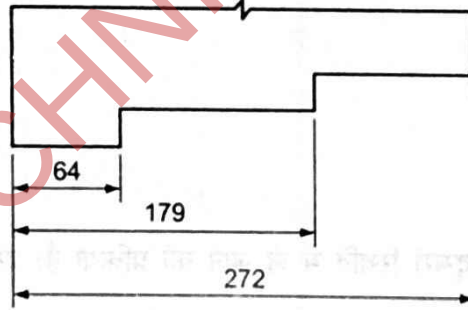
ड्राइंग के विमा की व्यवस्था साफ सुथरे ढंग से की जानी चाहिए। इसको निम्न तीन विधियों द्वारा किया जाता है—

- शृंखला विमाकरण
  - समांतर विमाकरण
  - संयुक्त विमाकरण
- (i) **शृंखला विमाकरण**—शृंखला विमाकरण का उपयोग केवल उसी स्थान पर किया जाना चाहिए जहाँ सहिष्णुता (tolerance) का संभावित संचय घटक की मूलभूत आवश्यकता को कोई नुकसान नहीं पहुँचाता है।



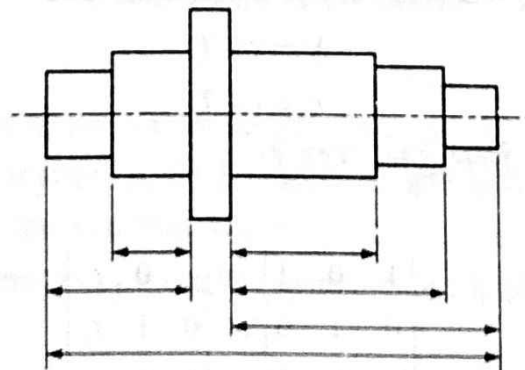
चित्र 2.40—शृंखला विमाकरण

- (ii) **समांतर विमाकरण**—समानांतर आयाम में, कई आयाम रेखाएँ एक दूसरे के समानांतर होती हैं और बाहर निकलती हैं, इस पद्धति का उपयोग वहाँ किया जाता है, जहाँ कई आयाम एक समान मूल आधार से संबंधित होते हैं।



चित्र 2.41—समांतर विमाकरण

- (iii) **संयुक्त विमाकरण**—जटिल ड्राइंग में सुविधा अनुसार उपरोक्त दोनों विधियों का प्रयोग संयुक्त रूप से कर सकते हैं।



चित्र 2.42—संयुक्त विमाकरण



## 2.12 2D और 3D परिवर्तन: अनुवाद, स्केलिंग, रोटेशन, दर्पण, ज़ूमिंग, पैनिंग और क्लिपिंग (2D and 3D Transformation: Translation, Scaling, Rotation, Mirror, Zooming, Panning and Clipping)

रूपांतरण (Transformation) का मतलब किसी नियम को लागू करके किसी चित्र को किसी दूसरे चित्र में बदलना होता है। रूपांतरण (transformations) किसी छवि के आकृति, माप और अभिविन्यास को बदलने की प्रक्रिया है। बुनियादी ज्यामितीय रूपांतरण अनुवाद (translation), चक्कर (rotation) और प्रवर्धन (scaling) हैं। अन्य परिवर्तन जो समान्यतः वस्तुओं पर लागू होते हैं, उनमें प्रतिबिंब और कतरनी (shear) शामिल हैं।

कोई चित्र सरल रेखा, वक्र, वृत्त या दीर्घवृत्त से बना होता है, जिन्हे मूलभूत चित्र या प्रीमिटिव कहते हैं। इन मूलभूत चित्रों के आकृति, माप और अभिविन्यास में बदलाव करके जटिल से जटिल चित्र बनाया जा सकता है।

रूपांतरण (Transformation) को दो प्रकार में विभाजित कर सकते हैं—

1. दो आयामी रूपांतरण
2. तीन आयामी रूपांतरण

### 2.12.1 दो आयामी रूपांतरण

जब रूपांतरण को दो आयामी सतह में किया जाता है तो उसे दो आयामी रूपांतरण कहते हैं।

रूपांतरण मुख्य रूप से पाँच प्रकार के होते हैं—

- A. Translation
- B. Scaling
- C. Rotating
- D. Reflection/Mirror
- E. Shearing

#### A. ट्रांसलेशन

यह किसी वस्तु को एक स्थिति से दूसरी स्थिति में ले जाने की प्रक्रिया है। इसमें ऑब्जेक्ट को एक समन्वय स्थान से दूसरे स्थान पर तैनात किया जाता है।

**बिंदु का ट्रांसलेशन**—इसके लिए हमें ट्रांसलेशन निर्देशांक ( $T_x, T_y$ ) को इसके मूलभूत निर्देशांक ( $x, y$ ) में जोड़ना होता है जिससे हमें नए निर्देशांक ( $X', Y'$ ) प्राप्त होते हैं:

उपर दिए गये चित्र 2.42 से आप निम्नलिखित समीकरण लिख सकते हैं—

$$X' = x + T_x$$

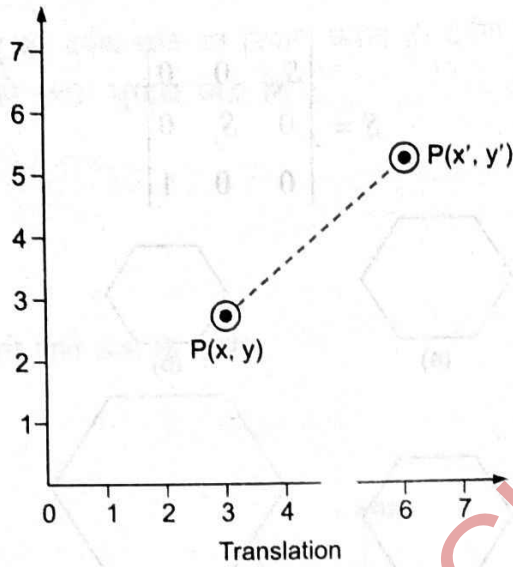
$$Y' = y + T_y$$

( $T_x, T_y$ ) को ट्रांसलेशन वेक्टर या शिफ्ट वेक्टर कहते हैं।

**ट्रांसलेशन मैट्रिक्स**—

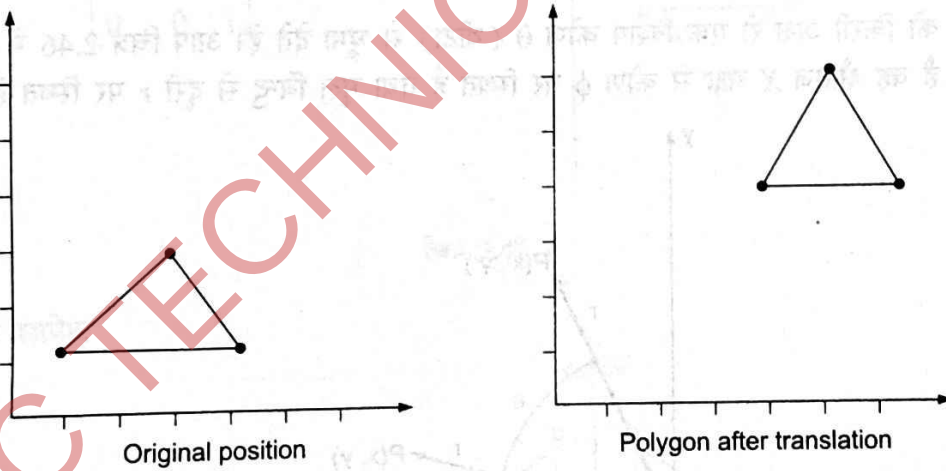
$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ T_x & T_y & 1 \end{vmatrix} \text{ or } \begin{vmatrix} 1 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & T_y \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$





चित्र 2.43—बिंदु का ट्रांसलेशन

बहुभुज का ट्रांसलेशन करने के लिए, बहुभुज के प्रत्येक शीर्ष को एक नई स्थिति में बदल दिया जाता है। इसी तरह, जटिल वस्तुओं का ट्रांसलेशन करने के लिए नए निर्देशांक का उपयोग करके ऑब्जेक्ट को बनाया जाता है।



चित्र 2.44—बहुभुज का ट्रांसलेशन

### B. स्केलिंग (Scaling)

किसी भी चित्र के आकार को बदलने के लिए स्केलिंग का प्रयोग किया जाता है। स्केलिंग की प्रक्रिया में चित्र के विमा को या तो विस्तार कर देते हैं या फिर संकुचित कर देते हैं। स्केलिंग को प्राप्त करने के लिए चित्र के मूलभूत निर्देशांक (coordinates) को स्केलिंग गुणांक के साथ गुणा किया जाता है।

माना कि ऑब्जेक्ट के मूलभूत निर्देशांक  $X, Y$  है, स्केलिंग गुणांक  $(S_x, S_y)$  है और हमें जो नया निर्देशांक प्राप्त हुआ है वह है  $(X', Y')$ ।

इसे हम गणित के रूप में निम्न प्रकार से प्रदर्शित करेंगे—

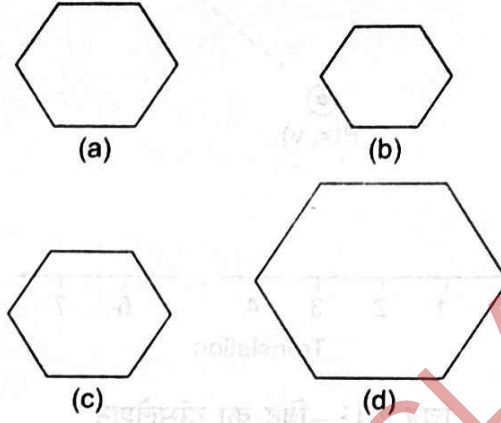
$$X' = X \cdot S_x \quad \text{तथा} \quad Y' = Y \cdot S_y$$

स्केलिंग गुणांक जो है वह ऑब्जेक्ट को  $X$  तथा  $Y$  दिशा में घटा या बढ़ा देता है।



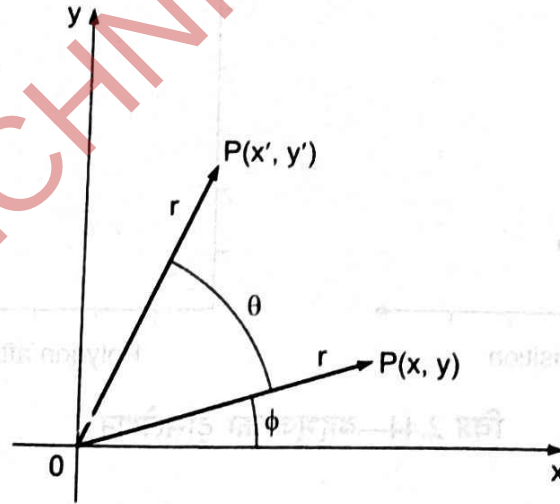
## स्केलिंग मैट्रिक्स—

$$S = \begin{vmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

चित्र 2.45—*a* & *c* वास्तविक चित्र *b* & *d* स्केल चित्र

## C. रोटेशन (Rotation)

रोटेशन में, वस्तु को किसी अक्ष से एक विशेष कोण  $\theta$  (थीटा) से घूमा देते हैं। आप चित्र 2.46 में देख सकते हैं कि बिन्दु  $P(X, Y)$  जो है वह क्षैतिज  $X$  अक्ष से कोण  $\phi$  पर स्थित है तथा मूल बिन्दु से दूरी  $r$  पर स्थित है।



चित्र 2.46

माना कि आप इसे  $\theta$  में घुमाना चाहते हैं। घुमाने के बाद हमें नये point  $(X', Y')$  प्राप्त होते हैं। दक्षिणावर्त दिशा में घुमाने के लिए मैट्रिक्स (Matrix for rotation is a clockwise direction)

$$R = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

वामावर्त दिशा में घुमाने के लिए मैट्रिक्स (Matrix for rotation is an anticlockwise direction)

$$R = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

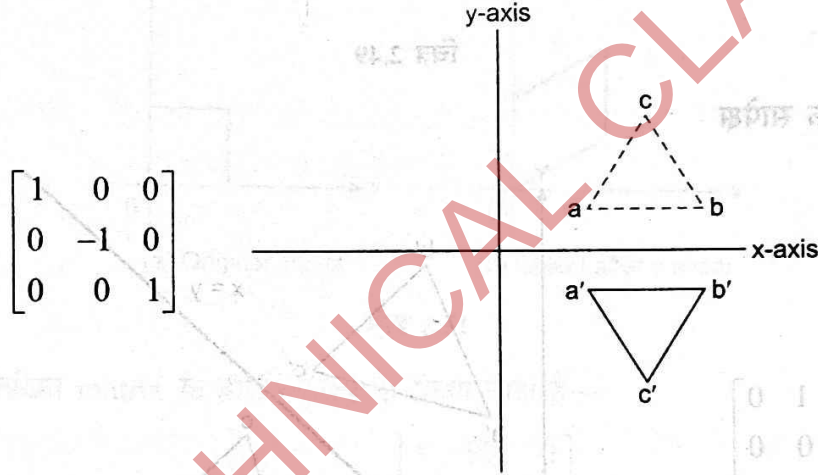


**D. प्रतिबिंब (Reflection)**

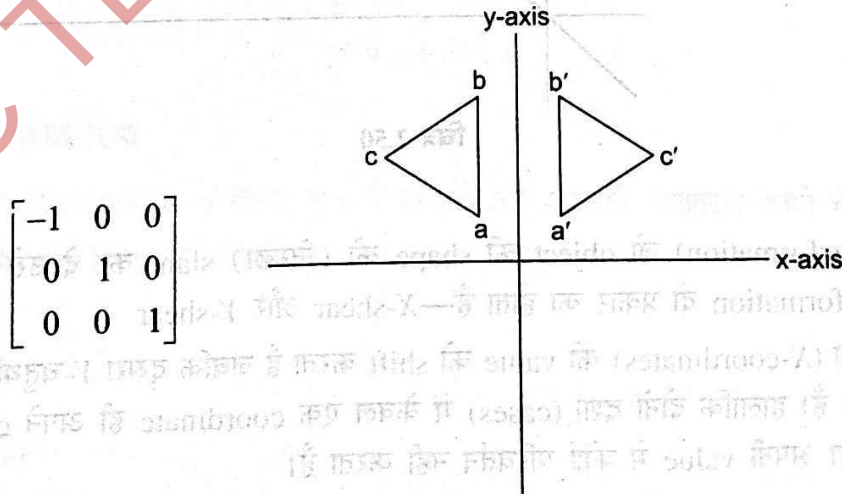
यह एक परिवर्तन है जो किसी वस्तु की दर्पण छवि का निर्माण करता है। दर्पण की छवि या तो  $x$ -अक्ष या  $y$ -अक्ष के सापेक्ष हो सकती है। इसमें ऑब्जेक्ट को  $180^\circ$  घुमाया जाता है।

**प्रतिबिंब के प्रकार:**

- (a)  $x$ -अक्ष के सापेक्ष
- (b)  $y$ -अक्ष के सापेक्ष
- (c)  $XY$  समतल और मूल से गुजरने वाले अक्ष के सापेक्ष
- (d) लाइन  $y = x$  के सापेक्ष
- (a)  $x$ -अक्ष के सापेक्ष—



चित्र 2.47

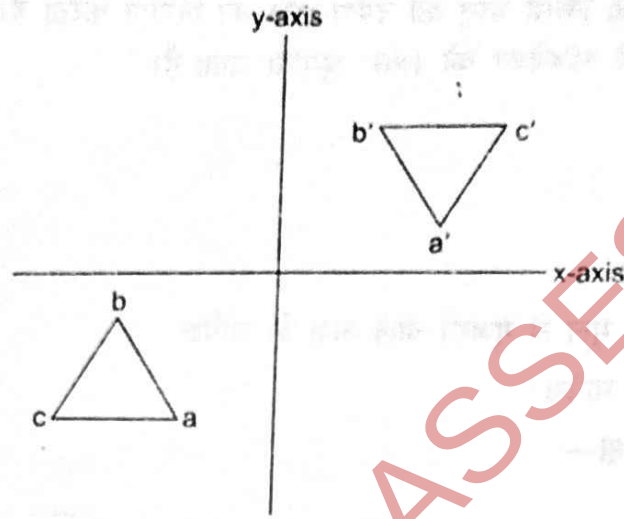
**(b)  $y$ -अक्ष के सापेक्ष**

चित्र 2.48



(c) XY समतल और मूल से गुजरने वाले अक्ष के सापेक्ष

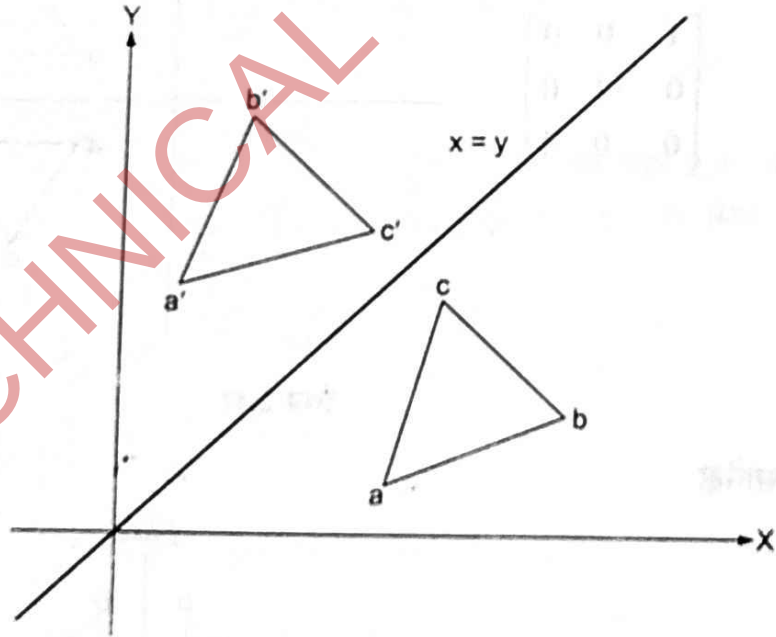
$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



चित्र 2.49

(d) लाइन  $y = x$  के सापेक्ष

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



चित्र 2.50

### E. Shearing

वह रूपान्तरण (transformation) जो object की shape को (तिरछा) slant कर दे उसे shear transformation कहते हैं। Shear transformation दो प्रकार का होता है—X-shear और Y-shear

इसमें एक X-चतुर्थांश (X-coordinates) की value को shift करता है जबकि दूसरा Y-चतुर्थांश (Y-coordinates) की value को shift करता है। हालांकि दोनों दशा (cases) में केवल एक coordinate ही अपने coordinates को बदलता (change) है और दूसरा अपनी value में कोई परिवर्तन नहीं करता है।

Shearing को skewing भी कहते हैं।

(a) **X-shear:** X-shear वह है जो X-coordinates में परिवर्तन करता है और Y-coordinate में कोई परिवर्तन नहीं करता है। जिसके कारण उर्ध्व रेखाएँ (vertical lines) बायीं या दायीं तरफ झुक जाती हैं जैसा कि चित्र 2.51 में दिखाया गया है।



X-shear की transformation matrix को नीचे प्रदर्शित किया गया है।

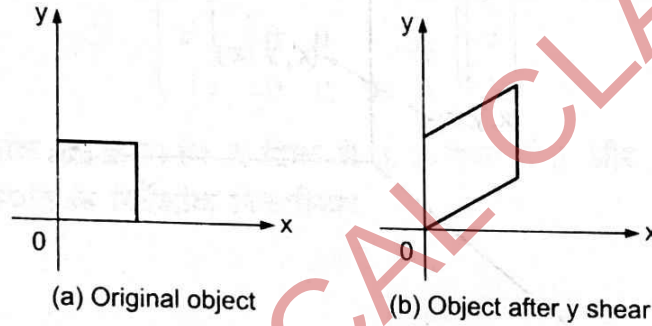
$$X_{sh} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ Sh_x & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$x' = x + Sh_x \cdot y$$

$$y' = y$$

और

(b) **Y-shear:** Y-shear जो है वह X coordinates में बदलाव करता है और Y coordinate में बदलाव नहीं करता जिसकी वजह से क्षैतिज रेखायें (horizontal lines) ऐसी lines में transform हो जाती है जो कि ऊपर तथा नीचे की तरफ झुकी हुई होती है। जैसा कि आप चित्र 2.51 में देख सकते हैं।



चित्र 2.51

Y-shear को निम्नलिखित matrix के द्वारा represent किया जाता है—

$$Y_{sh} = \begin{bmatrix} 1 & Sh_y & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$x' = x$$

$$y' = y + Sh \cdot x$$

और

### 2.12.2 तीन आयामी रूपांतरण

जब रूपांतरण को तीन आयामी सतह में किया जाता है तो उसे तीन आयामी रूपांतरण कहते हैं।

रूपांतरण मुख्य रूप से पाँच प्रकार के होते हैं—

1. Translation
2. Scaling
3. Rotating
4. Reflection/Mirror
5. Shearing

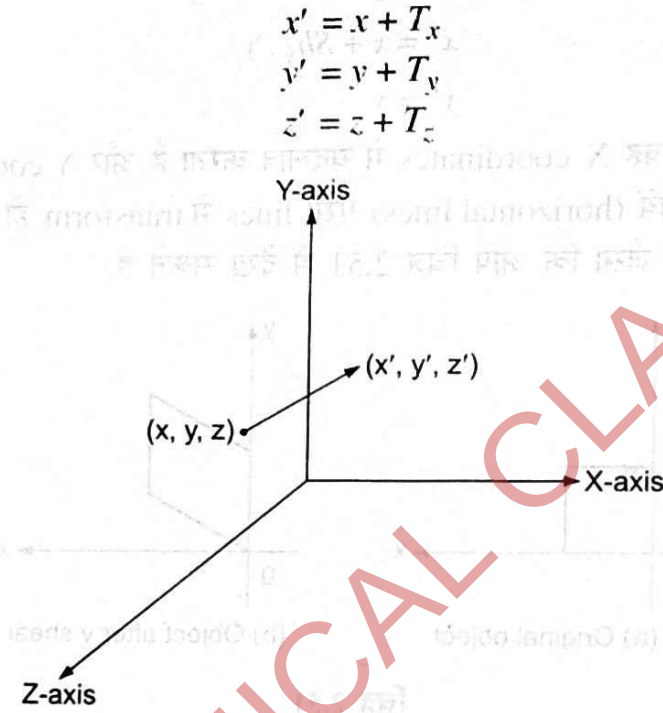
#### 1. Translation

यह किसी वस्तु को एक स्थिति से दूसरी स्थिति में ले जाने की प्रक्रिया है। इसमें ऑब्जेक्ट को एक समन्वय स्थान से दूसरे स्थान पर तैनात किया जाता है। यह प्रक्रिया ट्रांसलेशन वेक्टर का उपयोग करके किया जाता है। 3D ट्रांसलेशन में



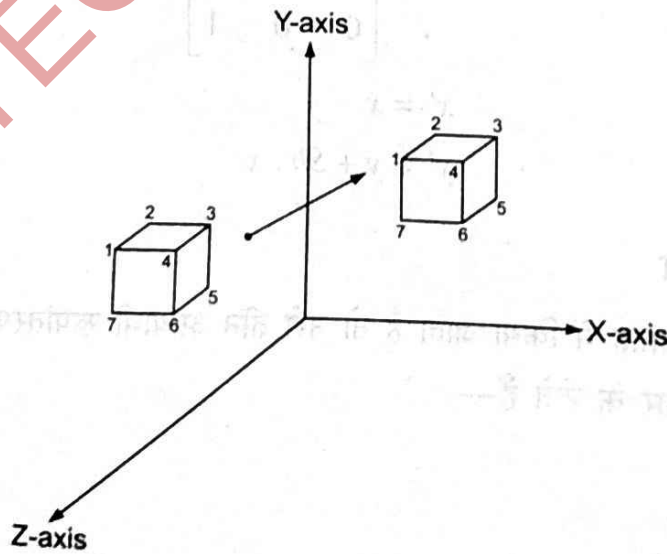
दो के बजाय तीन वेक्टर  $x, y$  और  $z$  होते हैं।  $X$ -दिशा में ट्रांसलेशन वेक्टर  $T_x$ ,  $Y$ -दिशा  $T_y$  तथा  $Z$ -दिशा के लिए  $T_z$  का उपयोग किया जाता है।

यदि  $P$  एक ऐसा बिंदु है जिसमें तीन दिशाओं  $(x, y, z)$  में समन्वय होता है, तो ट्रांसलेशन के बाद इसके निर्देशांक  $(x_1, y_1, z_1)$  होंगे।



चित्र 2.52—3D पॉइंट ट्रांसलेशन

ऑब्जेक्ट के प्रत्येक शीर्ष को बदलकर त्रि-आयामी ट्रांसलेशन किया जाता है। यदि किसी वस्तु में पाँच कोने हैं, तो सभी पाँच बिंदुओं को नए स्थानों पर ट्रांसलेशन करके पूरा किया जाएगा।



चित्र 2.53—क्यूब ट्रांसलेशन



## 3डी ट्रांसलेशन मैट्रिक्स—

$$\begin{Bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ T_x & T_y & T_z & 1 \end{Bmatrix} \text{ or } \begin{Bmatrix} 1 & 0 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & 0 & T_y \\ 0 & 0 & 1 & T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix}$$

यदि किसी बिन्दु  $(x, y, z)$  के लिए ट्रांसलेशन वेक्टर  $T_x, T_y, T_z$  हैं तो उस बिन्दु के लिए मैट्रिक्स समीकरण निम्न प्रकार से लिखा जाएगा—

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & 0 & T_y \\ 0 & 0 & 1 & T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

उदाहरण—एक बिन्दु के निर्देशांक  $(5, 6, 7)$  हैं।  $X$ -दिशा में 3,  $Y$ -दिशा में 3 और  $Z$ -दिशा में 2 द्वारा ट्रांसलेशन किया जाता है। वस्तु के नई स्थिति के निर्देशांक निकालिए।

हल—

बिन्दु के निर्देशांक  $(5, 6, 7)$

$X$  दिशा में ट्रांसलेशन वेक्टर में = 3

$Y$  दिशा में ट्रांसलेशन वेक्टर में = 3

$Z$  दिशा में ट्रांसलेशन वेक्टर में = 2

## ट्रांसलेशन मैट्रिक्स—

$$\begin{Bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ T_x & T_y & T_z & 1 \end{Bmatrix} \text{ or } \begin{Bmatrix} 1 & 0 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & 0 & T_y \\ 0 & 0 & 1 & T_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix}$$

ट्रांसलेशन मैट्रिक्स के साथ बिन्दु के गुणांक को गुणा करने पर

$$(x', y', z') = (5, 6, 7, 1) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 3 & 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

$$= [5 + 0 + 0 + 3, 0 + 6 + 0 + 3, 0 + 0 + 7 + 2, 0 + 0 + 0 + 1]$$

$$= [8 \ 9 \ 9 \ 1]$$

$$(x', y', z') = [8, 9, 9, 1]$$



## 2. स्केलिंग (Scaling)

स्केलिंग का उपयोग किसी वस्तु के आकार को बदलने के लिए किया जाता है। इसकी सहायता वस्तु के आकार बढ़ाया या घटाया जा सकता है। स्केलिंग के तीन कारक  $S_x$ ,  $S_y$  और  $S_z$  हैं।

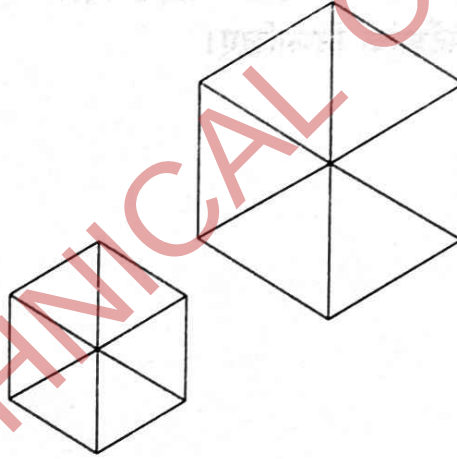
$S_x = x$ -दिशा में स्केलिंग कारक

$S_y = y$ -दिशा में स्केलिंग कारक

$S_z = z$ -दिशा में स्केलिंग कारक

स्केलिंग मैट्रिक्स—

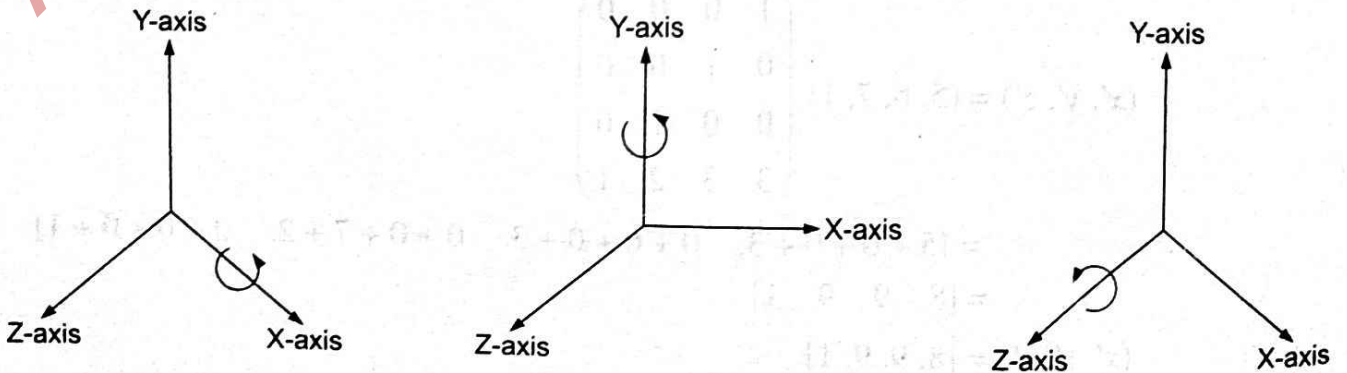
$$\begin{Bmatrix} S_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix}$$



चित्र 2.54—ठोस स्केलिंग

## 3. रोटेशन (Rotation)

रोटेशन में, वस्तु को किसी अक्ष से एक विशेष कोण  $\theta$  (थीटा) से घूमा देते हैं। रोटेशन वामावर्त या दक्षिणावर्त हो सकता है। 3D रोटेशन, 2D रोटेशन की तुलना में जटिल है। 2D के लिए हम रोटेशन के कोण का वर्णन करते हैं, लेकिन 3D रोटेशन के लिए कोण और रोटेशन अक्ष दोनों आवश्यक हैं। अक्ष  $x$ ,  $y$  या  $z$  हो सकता है।



चित्र 2.55— $x$ ,  $y$ ,  $z$ -अक्ष के बारे में रोटेशन को दर्शाते हैं

## रोटेशन मैट्रिक्स—

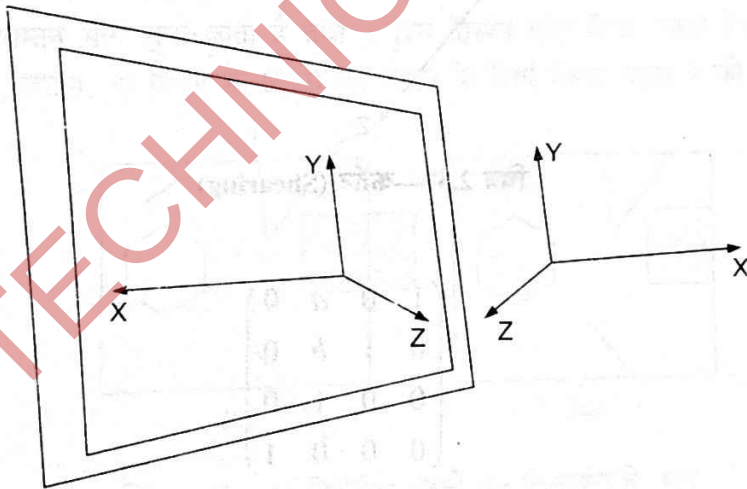
$$R_x(\theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_y(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_z(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

## 4. प्रतिबिंब (Reflection)

इसे किसी वस्तु का दर्पण प्रतिबिम्ब भी कहा जाता है। इसके लिए परावर्तन अक्ष और समतल परावर्तन का चयन किया जाता है। तीन आयामी प्रतिबिंब दो आयामों के समान हैं। इसमें वस्तु को  $180^\circ$  घुमाया जाता है। प्रतिबिंब के लिए, सतह का चयन किया जाता है (xy, xz या yz)।



चित्र 2.56—XY के सापेक्ष प्रतिबिंब

## 1. XY सतह के दर्पण मैट्रिक्स—

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



## 2. XZ सतह के दर्पण मैट्रिक्स—

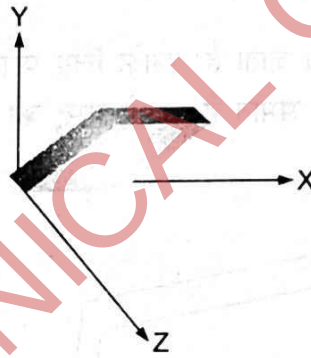
$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

## 3. YZ सतह के दर्पण मैट्रिक्स—

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

## 5. कर्तन (Shearing)

यह वस्तु के आकार में परिवर्तन है। इसे विकृति भी कहा जाता है। परिवर्तन X-दिशा या Y-दिशा या दोनों दिशाओं में हो सकता है। लेकिन 3D शीयर में तीन दिशाओं में हो सकता है।



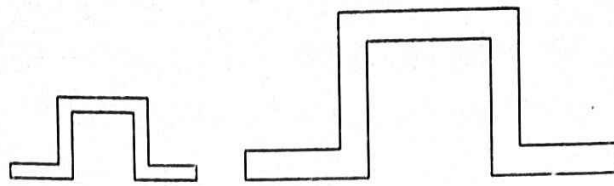
चित्र 2.57—कर्तन (Shearing)

## कर्तन मैट्रिक्स—

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & a & 0 \\ 0 & 1 & b & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

## 6. Zooming

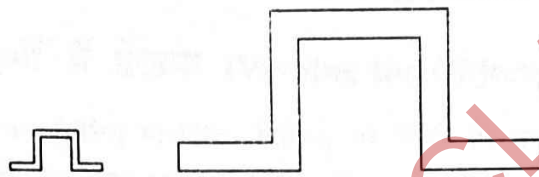
ज़ूमिंग एक ज्यामिति परिवर्तन क्रिया है जो ग्राफिक्स सॉफ्टवेयर में प्रदान की जाती है। ज़ूमिंग प्रभावी रूप से मानचित्र या उपयोगकर्ता के निर्देशों के अनुसार मानचित्र के किसी एक हिस्से में परिवर्तन (transformation) कर देते हैं। इस प्रक्रिया के तहत स्केलिंग को सामान्य तौर पर निर्देशांक स्तर के बजाय पिक्सेल स्तर पर लागू किया जाता है। पिक्सेल किसी चित्र का सबसे छोटा तत्व होता है। ज़ूमिंग की प्रक्रिया में क्रमिक स्कैन लाइनों के साथ पिक्सेल को दोहराया जाता है। उदाहरण के लिए ज़ूम कारक को दुगुना करने पर प्रत्येक पिक्सेल मूल्य का उपयोग दो बार की स्कैन लाइनों में से प्रत्येक पर चार-चार बार किया जाता है।



चित्र 2.58—जूम का प्रभाव

## 7. Panning

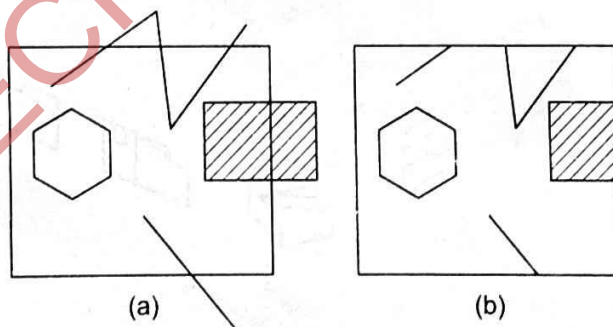
पैनिंग की प्रक्रिया जूमिंग की प्रक्रिया की तरह होती है लेकिन इस प्रक्रिया में परिवर्तन स्क्रीन के आकार के अनुसार होता है, वर्क स्पेस में जितने भी चित्र होते हैं, सभी चित्र स्वतः ही स्केल हो कर स्क्रीन में पूरी तरह से भर जाते हैं।



चित्र 2.59

## 8. Clipping

जब हमें किसी चित्र का एक बड़ा भाग प्रदर्शित करना होता है, तब न केवल स्केलिंग और ट्रांसलेशन आवश्यक होता है बल्कि चित्र का दृश्य होने वाला भाग भी पहचाना जाना आवश्यक होता है जो की सरल नहीं होता। छवि के दृश्यमान और अदृश्य भाग को तय करने की प्रक्रिया को क्लिपिंग कहा जाता है। क्लिपिंग प्रत्येक तत्व को दृश्य और अदृश्य भाग में निर्धारित करती है। दृश्यमान भाग चुना जाता है तथा अदृश्य हिस्सा छोड़ दिया जाता है। कंप्यूटर ग्राफिक्स में क्लिपिंग का मुख्य प्रयोग उन वस्तु, लाइन, या लाइन के हिस्से को हटाने के लिए किया जाता है जो दृश्य भाग के बाहर होती हैं।



चित्र 2.59—(a) क्लिपिंग पहले (b) क्लिपिंग के बाद

## अभ्यास प्रश्न

1. पैरामेट्रिक और गैर-पैरामेट्रिक सतह किसे कहते हैं?
2. पैरामेट्रिक और गैर-पैरामेट्रिक रूपों का सचित्र वर्णन करें?
3. निम्नलिखित कमांड का उपयोग बताये
  - A. REVOLVED
  - B. 3-D FACE
  - C. P FACE



D. RULESURF

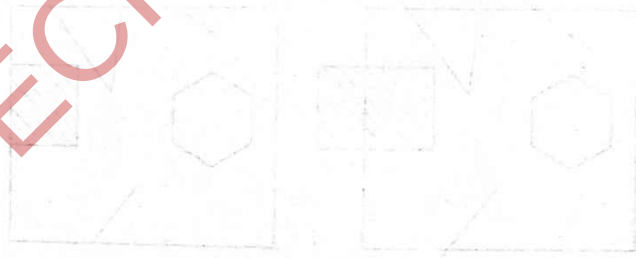
E. TABSURF

F. REVSURF

G. EDGESURF

4. ठोस प्रारूप बनाने में डिज़ाइन सॉफ्टवेयर के उपयोग बताए।
5. किन्ही दो डिज़ाइन सॉफ्टवेयर का विस्तार से वर्णन करे।
6. ठोस प्रारूप की संकल्पना समझाइए।
7. ठोस मॉडलिंग तकनीकी क्या है?
8. ठोस के डिज़ाइन गूणों का उल्लेख करें।
9. सम्मुख सिद्धान्त समझाइए।
10. ठोस रुढ़ी शब्द कौन से है?
11. बूलियन फलन समझाइए।
12. SECTION, SHELL, और SEPRATE कमांड का उपयोग बताए।
13. 3D Array, Mirror, और ROTATE कमांड का उपयोग करके 3D ऑपरेशन करने की विधि बताए।
14. ठोस का आयाम कैसे प्रदर्शित करते हैं?
15. 2D और 3D परिवर्तन के लिए स्केलिंग, रोटेशन, जूमिंग, पैनिंग और क्लिपिंग कमाण्ड का उपयोग बताए।

□□□



चित्र 1.1 (a) सरल त्रिभुज (b) जटिल त्रिभुज

# 3

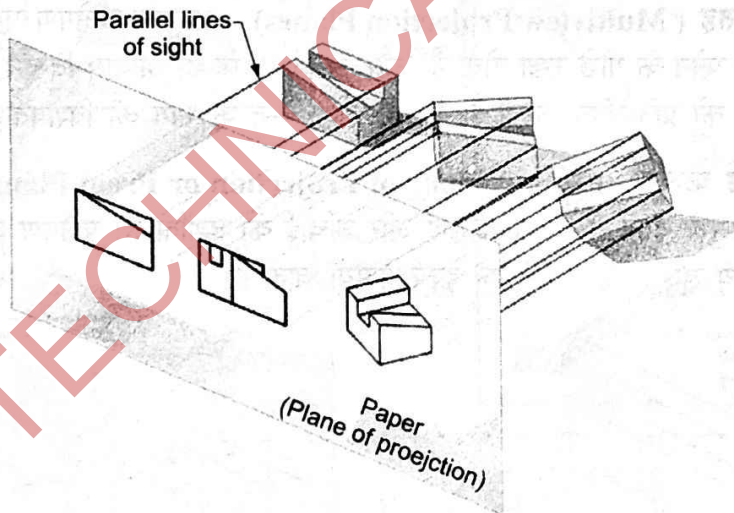
## अध्याय

## 3-D स्पेस में वस्तुओं को देखना (VIEWING OBJECTS IN 3D SPACE)

### 3.1 वस्तुओं को विभिन्न दृश्यों में देखना (Viewing the Objects in Different Views)

इंजीनियरिंग और तकनीकी ग्राफिक्स विभिन्न प्रोजेक्शन विधियों पर निर्भर हैं। वस्तुओं को विभिन्न दृश्यों में देखने के लिए दो प्रक्षेपण तरीके—परिप्रेक्ष्य और समानांतर प्रक्षेपण, मुख्य रूप से उपयोग किए जाते हैं। दोनों विधियाँ प्रक्षेपण के सिद्धांत पर आधारित हैं। प्रोजेक्शन सिद्धांत में 3D ऑब्जेक्ट और संरचनाओं को 2D मीडिया पर रेखांकन करने का सिद्धांत सम्मिलित है। इस कार्य को पूरा करने के लिए विकसित किए गए तरीकों में से एक का उदाहरण चित्र 3.1 में दिखाया गया है, जो किसी वस्तु के तीन आयामों की छाप देने के लिए रंगों और छायाओं के साथ एक चित्रात्मक ड्राइंग है।

सभी प्रक्षेपण सिद्धांत दो चर राशियों पर आधारित हैं: दृष्टि की रेखा (line of sight) और प्रक्षेपण का सतह (plane of projection)। ये चर निम्नलिखित पैराग्राफों में संक्षिप्त रूप से वर्णित किए हैं।



चित्र 3.1—बदलते दृष्टिकोण: दृष्टि रेखा के सापेक्ष वस्तु की स्थिति बदलने से एक ही वस्तु के अलग-अलग दृश्य बन रहे हैं।

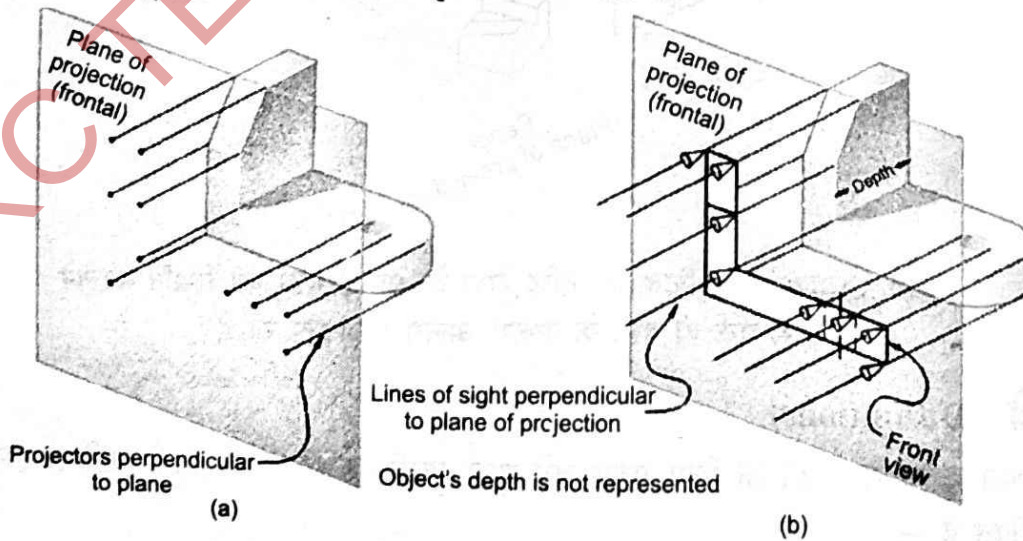
### 3.2 परिभाषाये (Definitions)

वस्तुओं को विभिन्न दृश्यों में देखने के लिए पहले हमें कुछ प्रारम्भिक जानकारी होनी चाहिए। इसलिए कुछ महत्वपूर्ण परिभाषाये निम्नलिखित हैं—

1. **दृष्टि की रेखा (Line of Sight (LOS))**—दृष्टि की रेखा के सापेक्ष वस्तु को घुमाकर किसी वस्तु के एक से अधिक सतहों को खींचना, 3D रूप को समझने में मदद करता है। दृष्टि रेखा (LOS) पर्यवेक्षक की आंख और वस्तु के बीच प्रकाश की एक काल्पनिक किरण है। परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण में, दृष्टि की सभी रेखाएं एक बिंदु पर शुरू होती हैं जबकि समानांतर प्रक्षेपण में, दृष्टि की सभी रेखाएं समानांतर होती हैं।



2. **प्रक्षेपण (Projection)**—यदि किसी वस्तु के केन्द्र (centre) और विभिन्न बिन्दुओं से अलग-अलग सीधी रेखा खींची जाए तब इन रेखाओं को सही प्रणाली (correct system) से मिलाने पर जो चित्र बनता है, उसे प्रक्षेपण कहते हैं।
3. **वस्तु (Object)**—जिसका प्रक्षेपण खींचा जाता है, वह वस्तु कहलाती है।
4. **प्रक्षेपण तल (Plane of Projection)**—वह तल जिस पर वस्तु का प्रक्षेपण खींचा जाना है। प्रक्षेपण सतह (अर्थात्, एक छवि या चित्र सतह) एक काल्पनिक सपाट सतह है जिस पर दृष्टि की रेखाओं द्वारा बनाई गई छवि को अनुमानित किया जाता है। छवि उन बिंदुओं को जोड़कर निर्मित की जाती है जहां दृष्टि की रेखाएं प्रक्षेपण सतह को प्रतिछेदित करती हैं। वास्तव में, 3D ऑब्जेक्ट को 2D प्रदर्शन में बदल दिया जाता है, इसे प्रक्षेपण भी कहा जाता है। कागज या कंप्यूटर स्क्रीन जिस पर एक स्केच या ड्राइंग बनाया जाता है, प्रक्षेपण का सतह कहलाता है।
5. **प्रोजेक्शन का क्षैतिज फलक (Horizontal Plane of Projection)**—किसी वस्तु के शीर्ष दृश्य वस्तु की चौड़ाई और गहराई को दर्शाता है। शीर्ष दृश्य प्रक्षेपण के क्षैतिज तल पर प्रक्षेपित किया जाता है। यह सतह वस्तु के शीर्ष सतह के समानांतर होता है।
6. **प्रोजेक्शन का प्रोफाइल प्लेन (Profile Plane of Projection)**—किसी ऑब्जेक्ट का पार्श्व दृश्य (side view) गहराई और ऊंचाई को दर्शाता है। बहु-दृश्य ड्राइंग में, दाईं ओर का दृश्य मानक साइड व्यू का उपयोग करता है। दाईं ओर का दृश्य, प्रोजेक्शन के दाहिने प्रोफाइल प्लेन पर प्रोजेक्ट किया जाता है, जो एक प्लेन है तथा वस्तु के दाईं ओर समानांतर होता है।
7. **बहुदृश्य प्रक्षेपण सतह (Multiview Projection Planes)**—बहुदृश्य प्रक्षेपण एक ऑर्थोग्राफिक प्रोजेक्शन है इसमें वस्तु प्रोजेक्शन प्लेन के पीछे रखा होता है, और ऑब्जेक्ट के दो आयाम दिखाए जाते हैं। दृष्टि की समानांतर रेखाएं प्रक्षेपण सतह को प्रतिछेदित करती हैं, जिसके द्वारा वस्तु के भाग की विशेषताएं रेखांकित की जाती हैं।
8. **प्रक्षेपण की सम्मुख फलक (Frontal Plane of Projection or Profile Plane of Projection)**—किसी वस्तु का अग्र या सम्मुख दृश्य वस्तु की चौड़ाई और ऊंचाई को दर्शाता है। प्रक्षेपण का सम्मुख तल वह सतह है जिस पर एक मल्टीव्यू ड्राइंग का सामने का दृश्य बनाया जाता है।



चित्र 3.2

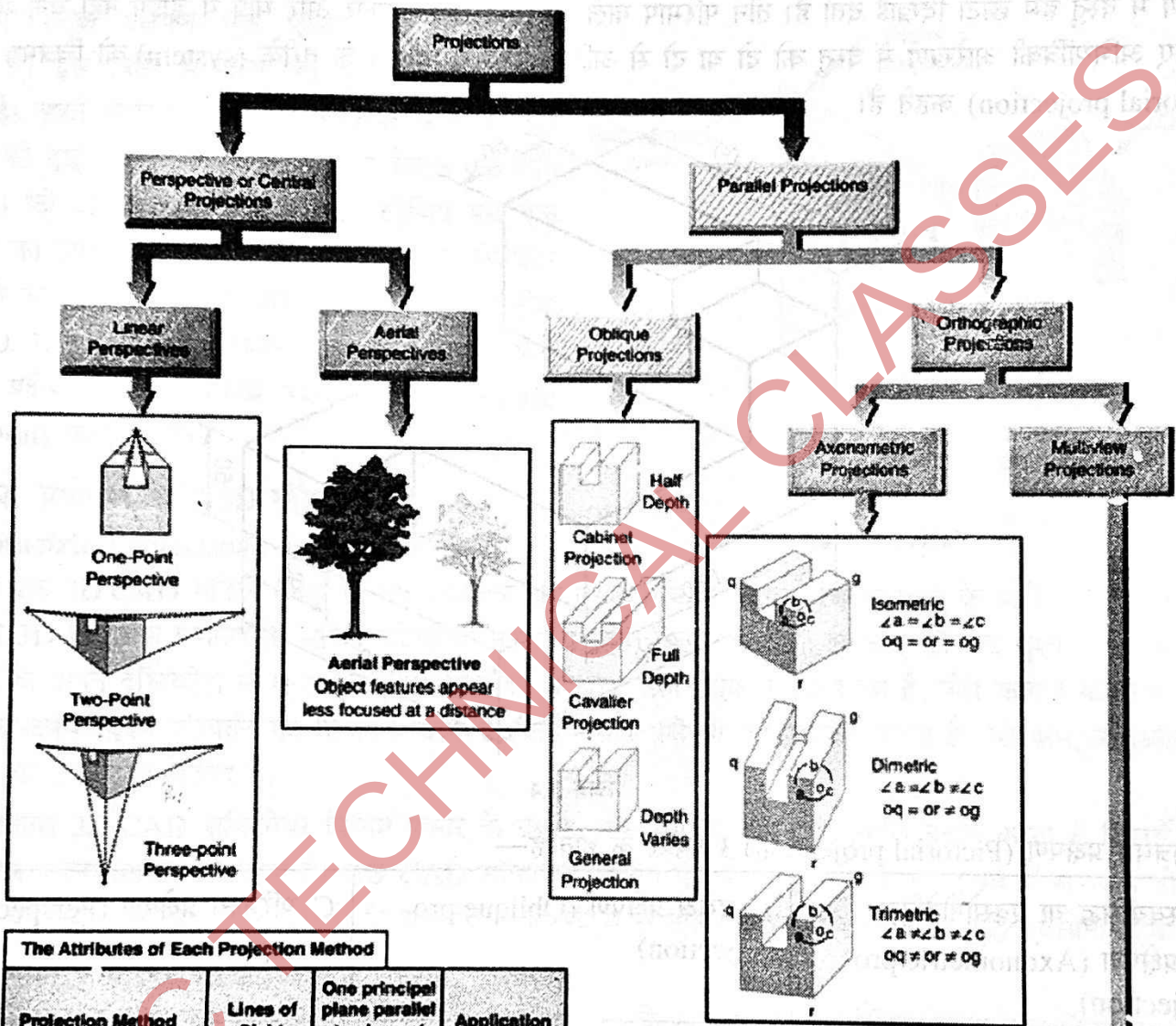
9. **दृश्य बिन्दु (Observer or Station Point)**—वह निश्चित बिन्दु जहां से वस्तु को देखकर प्रक्षेपण तैयार किया जाता है।



### 3.3 प्रक्षेपण के प्रकार (Types of Projection)

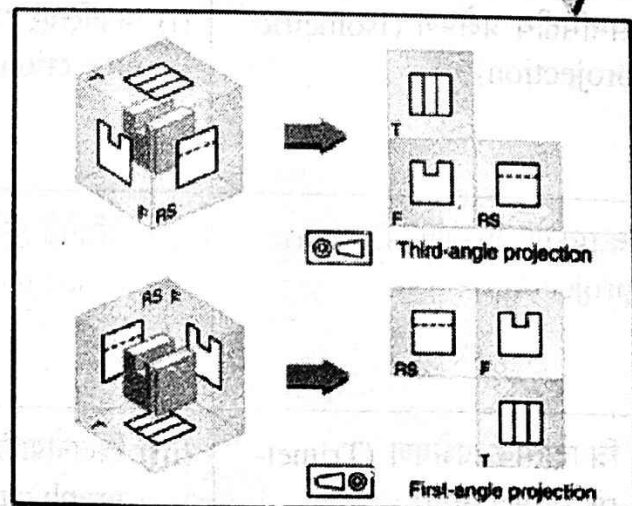
अभियांत्रिकी में अभ्यास के लिए दो प्रक्षेपण प्रयोग किए जाते हैं—

1. चित्रमय प्रक्षेपण (Pictorial Projection)
2. लम्बकोणीय प्रक्षेपण (Orthographic Projection)



The Attributes of Each Projection Method

| Projection Method                                                                    | Lines of Sight                              | One principal plane parallel to plane of projection | Application           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|
| Linear Perspective<br>- One-Point<br>- Two-Point<br>- Three-Point                    | Converging; inclined to plane of projection | Sometimes                                           | Single view pictorial |
| Oblique Projection<br>- Cavalier<br>- Cabinet<br>- General                           | Parallel; inclined to plane of projection   | Always                                              | Single view pictorial |
| Orthographic Projection<br>- Axonometric<br>- Isometric<br>- Dimetric<br>- Trimetric | Parallel; normal to plane of projection     | Never                                               | Single view pictorial |
| Multiview Projection<br>- Third Angle (preferred)<br>- First Angle                   | Parallel; normal to plane of projection     | For all principal views                             | Multiview drawings    |

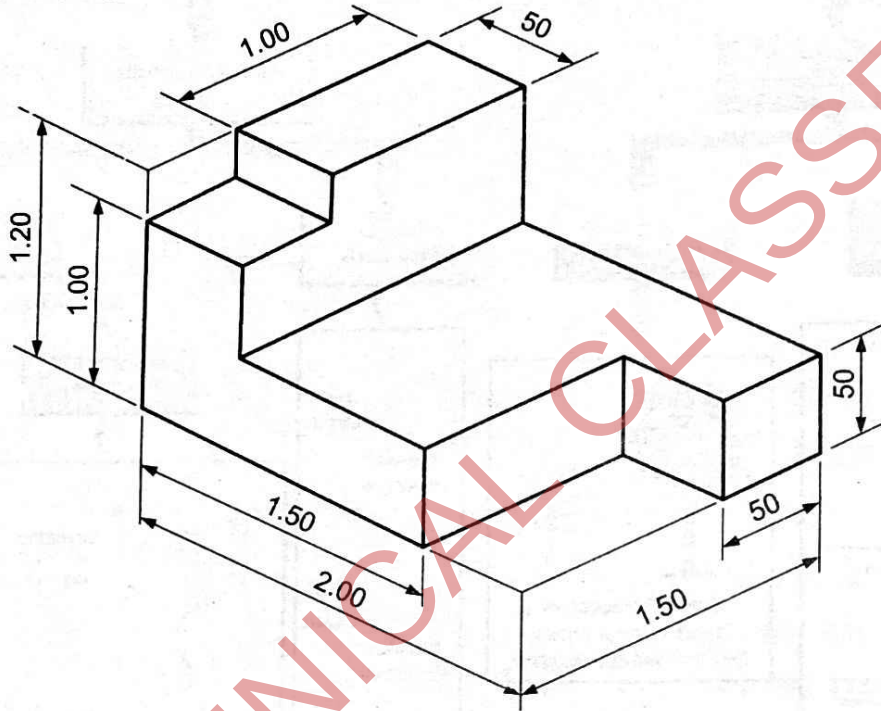


चित्र 3.3



### 3.3.1 चित्रमय प्रक्षेपण (Pictorial Projection)

वह प्रक्षेपण जिसमें वस्तु की आकार (shape) और माप (size) एक ही दृश्य में आसानी से समझा जा सके उसे pictorial projection कहते हैं। Pictorial projection की सहायता से वस्तु की आकार (shape) और विस्तार (detail) को समझा जा सकता है परन्तु वास्तविक परिमाण प्रदर्शित (Actual dimension show) नहीं कर सकते हैं। इसलिए इस प्रक्षेपण में वस्तु हमें छोटा दिखाई देता है। तीन परिमाण वाले वस्तु को सही आकार और माप में ड्राइंग नहीं बना सकते हैं। इसलिए अभियांत्रिकी आरेखण में वस्तु को दो या दो से अधिक दृश्य में दिखाने के तरीके (system) को चित्रमय प्रक्षेपण (pictorial projection) कहते हैं।



चित्र 3.4

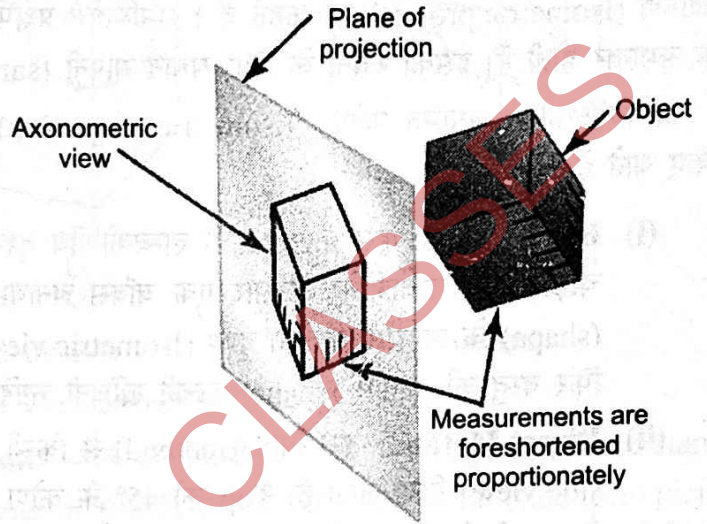
चित्रमय प्रक्षेपण (Pictorial projection) 3 प्रकार के होते हैं—

| A. स्वयंसिद्ध या एक्सोनोमेट्रिक प्रक्षेपण (Axonometric projection) | B. परोक्ष प्रक्षेपण (Oblique projection)                | C. परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण (Perspective projection)                                             |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (i) सममितीय प्रक्षेपण (Isometric projection)                       | (i) कवालिएर प्रक्षेपण (Cavalier projection)             | (i) समांतर या एकल बिन्दु परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण (Parallel or One point Perspective projection) |
| (ii) चतुष्कोण प्रक्षेपण (Dimetric projection)                      | (ii) कैबिनेट प्रक्षेपण (Cabinet projection)             | (ii) कोणीय या द्वि-बिन्दु परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण (Angular or two point Perspective projection) |
| (iii) त्रिपदात्मक प्रक्षेपण (Trimetric projection)                 | (iii) क्लिनोग्राफिक प्रक्षेपण (Clinographic projection) | (iii) परोक्ष या परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण (Oblique three point Perspective projection)            |



**A. स्वयंसिद्ध या एक्सोनोमेट्रिक प्रक्षेपण (Axonometric Projection)**—इस प्रक्षेपण में वस्तु इस प्रकार रखा जाता है कि उसकी तीनों संलग्न फलकों (faces) एक ही दृश्य में दिखाई देते हैं और प्रक्षेपण की तीनों फलकों चित्र तल (picture plane) से झुके (inclined) हो। उसे स्वयंसिद्ध या एक्सोनोमेट्रिक प्रक्षेपण (axonometric projection) कहते हैं। इस प्रक्षेपण में वस्तु की सही लम्बाई नहीं दिखाई देती है। इसमें सभी किरणें चित्र तल के समान्तर होती हैं।

एक्सोनोमेट्रिक प्रक्षेपण एक प्रकार का ऑर्थोग्राफिक प्रक्षेपण है। इस विधि में वस्तु की ड्राइंग खींचना कुछ जटिल है। सादा कागज (plane paper) पर वस्तु के 3D स्ट्रक्चर की ड्राइंग बनाने या खींचने के लिए केवल एक छवि (image) की आवश्यकता होती है। मान लीजिए हम एक प्रोजेक्टर का उपयोग कर रहे हैं और एक वस्तु को प्रोजेक्टर लाइनों के सामने रखा गया है। अब, हम ऑब्जेक्ट के ठीक पीछे 2D प्लेन पर 3D ऑब्जेक्ट की छवि देख सकते हैं। यह प्रक्षेपण एक स्वयंसिद्ध प्रक्षेपण (Axonometric Projection) कहलाता है।



चित्र 3.4(a)

### स्वयंसिद्ध प्रक्षेपण और 3D मॉडल

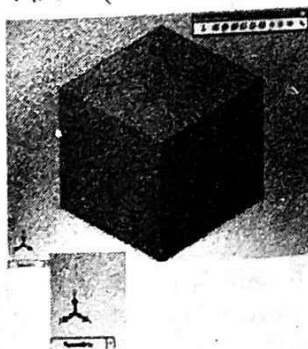
#### (Axonometric Projections and 3D Models)

जब एक 3D CAD मॉडल बनाते हैं, तब ऑब्जेक्ट को संग्रहीत किया जाता है जिससे वस्तु के कोने, सतह और ठोस सभी एक 3D निर्देशांक प्रणाली के सापेक्ष परिभाषित किए जा सकें। किसी भी दिशा से वस्तु की एक दृश्य बनाने के लिए ऑब्जेक्ट के अपने दृष्टिकोण से घुमा सकते हैं। हालाँकि, कंप्यूटर स्क्रीन एक सपाट सतह है, जैसे कागज की एक शीट। CAD सॉफ्टवेयर दृश्य परिवर्तन का उत्पादन करने के लिए समान प्रक्षेपण का उपयोग करता है, जो कंप्यूटर स्क्रीन पर ऑब्जेक्ट का 2D दृश्य बनाता है।

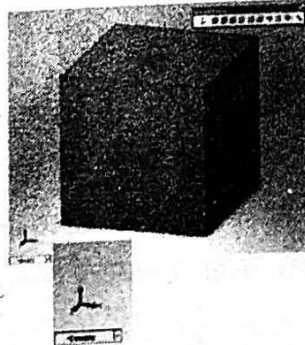
अधिकांश 3D CAD सॉफ्टवेयर विभिन्न प्रकार के प्रीसेट आइसोमेट्रिक देखने के निर्देश प्रदान करता है जिससे दृश्य को बदलाव करना आसान हो जाता है। कुछ CAD सॉफ्टवेयर स्क्रीन पर आसान परिप्रेक्ष्य को देखने में सहायक होते हैं। ऑब्जेक्ट को घुमाने के बाद आप चित्र में दिखाए गए उदाहरणों में से एक की तरह पूर्व निर्धारित शुद्ध एक्सोनोमेट्रिक दृश्य पर वापस लौट सकते हैं।

एक्सोनोमेट्रिक प्रक्षेपण को वस्तु के उन्मुखीकरण (orientation) के आधार पर तीन श्रेणियों में वर्गीकृत किया गया है—

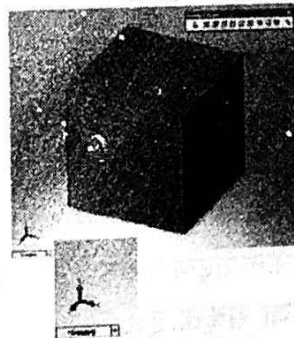
- सममितीय प्रक्षेपण (Isometric projection)
- चतुष्कोण प्रक्षेपण (Dimetric projection)
- त्रिपदात्मक प्रक्षेपण (Trimetric projection)



(a) Isometric View



(b) Dimetric View



(c) Trimetric View

चित्र 3.5



(a) **सममितीय प्रक्षेपण (Isometric Projection)**—यह पहला और सबसे सुविधाजनक प्रकार है। इस प्रक्षेपण में, तीन अक्षों के बीच के कोण बराबर होते हैं। आरेखानुसार, यदि हम एक घन को 2D सतह पर प्रोजेक्ट करते हैं, तब घन के तीनों संलग्न फलकों के कई भुजों  $AB, AC$ , और  $AD$  बराबर दिखाई देते हैं। जब हम किसी वस्तु के प्रक्षेप चित्र तल पर लेते हैं तब सभी प्रक्षेपण एक दूसरे के समान्तर हो और चित्र तल के  $30^\circ$  के कोण (angle) पर झुकाव हो उसे सममितीय प्रक्षेपण (Isometric projection) कहते हैं। सममितीय प्रक्षेपण के तीन किनारे (three ends) और सभी रेखाएँ एक दूसरे के समान्तर होती हैं। इसकी रचना के लिए समान मापनी (same scale) का प्रयोग किया जाता है। अभियांत्रिकी में सममित प्रक्षेपण (isometric projection) की संरचना के लिए निम्नलिखित विधि (method) प्रयोग किए जाते हैं—

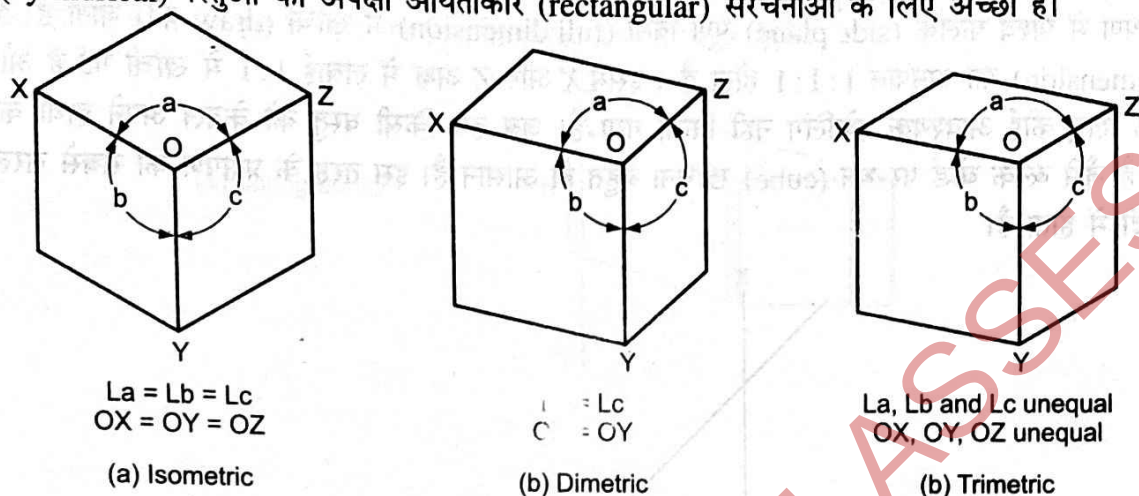
- (i) **Box Method:** इस method में लम्बकोणीय दृश्य (orthographic view) से माप लेकर वस्तु की लम्बाई, चौड़ाई और ऊँचाई के अनुसार एक बॉक्स बनाया जाता है। फिर क्रमशः (step by step) वस्तु की आकार (shape) के अनुसार सममित दृश्य (Isometric view) खींचते हैं। Box को हल्की रेखा द्वारा खींचा जाता है और फिर वस्तु की आकार (shape) हल्की खींचनी चाहिए। अब वस्तु की सही आकृति को खींचना चाहिए।
- (ii) **Direct Method:** इस विधि (method) से किसी वस्तु को बनाने के लिए ऊपरी और पार्श्व दृश्य (top and side view) दिया जाता है। Top को  $45^\circ$  के कोण पर और पार्श्व को  $15^\circ$  और  $75^\circ$  के कोण पर खींचा जाता है। ऊपरी से ऊर्ध्व प्रक्षेपण (vertical projection) और पार्श्व दृश्य (side view) से  $30^\circ$  कोण पर प्रक्षेपण खींचते हैं। सभी प्रक्षेपण को सही ढंग से मिलाने पर जो दृश्य (view) प्राप्त होता या बनता है उसे सीधा विधि (DIRECT METHOD) कहते हैं।
- (iii) **Four Centre Method:** इसमें किसी भी वृत्त (circle) के सममित खींच करके दीर्घवृत्त (ellipse) प्राप्त कर सकते हैं। गोल भाग (sphere parts) के लिए इस विधि का प्रयोग किया जाता है। इस विधि में वृत्त से परिमाण के अनुसार  $30^\circ$  के कोण पर एक वर्ग (square) खींचते हैं और फिर चारों भुजाओं के मध्य बिन्दु (mid point) खींचते हैं।
- (iv) **Offset Method:** यह एक सही दीर्घवृत्त (ellipse) खींचने की विधि है। इस विधि में वृत्त के परिमाण के अनुसार एक वर्ग (square)  $30^\circ$  के कोण पर खींचते हैं फिर मध्य बिन्दु चिह्नित करके उनको मिलाते हैं तथा ऑफसेट विधि (offset method) से बिन्दु लेकर वृत्त का सममितीय दृश्य (isometric view) बनाते हैं।

(b) **चतुष्कोण प्रक्षेपण (Dimetric Projection):** जब किसी वस्तु के picture plane पर प्रक्षेपण लेते हैं तो दो सतह (face) picture plane के साथ समकोण पर तथा तीसरी सतह किसी अन्य असमान कोण पर झुकी हुई होती है। इसकी रचना के लिए दो मापनी (scale) प्रयोग किए जाते हैं उसे dimetric प्रक्षेपण कहते हैं। इसकी एक सतह  $70^\circ$  पर तथा दूसरी सतह  $41^\circ$  के कोण (angle) पर झुकी होती है। Dimetric का अर्थ है—दो माप (two scale use)। इसमें अक्षों के बीच केवल दो कोण बराबर हैं।

(c) **त्रिपदात्मक प्रक्षेपण (Trimetric Projection)**—जब किसी वस्तु के picture plane पर प्रक्षेपण लिया जाता है तब वस्तु के वे किनारे picture plane के साथ समान कोण बनाते हैं और सभी प्रक्षेपण एक दूसरे के समान्तर और picture plane के  $30^\circ$  के कोण पर होते हैं। इस प्रक्षेपण की रचना के लिए तीन विभिन्न प्रकार की मापनी (scale) प्रयोग की जाती हैं। Trimetric का अर्थ है—तीन माप। इसमें घन के बीच अलग-अलग कोणों वाले तीन अक्षों का उपयोग करके खींचा जाता है। यह एक्सोनोमेट्रिक प्रक्षेपण का सबसे सरल व सामान्य प्रकार है और पर्यवेक्षक (observer) के सापेक्ष वस्तु को कहीं भी रखा जा सकता है।



इन सभी तरीकों का उपयोग मशीन, फर्नीचर और संरचनात्मक डिजाइन के लिए किया जाता है। Axonometric प्रक्षेपण बेलनाकार (cylindrical) वस्तुओं की अपेक्षा आयताकार (rectangular) संरचनाओं के लिए अच्छा है।

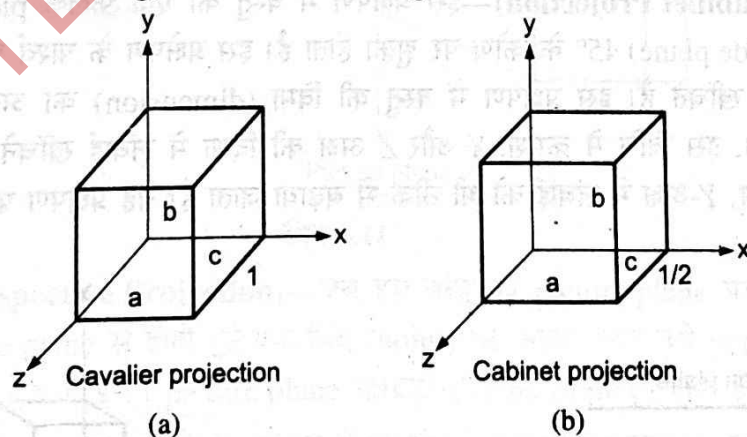


चित्र 3.6—Types of Axonometric Projection

**B. त्रिक या परोक्ष प्रक्षेपण (Oblique Projection)**—जब हम किसी वस्तु को अनन्त दूरी (infinite distance) से देखते हैं तब वस्तु के एक फलक (face) picture plane के समान्तर होती है और पार्श्व फलक (side face) picture plane के साथ  $45^\circ$  के कोण पर झुकाव (inclined) हो उसे oblique प्रक्षेपण कहते हैं। त्रिक प्रक्षेपण एक्सोनोमेट्रिक प्रक्षेपण की तुलना में आसान है। किसी भी वस्तु की ड्राइंग बनाने या खींचने के लिए केवल एक छवि (image) और पारंपरिक उपकरणों की आवश्यकता होती है। इस विधि में, पहले हम सामने के दृश्य या पार्श्व दृश्य को बनाते हैं और फिर बाकी भागों को इससे संबन्धित करके बनाते हैं।

- ऑर्थोग्राफिक प्रोजेक्शन की तरह ही ऑब्जेक्ट का सम्मुख दृश्य या पार्श्व दृश्य बनाएं।
- पीछे की ओर खींची गई माप का मान वास्तविक माप के मान के आधे के बराबर पैमाने में होनी चाहिए।
- पीछे की ओर खींची गई रेखाओं का कोण  $30^\circ$  से  $45^\circ$  के बीच होना चाहिए; यद्यपि  $45^\circ$  कोणों का उपयोग सुविधाजनक है।

त्रिक प्रक्षेपण को स्केलिंग (scaling) के आधार पर आगे पुनः दो प्रकारों में विभाजित किया जाता है—



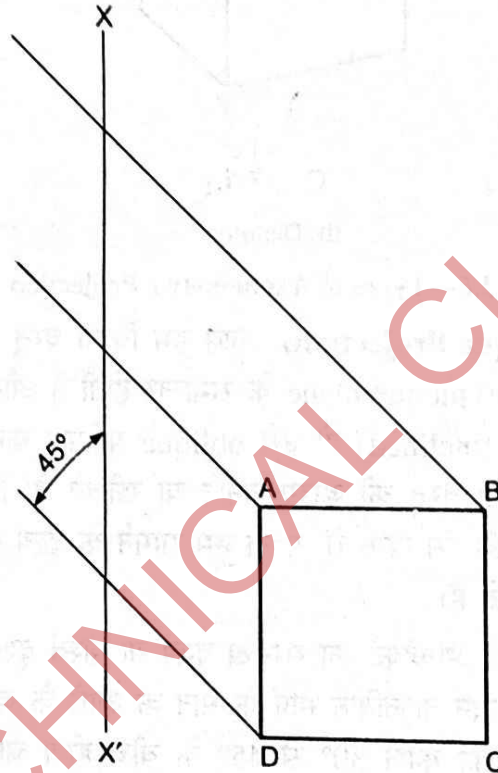
चित्र 3.7

Oblique projection 3 प्रकार के होते हैं—

- कवालिएर प्रक्षेपण (Cavalier projection)
- कैबिनेट प्रक्षेपण (Cabinet projection)
- क्लिनोग्राफिक प्रक्षेपण (Clinographic projection)

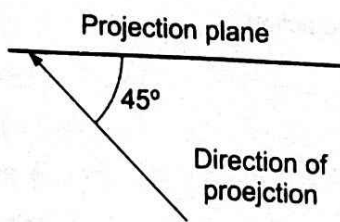


(i) **कवालिएर प्रक्षेपण (Cavalier Projection)**—इस प्रक्षेपण में वस्तु का एक फलक picture plane के समान्तर होता है और पार्श्व फलक (side plane) picture plane के  $45^\circ$  के कोण पर झुका होता है। इसे cavalier प्रक्षेपण कहते हैं। इस प्रक्षेपण में पार्श्व फलक (side plane) पूर्ण विमा (full dimension) में खींची (draw की) जाती है। इसमें वस्तु की विमा (dimension) का अनुपात 1:1:1 होता है। इसमें X और Z अक्ष में लंबाई 1:1 में खींची गई है और Y-अक्ष की लंबाई के लिए कोई आवश्यक स्केलिंग नहीं किया गया है। जब हम किसी वस्तु को केवल अपने हाथों का उपयोग करके बनाते हैं जैसे ब्लैक बोर्ड पर घन (cube) खींचना बहुत ही आसान है। इस तरह के प्रक्षेपण का सबसे सरल उपयोग सैन्य किलेबंदी में होता है।

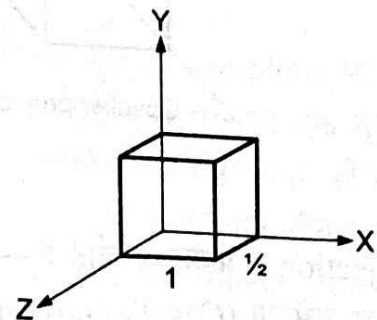


चित्र 3.8

(ii) **कैबिनेट प्रक्षेपण (Cabinet Projection)**—इस प्रक्षेपण में वस्तु की एक फलक picture plane के समान्तर होती है तथा पार्श्व फलक (side plane)  $45^\circ$  के कोण पर झुका होता है। इस प्रक्षेपण के पार्श्व फलक (side face) आधी विमा (half dimension) में खींचते हैं। इस प्रक्षेपण में वस्तु की विमा (dimension) का अनुपात 1:1:1/2 होता है। Cavalier प्रक्षेपण के विपरीत, इस विधि में क्रमशः X और Z अक्ष की दिशा में लंबाई खींचने के लिए 2:1 स्केल का उपयोग करते हैं। इसके अलावा, Y-अक्ष में लंबाई को भी ठीक से बढ़ाया जाता है। यह प्रक्षेपण फर्नीचर उद्योगों में बहुतायत उपयोग की जाती है।



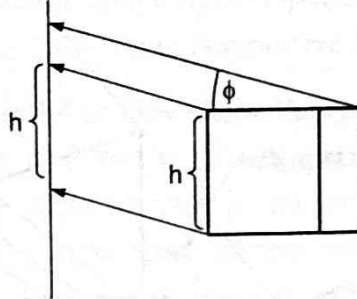
चित्र 3.9



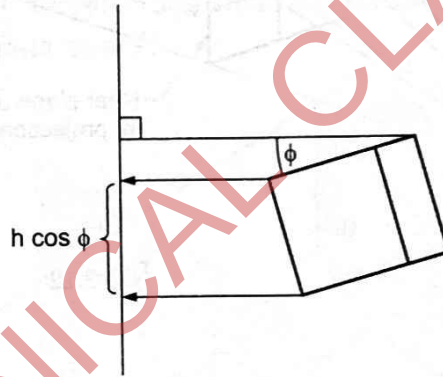
चित्र 3.10

(iii) क्लिनोग्राफिक प्रक्षेपण (Clinographic Projection)—कवालियर और कैबिनेट प्रक्षेपण में वस्तु की मुख्य फलक प्रक्षेपण तल (Plane of Projection) के समान्तर होती है। कुछ दशाओं में वस्तु को प्रक्षेपण तल के सापेक्ष किसी कोण पर झुकाना वांछित होता है। इस प्रक्षेपण को क्लिनोग्राफिक प्रक्षेपण कहते हैं।

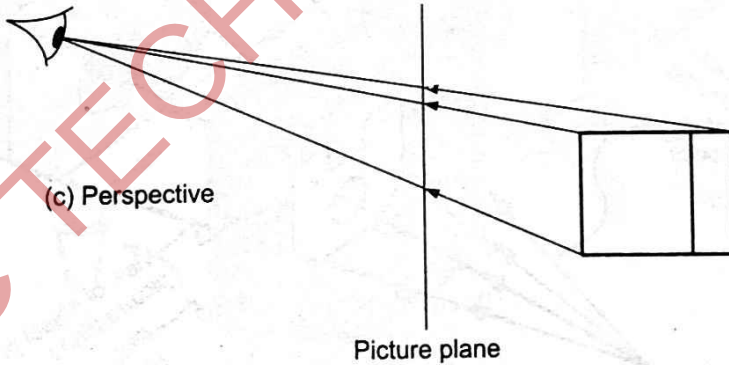
(a) Clinographic



(b) Orthographic



(c) Perspective

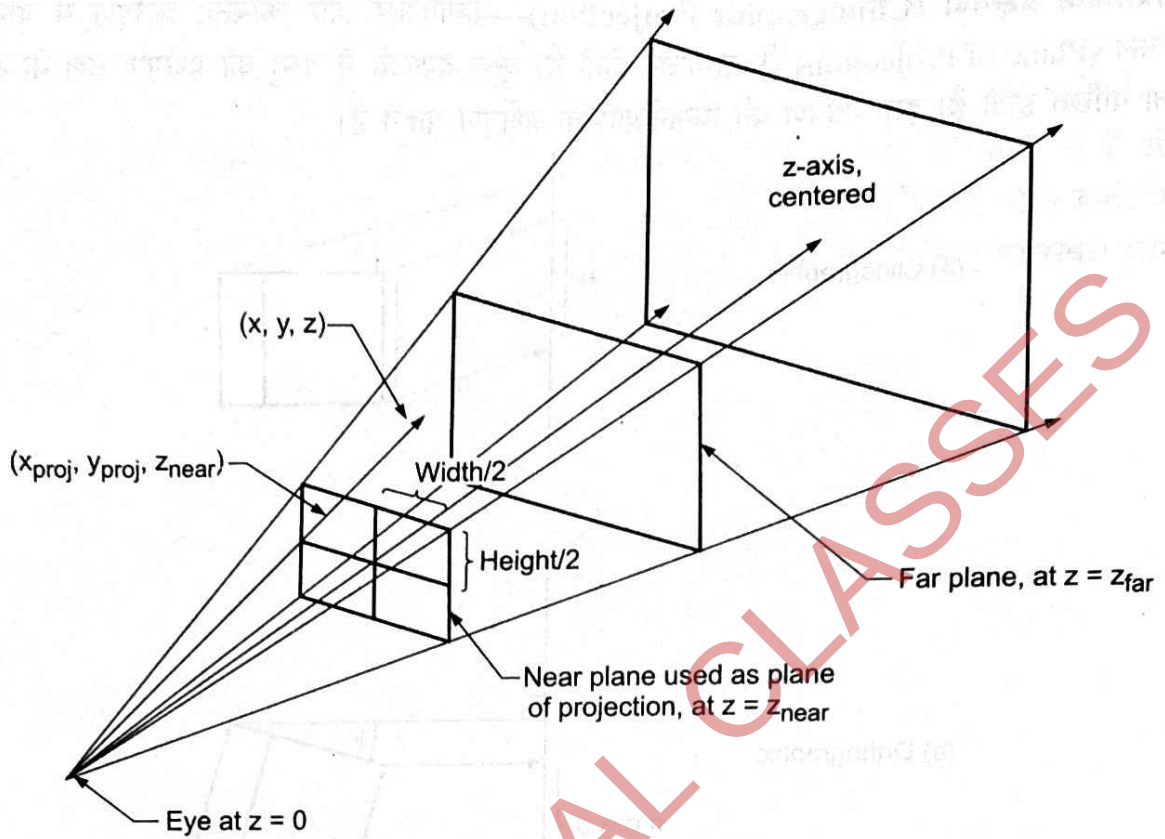


चित्र 3.11

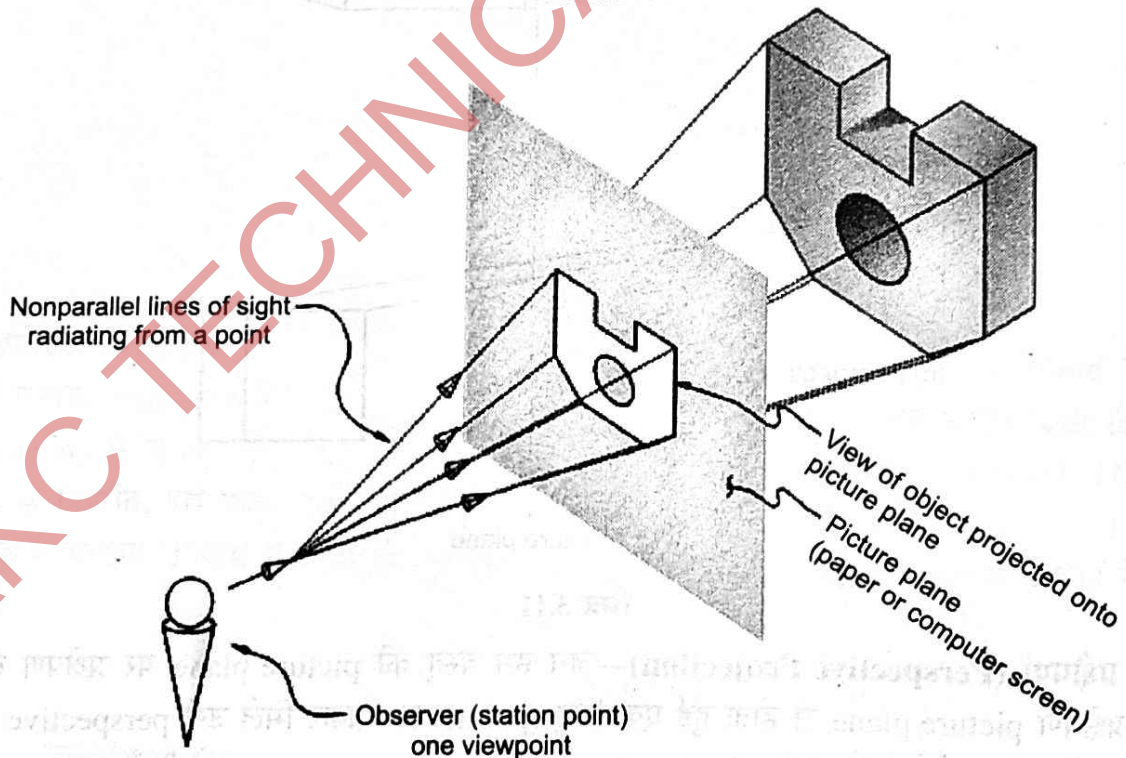
**C. परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण (Perspective Projection)**—जब हम वस्तु की picture plane पर प्रक्षेपण लेते हैं तो वह उस समय सभी प्रक्षेपण picture plane से होती हुई एक बिंदु (point) पर आकर मिले उसे perspective प्रक्षेपण कहते हैं। और हमें वस्तु छोटा दिखाई देता है इसमें picture plane पारदर्शी (Transparency) होती है।

किसी वस्तु को प्रोजेक्ट करने के लिए परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण में समानांतर रेखाओं का उपयोग नहीं किया जाता है, बल्कि यह एकल बिंदु (single point) से निकलने वाली लाइनों के साथ एक प्रक्षेपण है जिसके कारण, निकट का भाग दूर के भाग से बड़ा दिखाई देता है। गहराई की धारणा के संबंध में इसका सम्बंध हमारी आंखों के काम करने जैसा है। जैसे, जब हम एक रेलवे लाइन को इसके एक छोर से देखते हैं, तब यह एक एकल बिंदु की ओर परिवर्तित होती हुई दिखाई देती है जिसे लुप्त बिंदु कहा जाता है। इस प्रक्षेपण में वस्तु का दृश्य अधिक वास्तविक लगता है।





चित्र 3.12



चित्र 3.13—परिप्रेक्ष्य प्रोजेक्शन: दृष्टि की विकिरणशील रेखाएँ एक परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण का निर्माण करती हैं  
(Perspective Projection: Radiating lines of sight produce a perspective projection)

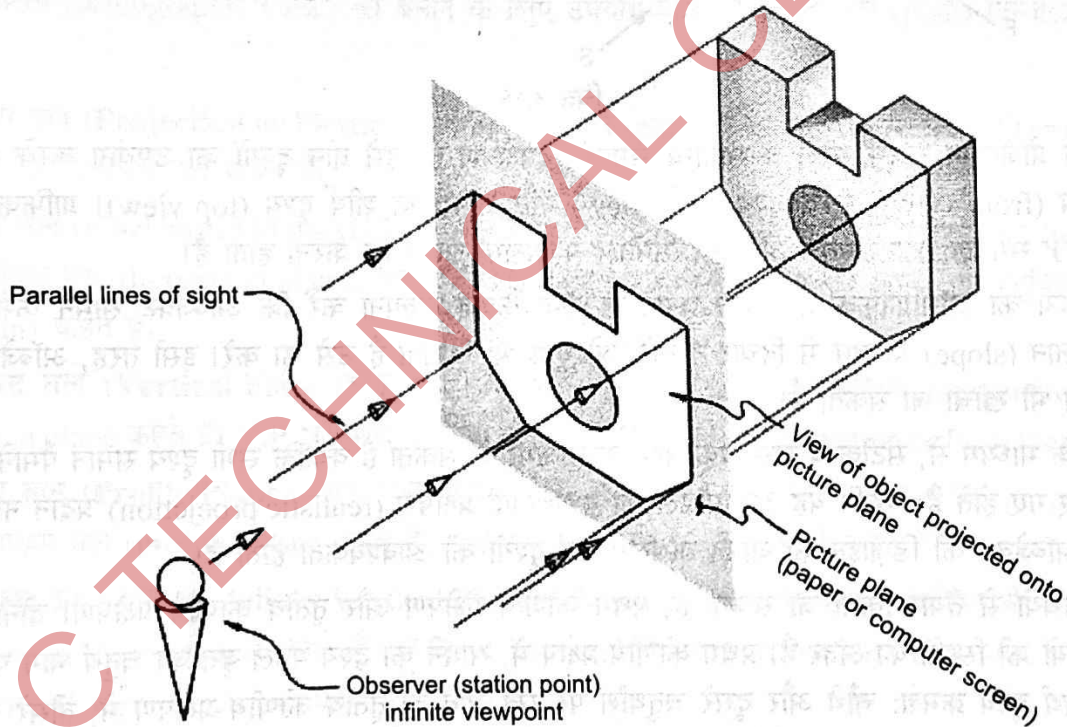
हम किसी भी प्रकार के प्रोजेक्शन का उपयोग प्लेन की सतह पर किसी वस्तु (object) की ड्राइंग बनाने के लिए कर सकते हैं। यद्यपि इसके लिए अच्छी कल्पना शक्ति की आवश्यकता होती है जिससे वस्तु की ड्राइंग अधिक वास्तविक बन सके। ड्राइंग विरूपण से बचने के लिए स्केलिंग को ठीक से किया जाना चाहिए। ड्राइंग शीट को डेस्क पर सही प्रकार से रखने व पकड़ने के लिए हमेशा क्लिप का उपयोग किया जाता है।



Perspective projection 3 प्रकार के होते हैं—

- (i) समांतर या एकल बिन्दु परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण (Parallel or One Point Perspective Projection)
- (ii) कोणीय या द्वि-बिन्दु परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण (Angular or Two Point Perspective Projection)
- (iii) परोक्ष या त्रि-बिन्दु परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण (Oblique Three Point Perspective Projection)

(i) **समांतर या एकल बिन्दु परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण (Parallel or One Point Perspective Projection)**—यदि वस्तु की मुख्य फलक प्रक्षेपण तल के समांतर और इसका एक लोपी बिन्दु (vanishing point) हो तब इस प्रक्षेपण को समांतर या एकल बिन्दु परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण कहते हैं। जब हम एक मशीन को देखते हैं, तब यह ज्ञात होता है कि मशीन समानांतर लाइनों के आधार पर स्थापित है। उदाहरण के लिए, एक खराद मशीन को देखें इसमें एक आयताकार आधार है, जो समानांतर रेखाओं के एक संयोजन पर बना है। यदि ये समानांतर रेखाएँ वास्तव में मशीन पर मौजूद समानांतर लाइनों का प्रतिनिधित्व करने के लिए खींची जाती हैं, तब हम इसे समांतर प्रक्षेपण (Parallel projection) कहते हैं। इस प्रकार के प्रक्षेपण का व्यापक रूप से उपयोग ड्राफ्ट्समैन और वास्तुकारों (draftsman and architects) द्वारा ब्लूप्रिंट और योजनाबद्ध (blueprints and schematics) बनाने के लिए किया जाता है।



चित्र 3.14—समानांतर प्रक्षेपण: दृष्टि की समांतर रेखाएं एक समांतर प्रक्षेपण का निर्माण करती हैं।  
(Parallel Projection: Parallel lines of sight produce a parallel projection)

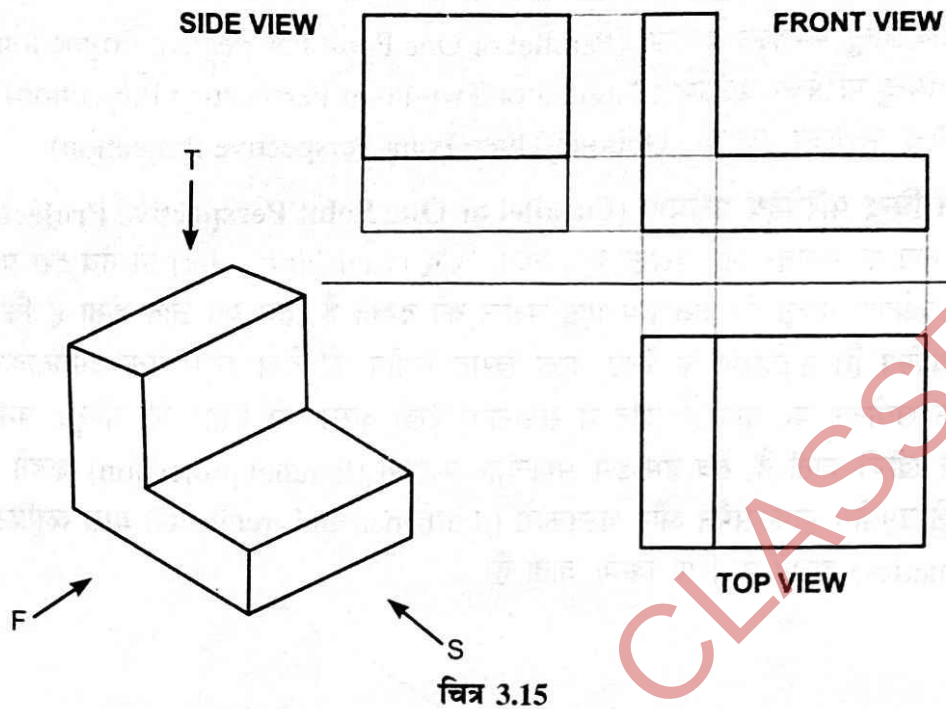
(ii) **समानांतर बनाम परिप्रेक्ष्य प्रक्रिया (Parallel versus Perspective Projection)**—यदि ऑब्जर्वर से ऑब्जेक्ट तक की दूरी अनंत है, तब प्रोजेक्टर (अर्थात प्रोजेक्शन लाइन्स) समांतर होती हैं और ड्राइंग को समांतर प्रोजेक्शन के रूप में वर्गीकृत किया जाता है। समांतर प्रक्षेपण के लिए आवश्यक है कि वस्तु को अनंत पर रखा जाए और वस्तु को काल्पनिक समांतर रेखा पर कई बिंदुओं से देखा जाए।

यदि पर्यवेक्षक से ऑब्जेक्ट तक की दूरी परिमित (finite) है, तब प्रोजेक्टर समांतर नहीं होता है और ड्राइंग को एक परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण के रूप में वर्गीकृत किया जाता है। परिप्रेक्ष्य के प्रक्षेपण के लिए आवश्यक है कि वस्तु को एक सीमित दूरी पर तैनात किया जाए और एक बिंदु (स्टेशन बिंदु) से देखा जाए।

परिप्रेक्ष्य चित्र बनाना कठिन है। समांतर चित्र कम यथार्थ होता है, लेकिन उन्हें बनाना आसान है।



### 3.3.2 लंबकोणीय या वर्तनी विषयक प्रक्षेपण (Orthographic Projection)



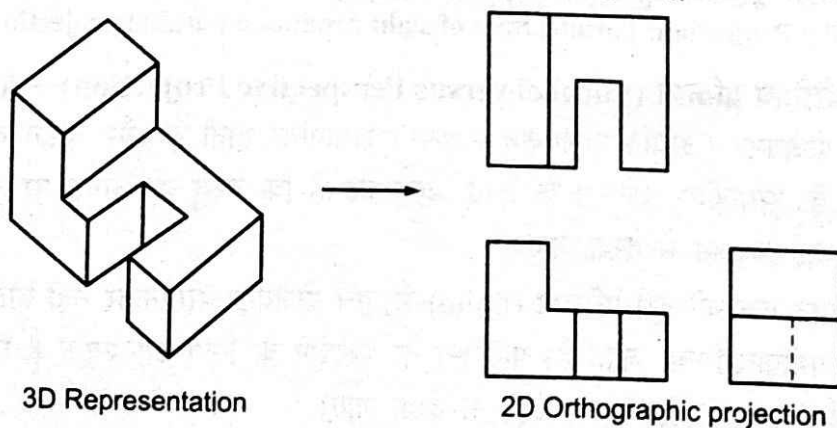
चित्र 3.15

ऑर्थोग्राफिक प्रोजेक्शन सबसे सरल व सामान्य समानांतर प्रक्षेपण है। इसे तीन दृश्यों का उपयोग करके दर्शाया जाता है; सम्मुख दृश्य (front view), पार्श्व दृश्य (side view) और ऊपरी या शीर्ष दृश्य (top view)। ग्राफिकल शब्दों में, ऑब्जेक्ट को  $XY$  समतल,  $YZ$  समतल और  $ZX$  समतल में अलग-अलग ड्रा करना होता है।

सामने के दृश्य को ऑर्थोग्राफिक प्रोजेक्शन बनाने के लिए केवल कल्पना करें कि ऑब्जेक्ट सामने कैसे दिखता है। ऑब्जेक्ट के ढलान (slope) के बारे में विचार न करें, जो कुछ भी दिखता है उसे ड्रा करें। इसी तरह, ऑब्जेक्ट का शीर्ष और साइड दृश्य भी खींचा जा सकता है।

इस प्रक्षेपण के माध्यम से, सटीक व वास्तविक माप प्राप्त किया जा सकता है क्योंकि सभी दृश्य समान पैमाने का उपयोग करके तैयार किए गए होते हैं। यद्यपि यह 3D मॉडल का यथार्थवादी प्रक्षेपण (realistic projection) प्रदान नहीं करता है; इसके अलावा, ऑब्जेक्ट की डिजाइन को जानने के लिए कई दृश्यों की आवश्यकता होती है।

इसको दो विधियों से तैयार किया जा सकता है, प्रथम कोणीय प्रक्षेपण और तृतीय कोणीय प्रक्षेपण। दोनों प्रक्षेपण में केवल विभिन्न दृश्यों की स्थिति का अंतर है। प्रथम कोणीय प्रक्षेपण में, सामने का दृश्य पहले वृत्त का चतुर्थ भाग पर रखा गया है; शीर्ष और पार्श्व दृश्य क्रमशः चौथे और दूसरे चतुर्थांश पर रखे जाते हैं। तृतीय कोणीय प्रक्षेपण में, तीसरे चतुर्थांश का उपयोग सामने के दृश्य के लिए किया जाता है; जबकि ऊपरी और साइड के दृश्य दूसरे और चौथे चतुर्थांश पर रखा गया है।



चित्र 3.16



यदि देखने वाली आँख वस्तु (object) से अनन्त दूरी पर स्थित हो और वस्तु (object) के विभिन्न कोनों (edge) से प्रक्षेपण रेखा (projection line) प्रक्षेपण तल (projection plane) पर इस प्रकार गिराई जाए कि प्रक्षेपण रेखा आपस में समान्तर और प्रक्षेपण तल पर लम्बवत (perpendicular) हो तब इस प्रकार प्रक्षेपण तल पर उस वस्तु का जो प्रक्षेप दिखता है या बनता है उसे लम्बकोणीय प्रक्षेप (orthographic projection) या समान्तर प्रक्षेप (parallel projection) कहते हैं। इस प्रक्षेप की आकार (shape) और माप (size) ठीक उसी प्रकार होती है जिस प्रकार की वस्तु की सतह (surface) की होती है। इस प्रकार लम्बकोणीय प्रक्षेप (orthographic projection) प्राप्त (receive) करने के लिए वस्तु को इसके एक face के साथ किसी प्रक्षेप तल के समान्तर स्थित किया जाता है जिससे उस प्रक्षेप तल पर पड़ने वाली प्रक्षेप रेखा आपस में समान्तर और लम्बवत (perpendicular) होती है जिसके ऊपर उस वस्तु का प्रक्षेप प्राप्त होता है। प्रक्षेपित दृश्य (view) के द्वारा हमें दो dimension प्राप्त होते हैं; जैसे लम्बाई और चौड़ाई (length and width), चौड़ाई और ऊँचाई (width and height), ऊँचाई और लम्बाई (height and length)। यदि दृश्य (view) से हमें लम्बाई और ऊँचाई प्राप्त हो तो उसे उत्सेध या सम्मुख दृश्य (elevation view) कहते हैं। यदि चौड़ाई और ऊँचाई प्राप्त हो तो उसे पार्श्व दृश्य (side view) कहते हैं। यदि चौड़ाई और लम्बाई प्राप्त हो उसे अनुविक्षेप या ऊपरी दृश्य (plan or top view) कहते हैं। इस प्रकार लम्बकोणीय प्रक्षेप (orthographic view) को बनाने के लिए उपयोग किए जाने वाले तल (plan) निम्नलिखित प्रकार के होते हैं—

1. **प्रक्षेपण तल (Projection or Picture Plane)**—वह तल (plane) जिस पर वस्तु के प्रक्षेपण (projection) लिए जाते हैं उसे प्रक्षेपण तल कहते हैं।
2. **क्षैतिज तल (Horizontal Plane (H.P.))**—भूमि रेखा (ground line) के समान्तर प्रक्षेपण तल (picture plane) को क्षैतिज तल (horizontal plane) कहते हैं। H.P. पर बने वस्तु के प्रक्षेप को ऊपरी या अनुविक्षेप (top view or plan) कहते हैं।
3. **लम्बवत तल (Vertical Plane (V.P.))**—भूमि रेखा (ground line) के लम्बवत (perpendicular) तल को vertical plane कहते हैं। V.P. पर वस्तु का बना प्रक्षेप सम्मुख या उत्सेध (elevation or front view) कहलाता है।
4. **प्रारूप तल (Profile Plane)**—एक ऐसा तल जो क्षैतिज व ऊर्ध्व दोनों तल पर लम्बवत (perpendicular) हो उसे प्रारूप तल (profile plane) कहते हैं। इसे पार्श्व तल (side plane) भी कहते हैं।
5. **सहायक ऊर्ध्व तल (Auxiliary Vertical Plane)**—Vertical plane पर वस्तु के प्रक्षेपण से जो view बनता है उसे profile या side view कहते हैं। वस्तु के left hand से देखने पर left side view और right hand side से देखने पर right side view बनता है।

(ii) **कोणीय या द्वि-बिन्दु परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण (Angular or Two Point Perspective Projection)**—जब वस्तु की दो फलक प्रक्षेपण तल से किसी कोण पर हो, जबकि तीसरी फलक इन दोनों से लम्बवत हो, तब दो लोपी बिन्दु (vanishing point) प्राप्त होते हैं और यह प्रक्षेपण कोणीय या द्वि-बिन्दु परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण कहलाती है। यह कोणीय परिप्रेक्ष्य का एक रूप है। यह इमारतों और 3D उत्पादों के बाहरी भाग का प्रदर्शन करने के लिए बहुत उपयोगी है। इसका उपयोग तब किया जाता है जब खींची जाने वाली वस्तु दर्शक से एक कोण पर रखी जाती है। खींची जाने वाली पहली रेखा वस्तु का ऊर्ध्वाधर सामने वाला किनारा होता है जिस पर ऊँचाइयों को चिह्नित किया जा सकता है। इन बिंदुओं को फिर से दो अलग-अलग लुप्त होने वाले बिंदुओं पर प्रक्षेपित किया जाता है, जिन्हें समान्यतः क्षितिज पर खींचने की कल्पना की जाती है।

दो बिंदु जहाँ अनुमानित रेखाओं को पार करते हैं, वेनिशिंग पॉइंट्स कहलाते हैं। ड्राइंग सटीकता के लिए एक चेक के रूप में वे समान क्षैतिज आई लाइन पर एक दूसरे के विपरीत होना चाहिए।



### 3.3.3 स्टेप-बाई-स्टेप कंस्ट्रक्शन (Step by Step Construction)

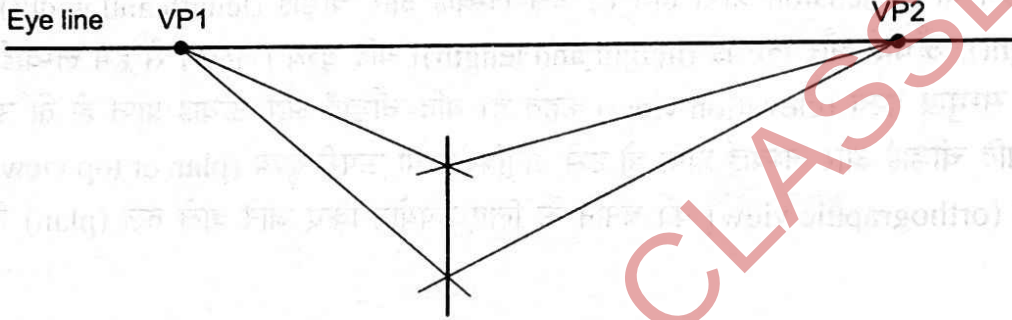
एक क्षितिज या नेत्र रेखा खींचकर उस पर दो लुप्त बिंदुओं को चिह्नित करें। ये कहीं भी हो सकते हैं लेकिन इन्हें शुरू करने के लिए जितना संभव हो उतना किसी अन्य रेखा से अलग रखें।

Eye line VP1

VP2

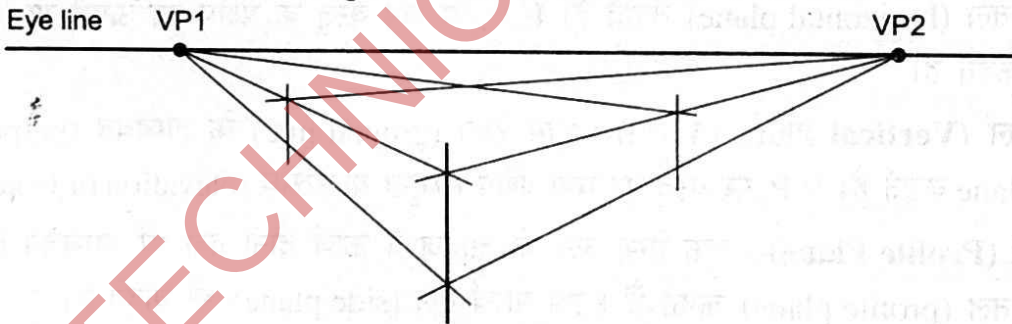
चित्र 3.17

जिस वस्तु की चित्र बनाना है उसके सामने के किनारे पर अगला बिन्दु ड्रा करें और दो गायब होने वाले पॉइंट्स, VP1 और VP2 पर प्रोजेक्ट करें। यदि सामने का छोर क्षितिज के नीचे स्थित है, तो इसके ऊपर देखेंगे, जैसे कि चित्र में ऊपर से देख रहे हैं।



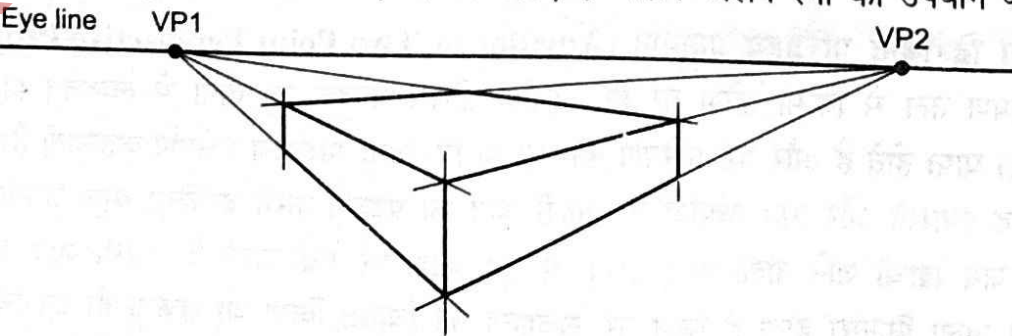
चित्र 3.18

प्रत्येक पक्ष की लंबाई के बारे में निर्णय लें और पीछे के कोनों को गायब होने वाले बिंदुओं पर वापस लाएं। सभी ऊर्ध्वाधर रेखाएं लंबवत रहें। लुप्त होने वाले बिंदुओं के अलावा, छवि अधिक यथार्थ बनती है।



चित्र 3.19

अंत में, पूरी की गई रूपरेखा में रेखा डालें और यदि आवश्यक हो तो छायांकन करें या रंग भरें। ऊपरी सतह को सफेद रखें और प्रकाश की दिशा को इंगित करने के लिए पक्षों के लिए दो अलग-अलग रंगों का उपयोग करें।



चित्र 3.20

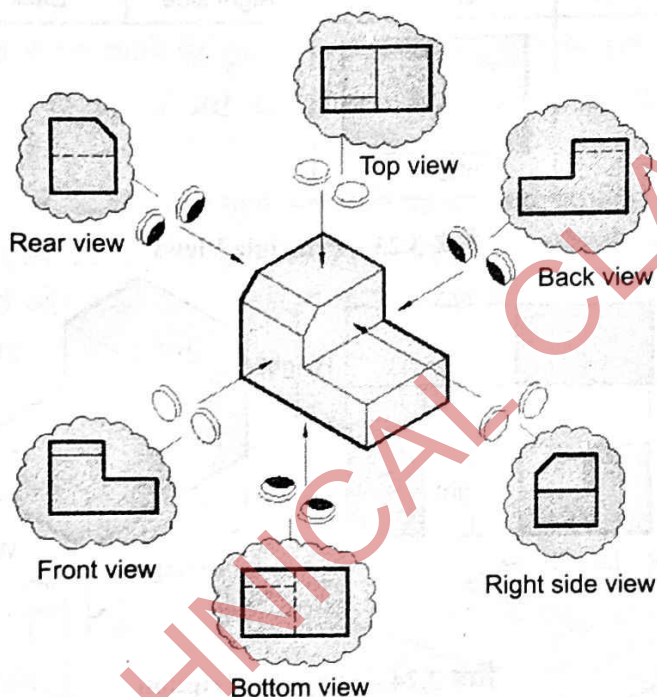
(iii) परोक्ष या परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण (Oblique Three Point Perspective Projection)—यदि वस्तु की तीनों मुख्य फलकों प्रक्षेपण तल से झुकी हों तब यह प्रक्षेपण परोक्ष या परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण कहलाती है।

### 3.4 ड्राइंग दृश्यों के प्रकार (Types of Drawing Views)

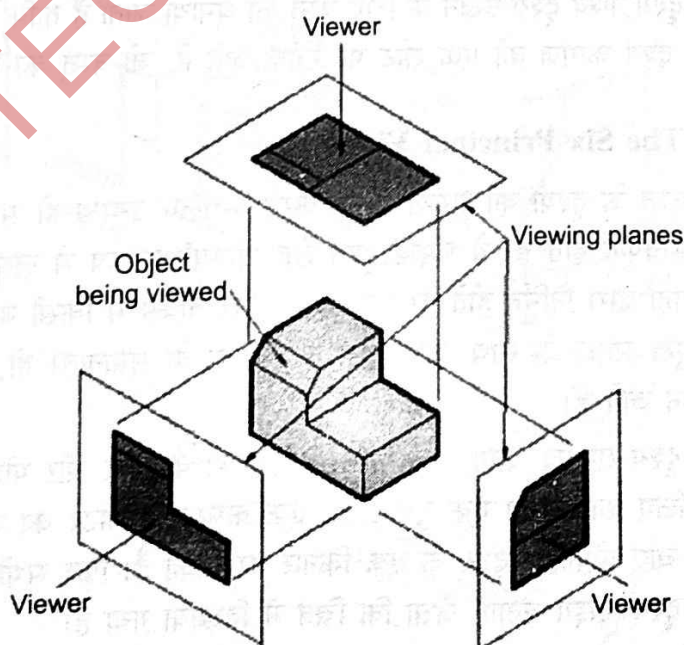
#### 3.4.1. लम्बकोणीय या आधार दृश्य (Orthographic प्रक्षेपण)

यह किसी ड्राइंग में बनाया गया पहला दृश्य होता है। आधार दृश्य आगामी दृश्यों के लिए स्रोत है। यह आगामी दृश्यों के लिए पैमाने और संरेखण को नियंत्रित करता है। हम ड्राइंग शीट पर किसी वस्तु का एक या अधिक आधार दृश्य बना सकते हैं।

जब हम ड्राइंग बनाते हैं तब दृश्य के अभिविन्यास का चयन करते हैं। ड्राइंग के लिए डिफॉल्ट ओरिएंटेशन डिजिटल प्रोटोटाइप में मूल (origin) पर आधारित होते हैं।

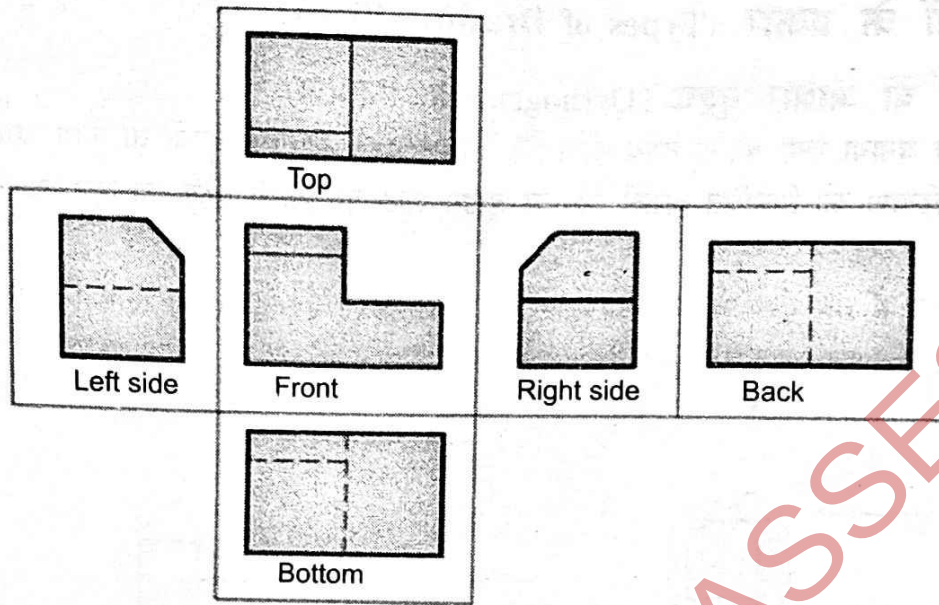


चित्र 3.21

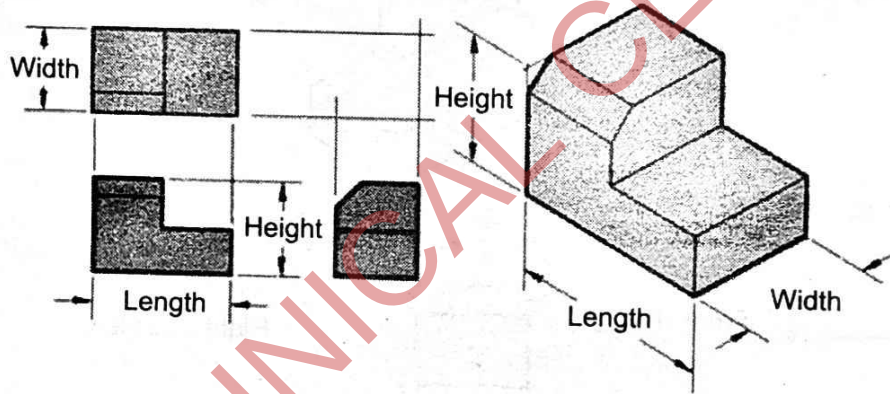


चित्र 3.22—Orthographic Projection





चित्र 3.23—Principle Views



चित्र 3.24—Shape Description

ऑर्थोग्राफिक प्रोजेक्शन किसी वस्तु के अलग-अलग फलकों को देखने का एक तरीका है। वस्तु के अलग-अलग पक्ष जैसे कि शीर्ष दृश्य, सामने का दृश्य, पार्श्व दृश्य देखने के लिए वस्तु को घुमाया जाता है ताकि ऑब्जेक्ट को देखने वाला दर्शक प्रत्येक दृश्य को देख सके। ये दृश्य कागज़ की एक शीट पर खींचे जाते हैं, जो वस्तु का निर्माण करने में मदद करते हैं।

#### 3.4.1-1 छह प्रमुख दृश्य (The Six Principal Views)

प्रक्षेपण की सतह किसी वस्तु के दृश्यों की संख्या उत्पन्न करने के लिए उन्मुख हो सकता है। यद्यपि, कुछ दृश्य दूसरे दृश्यों की तुलना में अधिक महत्वपूर्ण होते हैं। ये प्रमुख दृश्य छह पारस्परिक रूप से लंबवत दृश्य हैं जो प्रक्षेपण के छह पारस्परिक रूप से लंबवत सतहों द्वारा निर्मित होते हैं। यदि एक ग्लास बॉक्स में किसी वस्तु को निहित करने की कल्पना की जाये, तो उस वस्तु की प्रमुख सतहों के साथ, जो बॉक्स के किनारों के समानांतर हों, बॉक्स के छहों सतह छह दृश्य दिखाने वाले प्रोजेक्शन प्लेन बन जाते हैं।

चित्र 3.25 में छह प्रमुख दृश्य सम्मुख, शीर्ष, बाईं पार्श्व, दाहिना पार्श्व, नीचे और पीछे का दृश्य हैं। 2-D मीडिया पर इन दृश्यों को बनाने करने के लिए कागज का एक टुकड़ा या एक कंप्यूटर मॉनीटर का कल्पना करें कि सामने के ग्लास दृश्य के सभी किनारों पर और बाएं प्रोफ़ाइल दृश्य के एक किनारे पर टिका है। फिर सभी अन्य कोनों के साथ काटें, और बॉक्स को समतल करके छह-दृश्य ड्राइंग बनाएं, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।

उपरोक्त विवरण X, Y और Z समन्वय प्रणाली (coordinate system) पर आधारित है। CAD में, चौड़ाई X-अक्ष पर, ऊंचाई को Y-अक्ष पर और गहराई को Z-अक्ष पर हस्ताक्षरित किया जा सकता है। यह सभी CAD सिस्टम के लिए

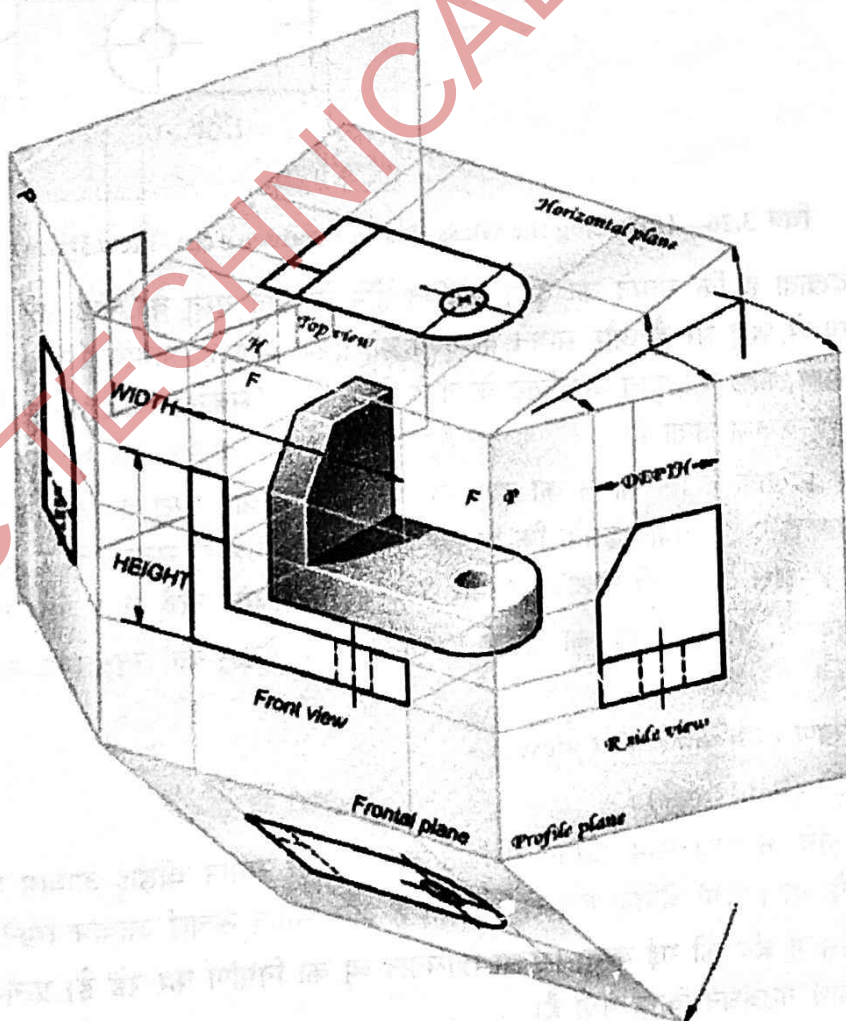


सार्वभौमिक रूप से सत्य नहीं है लेकिन इस पाठ में एक मानक के रूप में उपयोग किया जा रहा है। सामने का दृश्य वह है जो सबसे अधिक गुण या लक्षण प्रदर्शित करता है। अन्य सभी दृश्य सामने के दृश्य के लिए चयन किए गए अभिविन्यास (orientation) पर आधारित हैं। इसके अलावा, पीछे के दृश्य को छोड़कर, अन्य सभी दृश्य, सामने के दृश्य से दृष्टि के  $90^\circ$  की रेखाओं को एक उपयुक्त दिशा से घुमाकर बनाए जाते हैं। CAD के साथ, सामने का दृश्य Z-अक्ष (नकारात्मक Z देखने की दिशा में), X और Y अक्षों के लंबवत को देखकर बनाया गया है।

शीर्ष दृश्य से पता चलता है कि सामने के दृश्य की स्थिति स्थापित हो जाने के बाद वस्तु के शीर्ष की स्थिति क्या होगी। CAD के साथ, Y-अक्ष (नकारात्मक Y देखने की दिशा में), लंबवत-Z और X अक्षों के लिए लूप को देखकर शीर्ष दृश्य बनाया गया है।

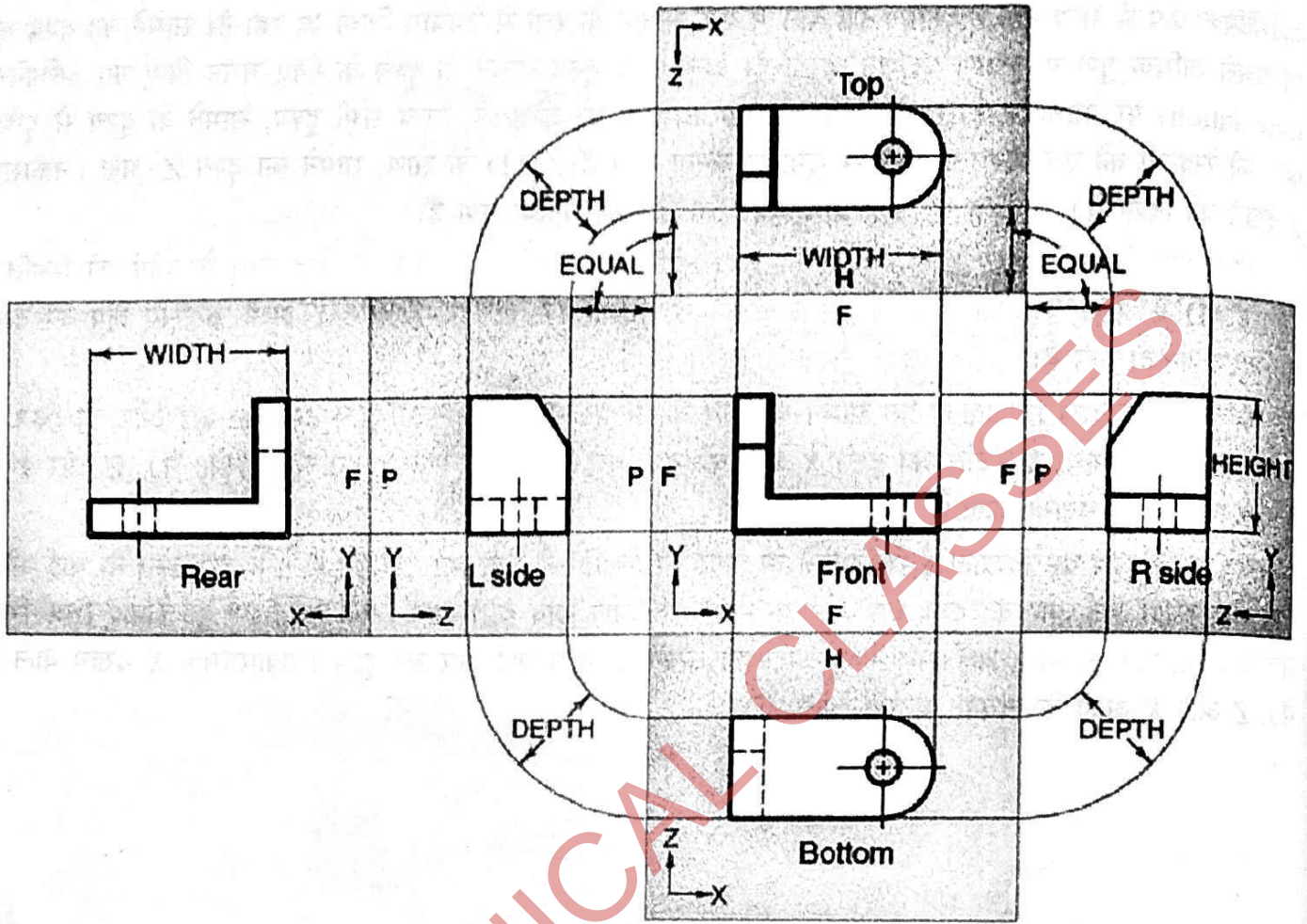
दाहिना पार्श्व दृश्य दिखाता है कि सामने के दृश्य की स्थिति स्थापित होने के बाद वस्तु का दाईं ओर का चित्र कैसा बनेगा। CAD के साथ, दाईं ओर का दृश्य X अक्ष को दाईं ओर से (ऋणात्मक X देखने की दिशा में), Z और Y अक्षों के लंबवत देखकर बनाया जाता है।

बाईं पार्श्व दृश्य यह दिखाता है कि सामने के दृश्य की स्थिति को एक बार स्थापित होने के बाद वस्तु के बाईं ओर का चित्र क्या होगा। बाईं ओर का दृश्य दाईं ओर के दृश्य की दर्पण छवि है, सिवाय इसके कि छिपी हुई रेखाएं भिन्न-भिन्न हो सकती हैं। CAD के साथ, बाईं ओर से X अक्ष को देखने के द्वारा बाईं ओर का दृश्य (सकारात्मक X देखने वाले दिशा में), Z और X अक्षों के लंबवत बनाया जाता है।



चित्र 3.25





चित्र 3.26—Unfolding the Glass Box to Produce a Six-View Drawing

पीछे का दृश्य दिखाता है कि सामने का दृश्य स्थापित होने के बाद वस्तु का पीछे की छवि कैसी होगी। पीछे का दृश्य बाईं ओर के दृश्य से  $90^\circ$  पर है और सामने के दृश्य की दर्पण छवि है, जबकि छिपी हुई रेखाएं अलग-अलग हो सकती हैं। CAD के साथ, पीछे का दृश्य ऑब्जेक्ट के पीछे से Z अक्ष (सकारात्मक Z दृश्य दिशा में), Y और X अक्षों के लंबवत को देखते हुए बनाया जाता है।

नीचे का दृश्य यह दिखाता है कि सामने का दृश्य स्थापित होने के बाद वस्तु का तल व चित्र क्या होगा? नीचे का दृश्य शीर्ष दृश्य की दर्पण छवि है, सिवाय इसके कि छिपाई-रेखाएं भिन्न-भिन्न हो सकती हैं। CAD के साथ, नीचे का दृश्य वस्तु को (सकारात्मक Y-अक्ष देखने की दिशा), Z और X अक्षों के लंबवत नीचे से Y अक्ष को देखकर बनाया गया है।

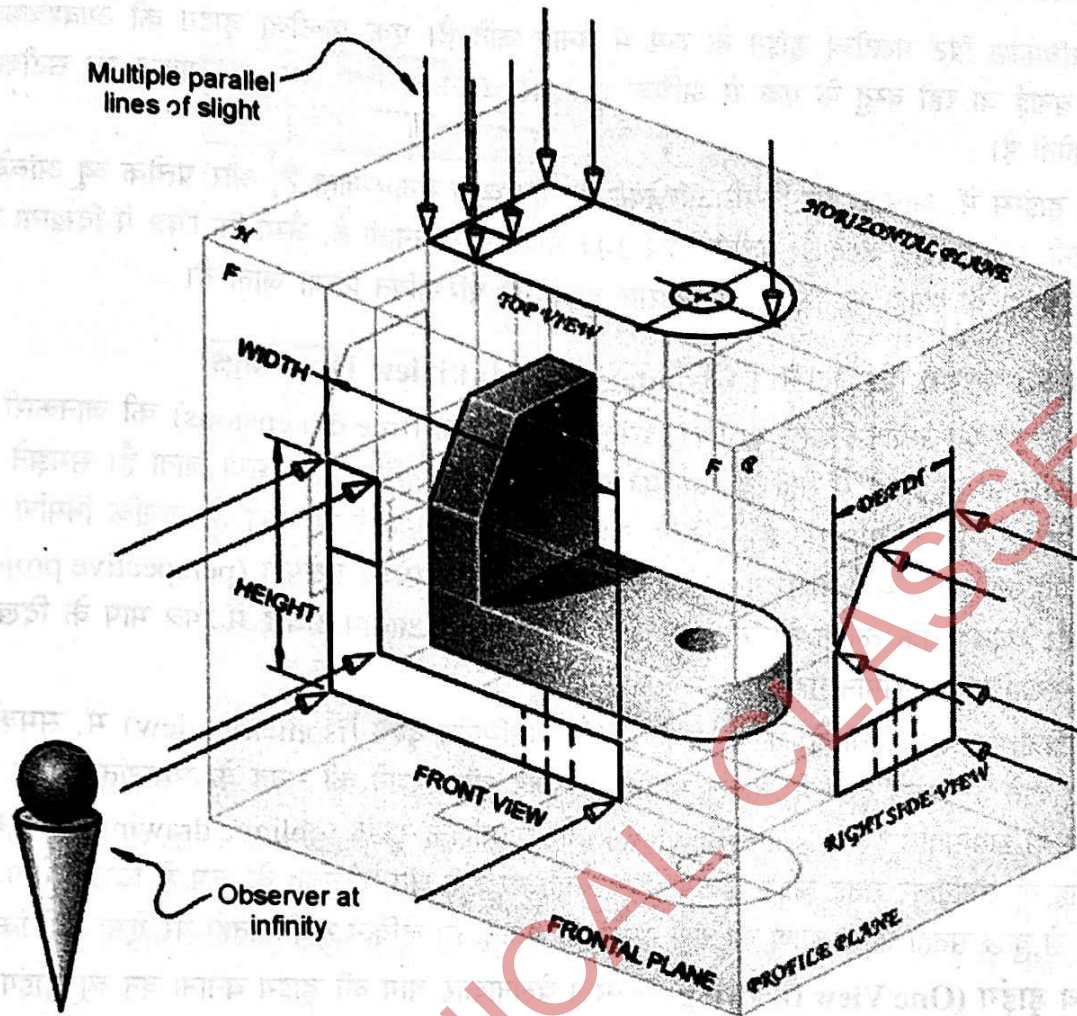
चित्र में दिखाए अनुसार, 'ग्लास बॉक्स को खोलकर' सपाट करके देखने की अवधारणा, दो महत्वपूर्ण बहुदृश्य ड्राइंग मानकों का आधार बनाती है:

1. विचारों का संरेखण (Alignment of views)
2. गंक्तियों को मोड़ो (Fold lines)

शीर्ष, सामने और नीचे के दृश्य सभी लंबवत संरेखित होती हैं और समान चौड़ाई आयाम रखती हैं। पीछे, बाईं ओर, सामने और दाएं तरफ के दृश्य सभी क्षैतिज रूप से संरेखित हैं और समान ऊंचाई आयाम रखते हैं।

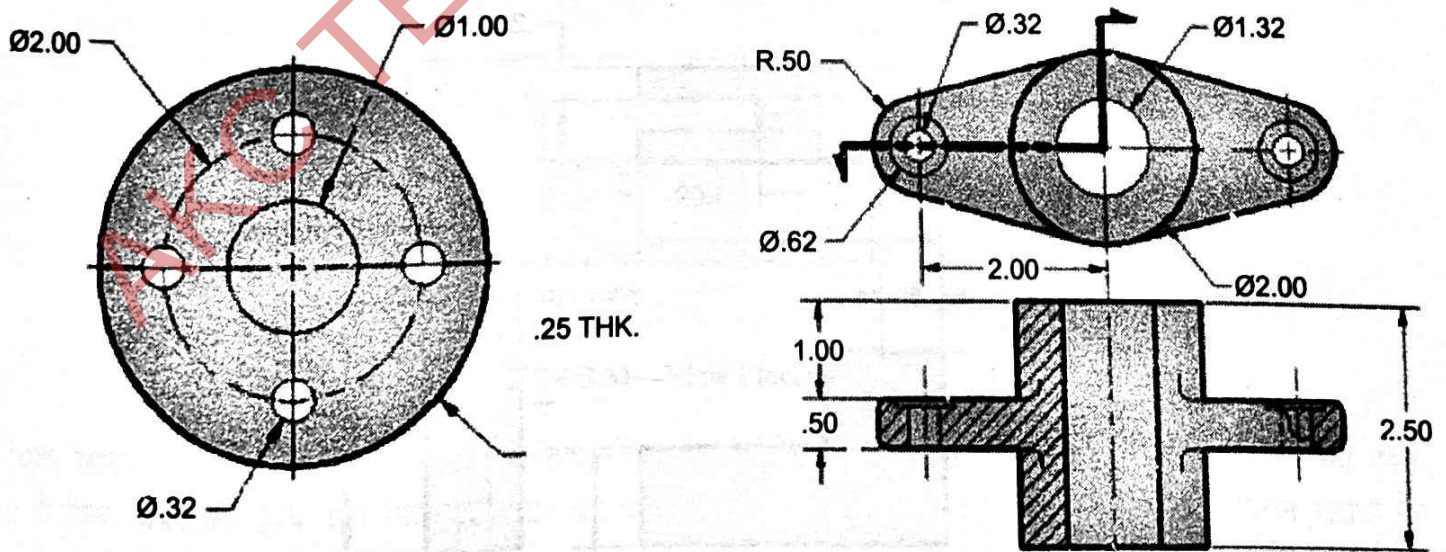
चित्र में ग्लास बॉक्स में बंद की गई वस्तु, सिक्स प्रिंसिपल व्यू का निर्माण कर रहे हैं। प्रत्येक दृश्य परस्पर लंबवत है और आसन्न दृश्यों के साथ गठबंधन किया गया है।





चित्र 3.27

एक अच्छी तरह से देखी जाने वाली की अधिकांश वस्तुएं आज तीन आयामों (3 Dimention) में बनाई गई हैं, वे ऊंचाई, चौड़ाई और लंबाई तीनों आयाम प्रदर्शित करती हैं इसलिए 3D (तीन आयामी) शब्द का उपयोग किया जाता है। अधिकांश ऑर्थोग्राफिक चित्र इन तीन आयामों को प्रदर्शित करते हैं।



चित्र 3.28—Multiview Drawings



आज अधिकांश प्रिंट मल्टीव्यू ड्रॉइंग के रूप में बनाए जाते हैं। एक मल्टीव्यू ड्राइंग की आवश्यकता समान्यतः तब होती है जब बनाई जा रही वस्तु के एक से अधिक दृश्य को बनाने के लिए वस्तु के आकार का सटीक वर्णन करने की आवश्यकता होती है।

मल्टीव्यू ड्राइंग्स में, आमतौर पर किसी ऑब्जेक्ट के तीन व्यू बनाए जाते हैं, और प्रत्येक व्यू ऑब्जेक्ट के गुण और आयाम का सही-सही प्रदर्शन करते हैं। प्रत्येक दृश्य 2-D सपाट छवि बनाती है, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। ऑब्जेक्ट के संबंध में प्रक्षेपण के सतहों की स्थिति के अनुसार दृश्यों को परिभाषित किया जाता है।

### 3.4.1-2 बहुदृश्य ड्राइंग के लाभ (Advantages of Multiview Drawings)

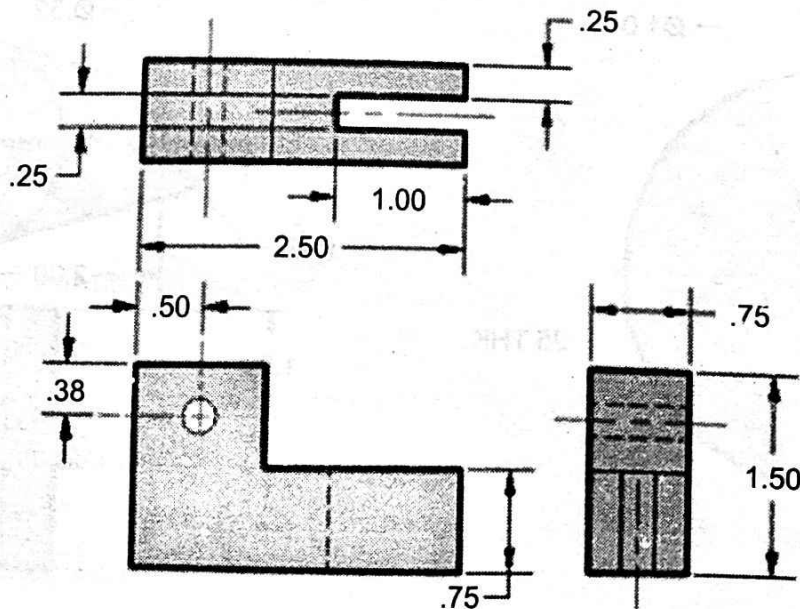
एक नए उत्पाद का उत्पादन करने के लिए, इसके सही आयामों (true dimensions) की जानकारी रखना आवश्यक है, और अधिकांश सचित्र चित्रों में सही आयामों को पर्याप्त रूप से प्रदर्शित नहीं किया जाता है। समझने के लिए, चित्र में एक चित्रमय परिप्रेक्ष्य चित्र दिया गया है। छवि में सही दूरियों को विकृत किया गया है, जबकि निर्माण और विनिर्माण में सही आयामों की आवश्यक होती है। चित्र दर्शाता है कि कैसे एक परिप्रेक्ष्य प्रक्षेपण (perspective projection) माप को विकृत करता है। ध्यान दें कि ब्लॉक के सामने के दृश्य में दो चौड़ाई आयाम लंबाई में भिन्न माप के दिखाई देते हैं। समान दूरी एक प्रति-रेखाचित्र पर समान नहीं दिखाई देती है।

चित्र में चित्रात्मक आकृतियों में, कोण भी विकृत हैं। सममितीय दृश्य (isometric view) में, समकोण  $90^\circ$  के रूप में नहीं दिखाए जाते हैं। तिरछे दृश्य में, केवल सामने की सतह और सामने की सतह के समानांतर सतह ही सही समकोण ( $90^\circ$ ) दिखाती है। सममितीय दृश्य (isometric view) और ओबलिक ड्राइंग (oblique drawings) में सामने के तल और सामने की सतह के समानांतर सतह को छोड़कर अन्य सतहों पर एक वृत्त, दीर्घवृत्त के रूप में दिखाई देता है। ऑब्जेक्ट की स्थिति बदलने से कुछ सतहों के विरूपण को कम किया जा सकता है। लेकिन सभी सतहों पर ऐसा नहीं किया जा सकता है।

**एक दृश्य ड्राइंग (One View Drawing)**—सरल बेलनाकार भाग की ड्राइंग बनाना वन व्यू ड्राइंग का उदाहरण है।

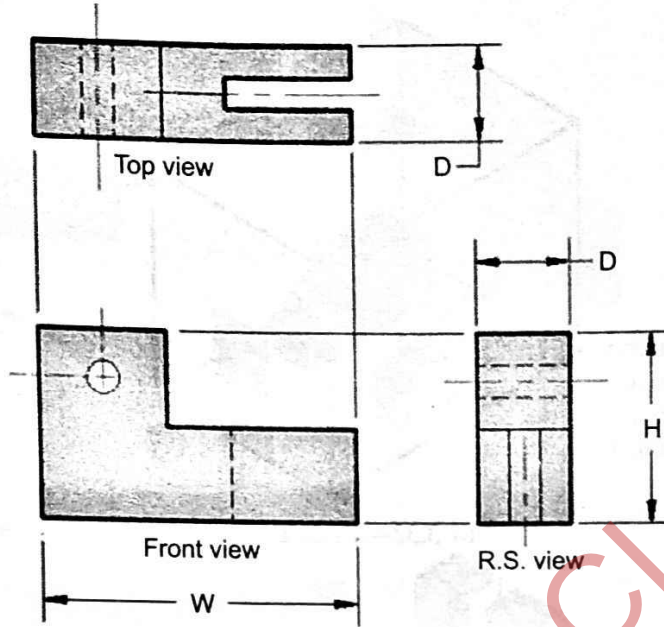
**दो दृश्य ड्राइंग (Two View Drawings)**— वस्तु जिन भागों को प्रदर्शित करने के लिए 2 दृश्य की आवश्यकता होती है, वे दो दृश्य ड्राइंग द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। वे वस्तुएं अनियमित सतहों वाले आयताकार या चौकोर आकार के हो सकते हैं।

**तीन दृश्य ड्राइंग (Three View Drawings)**—ऑर्थोग्राफिक ड्राइंग में बनाए जाने वाले दृश्यों के लिए सबसे अधिक उपयोग की जाने वाली व्यवस्था तीन व्यू ड्राइंग है।



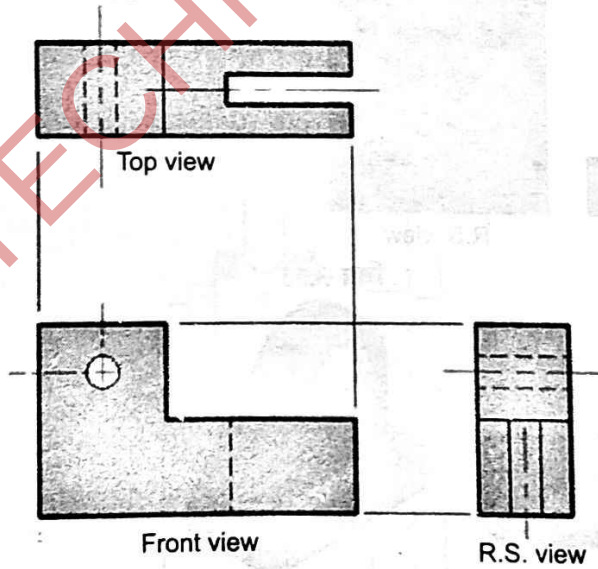
चित्र 3.29





चित्र 3.30—Arrangement of Views

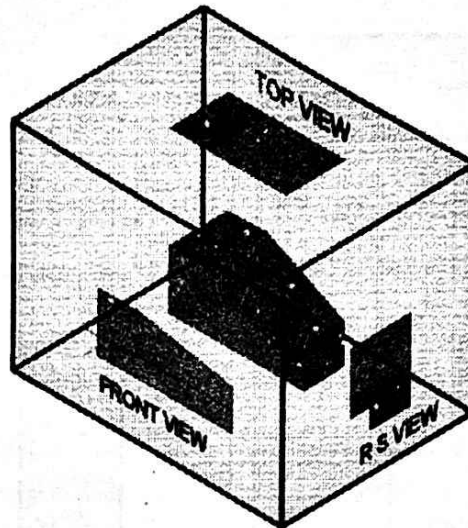
दाहिनी ओर की छवि एक तीन दृश्य ड्राइंग की मानक व्यवस्था प्रदर्शित करती है। सामने का दृश्य समान्यतः पहले बनाया जाता है फिर शीर्ष और पार्श्व दृश्य सामने के दृश्य से अनुमानित करके बनाए जाते हैं। शीर्ष दृश्य को सम्मुख दृश्य के ऊपर प्रक्षेपित किया जाता है और पार्श्व को सम्मुख दृश्य के दाईं ओर प्रक्षेपित किया जाता है। एक ड्राइंग पर दृश्यों के इस मानक अभिविन्यास का उपयोग करने के लिए वस्तु की ऊँचाई, चौड़ाई और गहराई निर्धारित करने में सक्षम होना चाहिए।



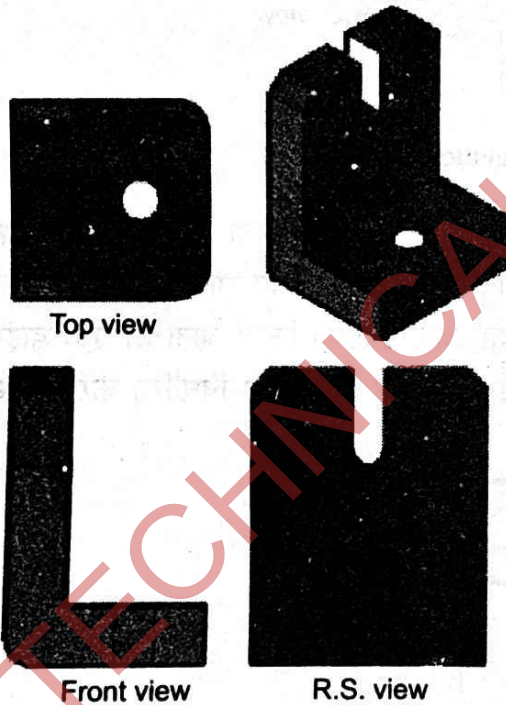
चित्र 3.31—View Placement

एक मानक मल्टीव्यू ड्राइंग दृश्य नीचे प्रदर्शित की गयी छवि के समान ड्राइंग बनाए जाते हैं। पहले सामने का दृश्य बनता है फिर ऊपर का दृश्य और फिर दाईं ओर का दृश्य बनाया जाता है। सभी दृश्य सामान्य तौर पर टाइटल ब्लॉक के बाईं ओर होते हैं।



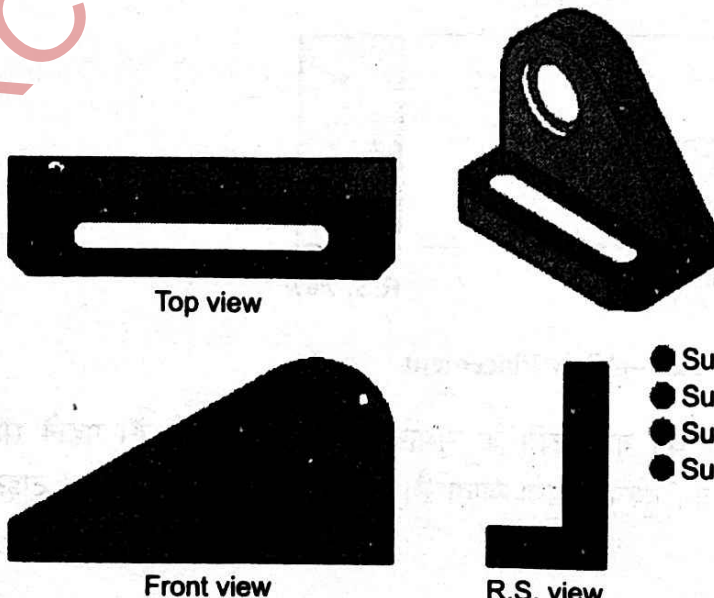


चित्र 3.32—Glass Box



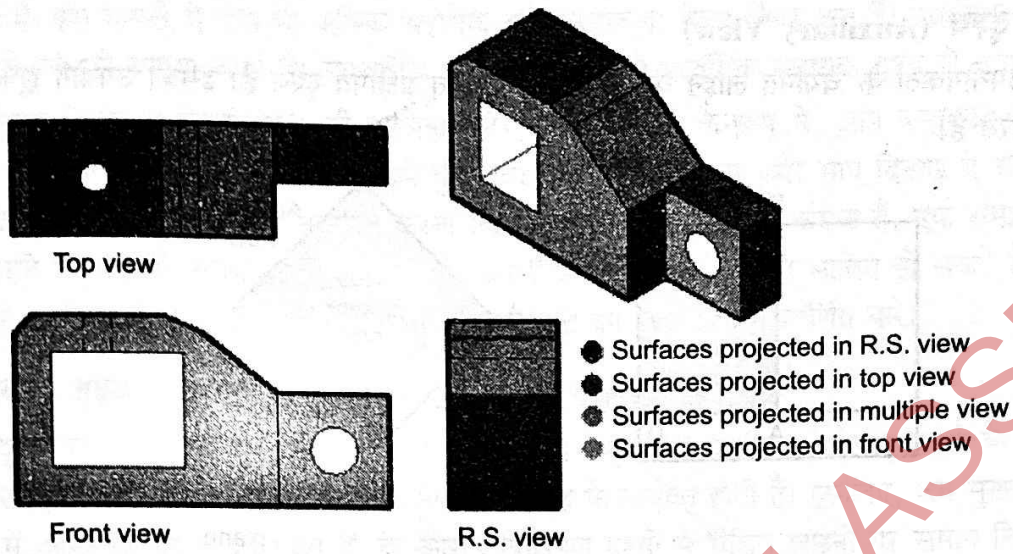
- Surfaces projected in R.S. view
- Surfaces projected in top view
- Surfaces projected in multiple view
- Surfaces projected in front view

चित्र 3.33



- Surfaces projected in R.S. view
- Surfaces projected in top view
- Surfaces projected in multiple view
- Surfaces projected in front view

चित्र 3.34

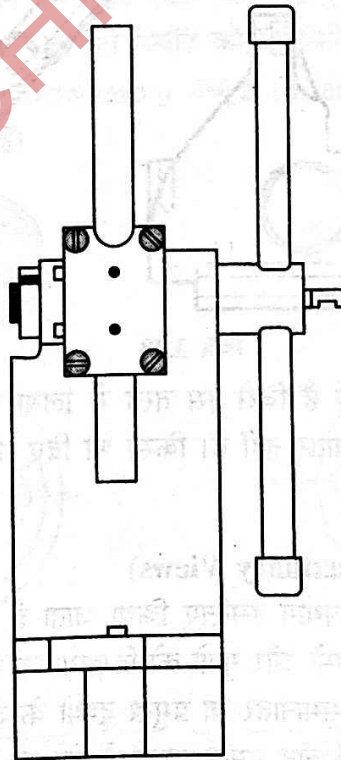


चित्र 3.35

### 3.4.2. प्रक्षेपित या अनुमानित दृश्य (Projected View)

ऑर्थोग्राफिक या आइसोमेट्रिक दृश्य, आधार दृश्य से उत्पन्न होता है। हम एक ही ड्राइंग में कई अनुमानित दृश्य बना सकते हैं। अनुमानित दृश्य के उन्मुखीकरण को निर्धारित करने के लिए मूल दृश्य के सापेक्ष कर्सर की स्थिति बताई जाती है।

अनुमानित दृश्य के लिए पैमाना (scale) और प्रदर्शन सेटिंग्स मूल दृश्य (parent view) से प्राप्त करते हैं। मूल दृश्य के साथ ऑर्थोग्राफिक अनुमानित दृश्य का संरेखण रखते हैं। इसमें सक्रिय प्रारूपण मानक (active drafting standard) पहले-कोण या तीसरे-कोण प्रक्षेपण (first-angle or third-angle प्रक्षेपण) को परिभाषित करता है।

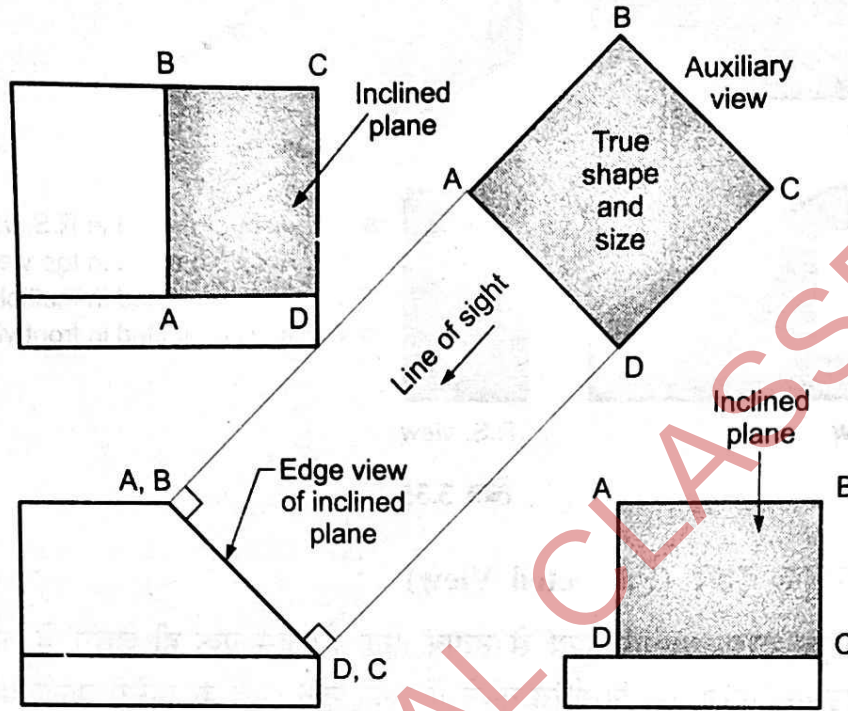


चित्र 3.36

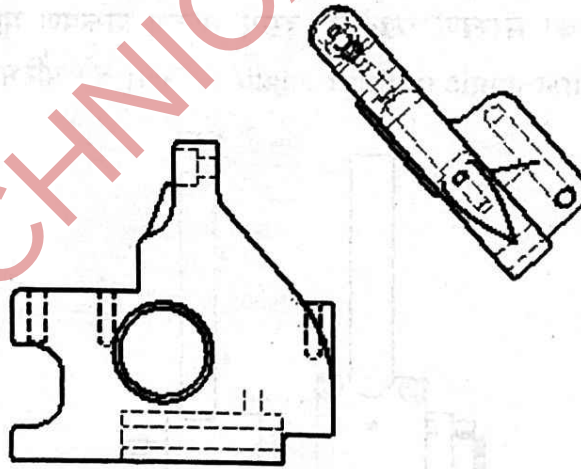


### 3.4.3. सहायक दृश्य (Auxiliary View)

सहायक दृश्य उपयोगकर्ता के चयनित लाइन या किनारे पर लंबवत् प्रक्षेपित दृश्य है। इसका उपयोग झुके हुए सतहों के प्रक्षेपण के लिए करते हैं।



चित्र 3.37—सहायक दृश्य (Auxiliary View)



चित्र 3.38

एक सहायक दृश्य एक ऑर्थोग्राफिक दृश्य है जिसे इस तरह से लिया जाता है कि दृष्टि की रेखाएं प्रमुख प्रक्षेपण दृश्यों (सम्मुख, क्षैतिज, या प्रोफाइल) के समानांतर नहीं हैं। किसी भी दिए गए ऑब्जेक्ट के संभावित सहायक दृश्यों की एक अनंत संख्या है।

#### 3.4.3-1 सहायक दृश्यों का उपयोग (Auxiliary Views)

सहायक दृश्यों (auxiliary views) का उपयोग इसलिए किया जाता है क्योंकि इंजीनियरिंग ड्राइंग बनाते समय यह आवश्यक है कि एक दृश्य में वस्तु के सभी आयामों और गुणों को दिखाया जा सके। वस्तु को आमतौर पर इस तरह से रखा जाता है कि प्रमुख सतह और विशेषताएं या तो समानांतर या प्रमुख दृश्यों के लंबवत् रहें। दृश्य सामान्य रूप से इस प्रकार चयन किए जाते हैं जिससे की अधिकांश विमाएं तीन प्रमुख दृश्यों में दिखाई दें। सामने, ऊपर और बाएँ या दाएँ पक्ष के दृश्य सबसे अधिक खींचे जाते हैं। कई वस्तुएं बहुत जटिल आकृति की होती हैं, और तीन प्रमुख दृश्य भाग की ज्यामिति को सर्वोत्तम रूप से प्रस्तुत नहीं कर सकते हैं। कुछ विशेषताएं उन दृश्यों में सही आकार और माप नहीं दिखाई दे सकती हैं, या



छिपी हो सकती हैं। इस मामले में एक या अधिक सहायक दृश्य समान्यतः तैयार किए जाते हैं। प्राथमिक सहायक दृश्यों को मुख्य दृश्यों में से एक से बनाया जाता है। माध्यमिक सहायक दृश्यों को प्राथमिक सहायक दृश्य से बनाया किया जाता है।

किसी निश्चित स्थिति में किसी वस्तु की कल्पना करें। एक पर्यवेक्षक के रूप में, आप वस्तु के चारों ओर घूमने के लिए स्वतंत्र हैं। आप वस्तु को देख सकते हैं जिससे कुछ विशेषताएं सही आकार और माप दिखाई दें सके। संभावित दृश्यों की संख्या अनंत है। ड्राइंग के लिए यह निर्धारित करना कि कौन से विचार उपलब्ध कराना है, एक समालोचनात्मक निर्णय है। कई दृश्य पढ़ने में परेशानी उत्पन्न कर सकते हैं और बनाने के लिए अधिक महंगे साबित हो सकते हैं। ऐसे दृश्य प्रदान करने चाहिए जो उत्पादन में सहायता करें और वस्तु की ज्यामिति का सही प्रारूप प्रदर्शित करें।

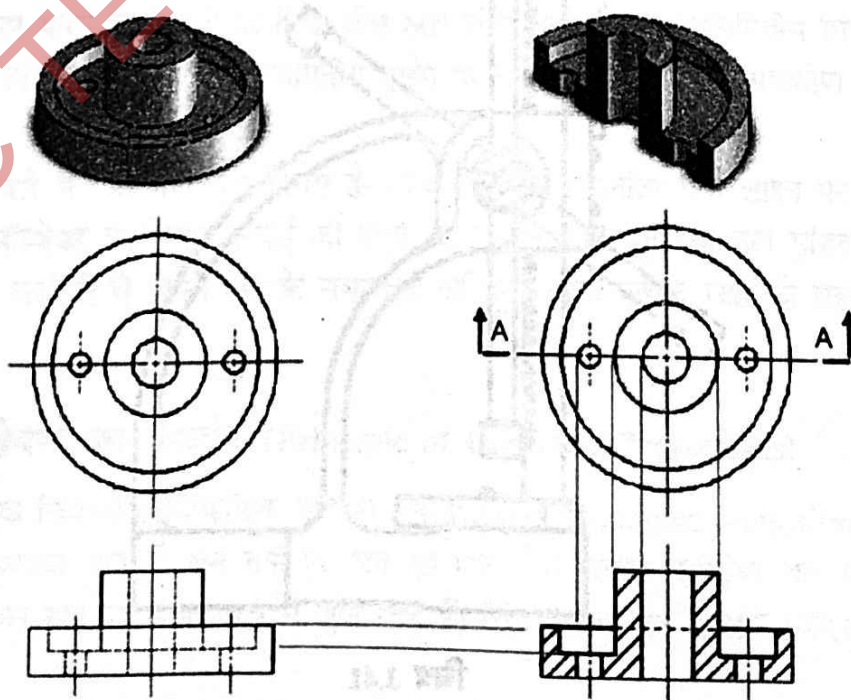
### 3.4.3-2 सहायक दृश्य खींचना (Drawing Auxiliary Views)

सहायक दृश्य को उन सतहों पर प्रक्षेपित किया जाता है जो प्रमुख ऑर्थोग्राफिक प्रक्षेपण सतहों के लिए वर्गीकृत होते हैं। दृष्टि की रेखाएं एक दूसरे के समानांतर और प्रक्षेपण के सतह के लंबवत होती हैं। इसलिए, जब मुख्य दृश्य से सटे एक सहायक दृश्य में ऑब्जेक्ट पर लाइनें पढ़ते हैं, तो आसन्न प्रिंसिपल दृश्यों में रीडिंग लाइनों पर समान नियम लागू होते हैं।

सहायक दृश्य का उपयोग करने के लिए एक दृश्य सतह के सही माप (true size) को दिखाने के लिए मौजूद होना चाहिए। प्राथमिक सहायक दृश्य में तिरछी सतह पर सही माप दिखाना संभव नहीं है। एक बार किसी दिए गए या निर्मित दृश्य को सतह पर एक रेखा के रूप में दिखाने के लिए इसकी पहचान की जाती है, तथा सतह को एक समांतर समतल पर प्रक्षेप करते हुए इसे सही माप दिखाया जाता है।

### 3.4.4. अनुभाग या खंड दृश्य (Section View)

इस दृश्य में एक रेखा को स्केच करके बनाया जाता है। वस्तु के किसी भाग या असेंबली के किसी भाग को काटकर दिखाने के लिए खंड दृश्य का इस्तेमाल करते हैं। जब हम दृश्य बनाते हैं तब कटिंग लाइन खींचते हैं, या मूल दृश्य (Base View) से संबंधित स्केच में से इसका चयन करते हैं। काटने की रेखा (Cutting Line) एक एकल खंड या कई खंड में हो सकती है। बेस व्यू के सापेक्ष अनुभाग दृश्य की स्थिति को प्रतिबिंबित करने के लिए स्वचालित रूप से मूल दृश्य (Base View) पर कटिंग लाइन का सिरा (arrowheads) उन्मुख (orient) होती है। क्रॉस हैचिंग, सेक्शन लाइन, और लेबल लाइन स्वचालित रूप से बनाए जाते हैं।

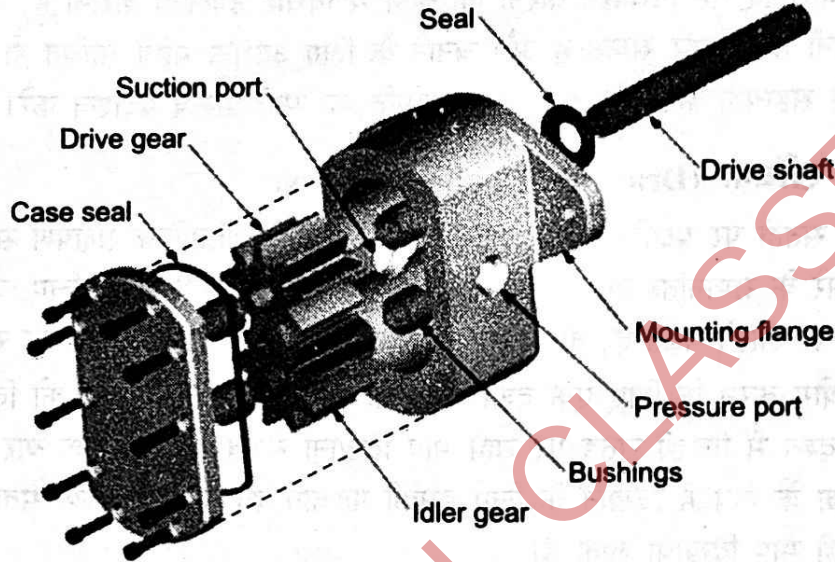


चित्र 3.39



### 3.4.5. विस्तार दृश्य (Detail View or Exploded View)

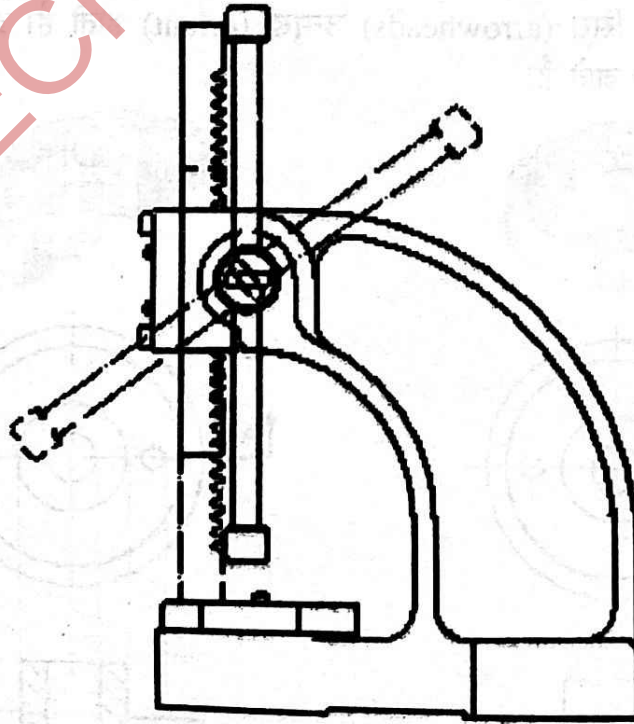
किसी ड्राइंग दृश्य के एक निर्दिष्ट हिस्से का एक बड़ा हुआ दृश्य विस्तार दृश्य कहलाता है। समान्यतः विस्तार दृश्य का पैमाना मूल दृश्य के पैमाने से दोगुना होता है, लेकिन हम किसी भी पैमाने को निर्दिष्ट (specify) कर सकते हैं। ड्राइंग के विस्तार के लिए या तो एक गोलाकार या आयताकार बाड़ (fence) सेट कर सकते हैं।



चित्र 3.40

### 3.4.6. ओवरले दृश्य (Overlay View)

यह एक ऐसा दृश्य है जिसमें कई भागों के संयुक्त अवयवों (assembly) को विभिन्न अवस्थाओं में दर्शाया जाता है। यह बेस, अनुमानित और सहायक दृश्यों के लिए उपलब्ध है। चित्र में ओवरले दृश्य को मूल दृश्य के शीर्ष पर बनाया गया है।



चित्र 3.41



### 3.4.7. मसौदा या ड्राफ्ट दृश्य (Draft View)

यह ड्राइंग फ़ाइल में 2D स्केच से बनाया गया एक दृश्य होता है। किसी वस्तु का एक ड्राफ्ट दृश्य रखा जा सकता है और संबंधित मॉडल के बिना एक ड्राइंग का निर्माण किया जा सकता है। इसकी सहायता से किसी मॉडल में से गायब हो चुकी ब्यौरे का विस्तार पुनः ज्ञात किया जा सकता है।

## 3.5 SW, SE, NE और आइसोमेट्रिक दृश्यों की अवधारणा (Concept of SW, SE, NE and Isometric Views)

### 3.5.1 चित्रात्मक प्रक्षेपण (Pictorial Projections)

चित्रात्मक प्रक्षेपण (Pictorial projections) को, दृश्यों (ideas) को प्रस्तुत करने के लिए उपयोग किया जाता है जो कि व्यक्तियों द्वारा आसानी से समझा जा सकता है जबकि उसे तकनीकी प्रशिक्षण और बहु-दृश्य ड्राइंग के ज्ञान न हो। पिक्टोरियल ड्राइंग में आंख को एक दृश्य में किसी वस्तु की कई फलकें दिखाई देती हैं।

अपने सामने किसी भी वस्तु को देखो। एक पेंसिल, रिमोट कंट्रोल, कंप्यूटर माउस, बॉबल-हेड गुड़िया, कॉफी कप, आदि देखें। अब इसे उल्टा कर दें, जब तक कि यह हमको तरीके से दिखाई न दे। अब इसे बगल में मोड़ो और देखो। हर बार जब हम इसे स्थानांतरित करते हैं तो उस वस्तु के एक अलग दृश्य को देख रहे होते हैं। हम गहराई और किनारों को देख सकते हैं। हम बता सकते हैं कि यह केवल एक तस्वीर नहीं है, बल्कि एक वास्तविक वस्तु है। हमारी आंखें हमको अपनी दुनिया की तीन आयामी वस्तुओं के कई संकेत देती हैं।

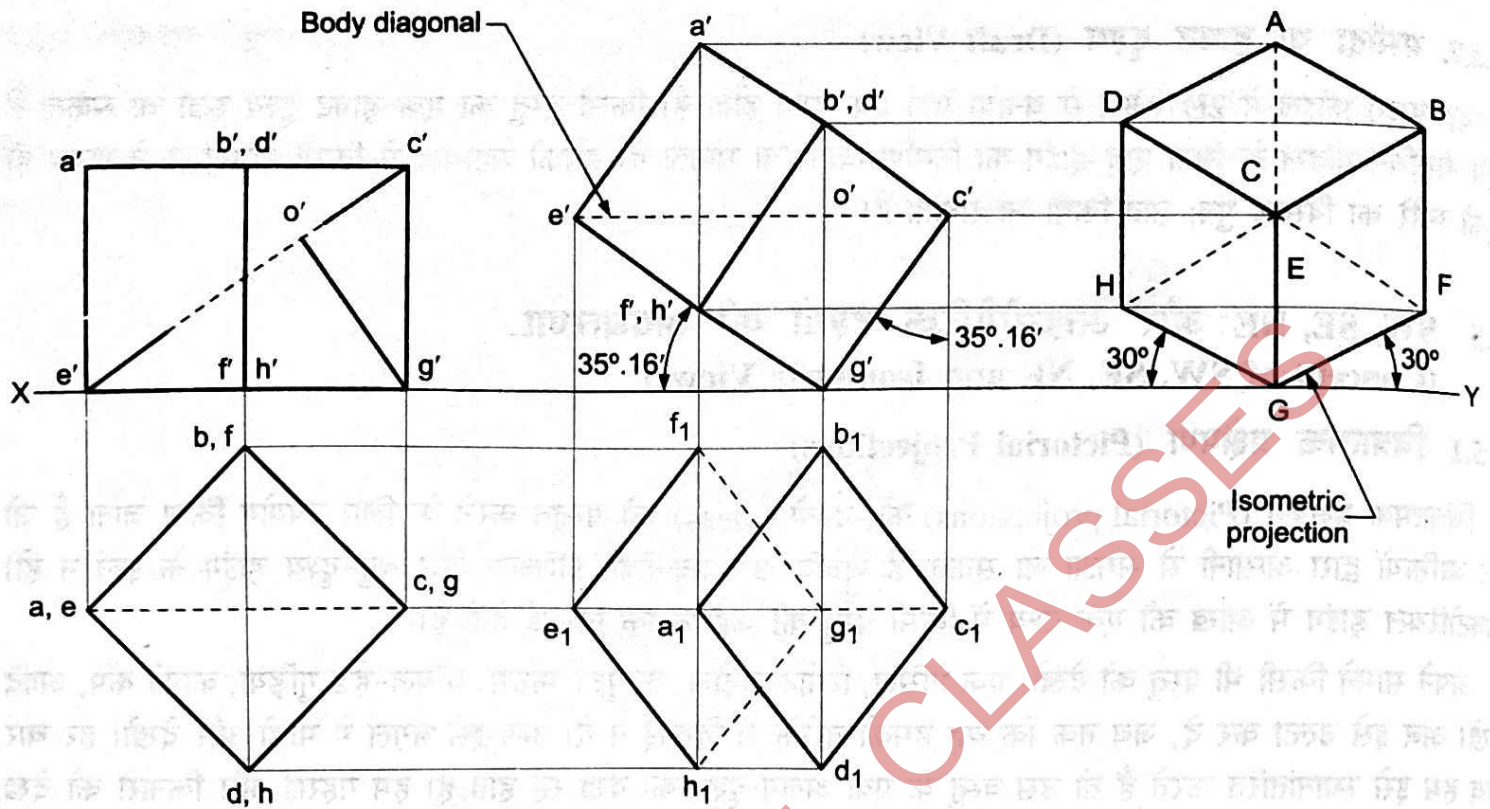
कागज के एक टुकड़े में केवल दो आयाम होते हैं क्योंकि यह सपाट है। यदि हम कागज के एक टुकड़े पर किसी वस्तु को बनाने का प्रयास करते हैं, तब हम देखेंगे कि खींची गई वस्तु को बनाना आसान नहीं है, क्योंकि इसमें लम्बाई, चौड़ाई के साथ गहराई भी है। इसे बनाने का एक तरीका सममितीय दृश्य का उपयोग करना है। वाईएच शब्द ग्रीक शब्द आइसो से लिया गया है, जिसका अर्थ है बराबर, और मीट्रिक, जिसका अर्थ है—माप। एक सममितीय दृश्य का उपयोग करते समय, हम ड्राइंग को तीन अक्षों के साथ जोड़ते हैं जो एक दूसरे से परस्पर  $120^\circ$  के कोण पर अलग होते हैं। माप के लिए दिशों स्थापित करने वाले तीन अक्ष, या दृश्य या अदृश्य दिशा-निर्देश, दोनों दिशाओं में कागज या स्क्रीन के किनारे तक सभी तरह का विस्तार करते हैं, जिससे अक्षों के बीच  $60^\circ$  कोण बनते हैं। एक सममितीय ड्राइंग में कई पंक्तियाँ अक्षों में से एक के समानांतर होंगी। समान्यतः एक सममितीय ड्राइंग पर तीन अक्षों के प्रत्येक समकोण कम से कम दो रेखाओं के साथ पंक्तिबद्ध होगा।

सममितीय ड्राइंग के बारे में एक महत्वपूर्ण नियम है—एक अक्ष के समानांतर एक लाइन पर प्रत्येक माप सही होगा। यह या तो ड्राइंग और ऑब्जेक्ट पर समान लंबाई की होगी, या यह मानचित्र या हवा-तल मॉडल पर स्केल के बिल्कुल पैमाने पर खींचा जाएगा। अक्षों में से किसी एक के समानांतर नहीं होने वाली प्रत्येक रेखा को सही माप या पैमाने पर नहीं खींचा जाएगा।

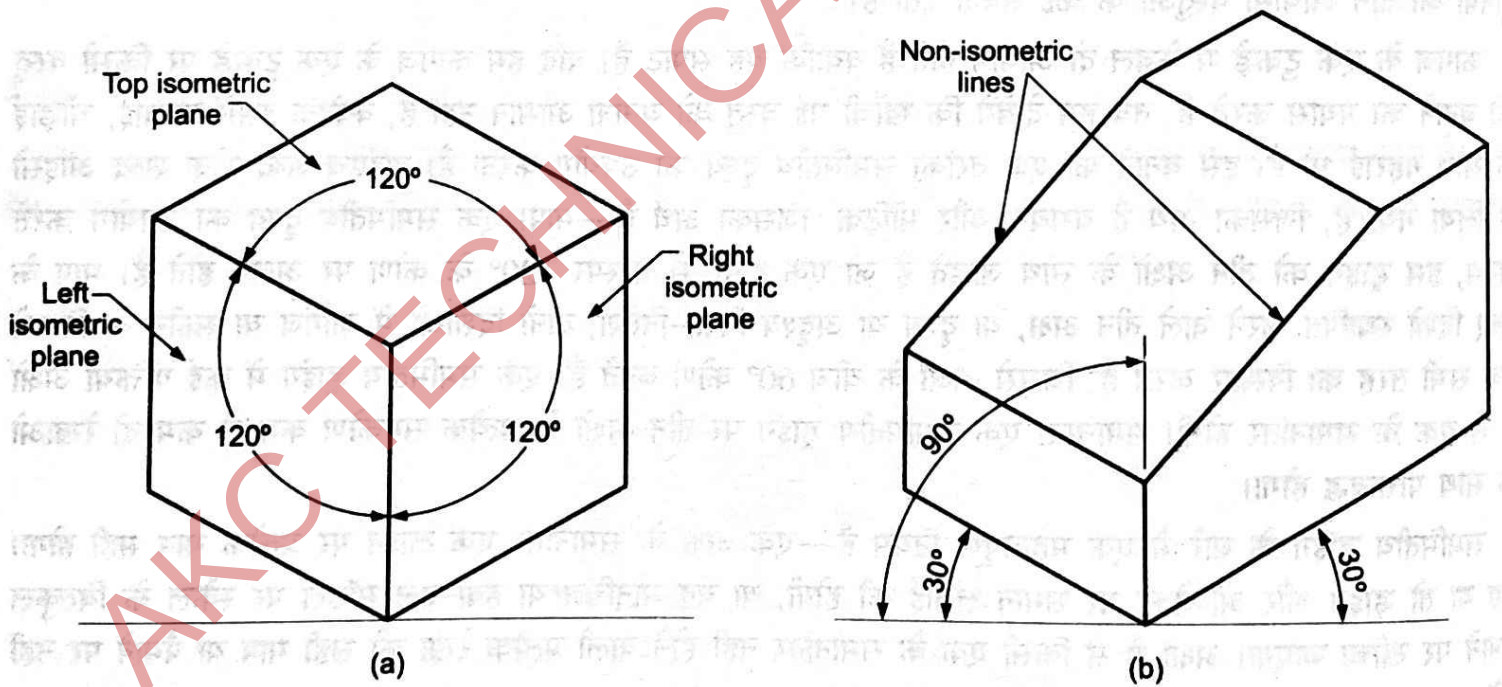
### 3.5.2 सममितीय प्रक्षेपण का सिद्धांत (Principle of Isometric Projections)

यह किसी वस्तु का एक चित्रमय ऑर्थोग्राफिक प्रक्षेपण (pictorial orthographic projection) है जिसमें एक चारदर्शी घन वस्तु को तब तक झुकाया जाता है जब तक कि घन का एक ठोस विकर्ण ऊर्ध्वाधर तल पर लंबवत् नहीं हो जाता और तीन अक्ष इस ऊर्ध्वाधर तल पर समान रूप से झुके रहते हैं। चित्र में एक घन ABCDEFGH का सममितीय प्रक्षेपण दिखाया गया है।





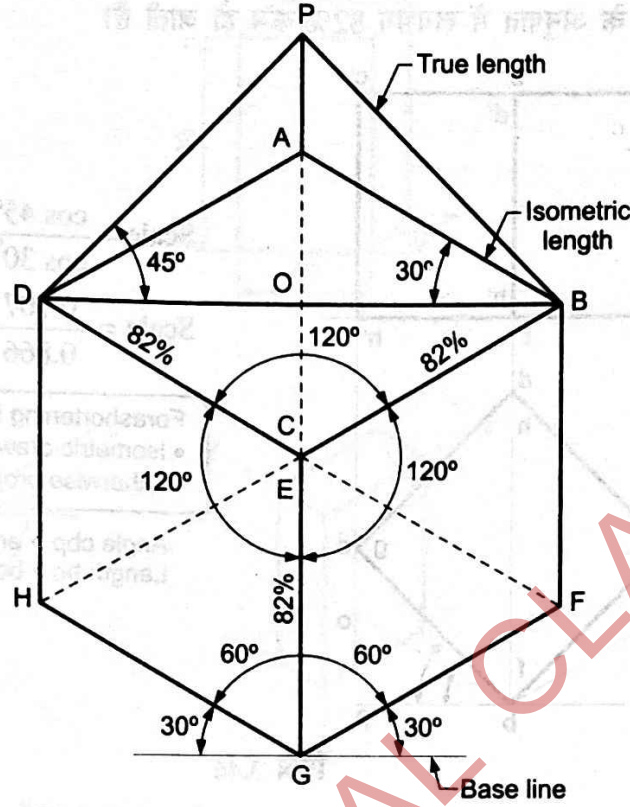
चित्र 3.42— Principle of Isometric Projection



चित्र 3.43—(a) An isometric drawing creates equal angles between the three principal planes and edges of an object. (b) An example of an isometric drawing with isometric and nonisometric lines.

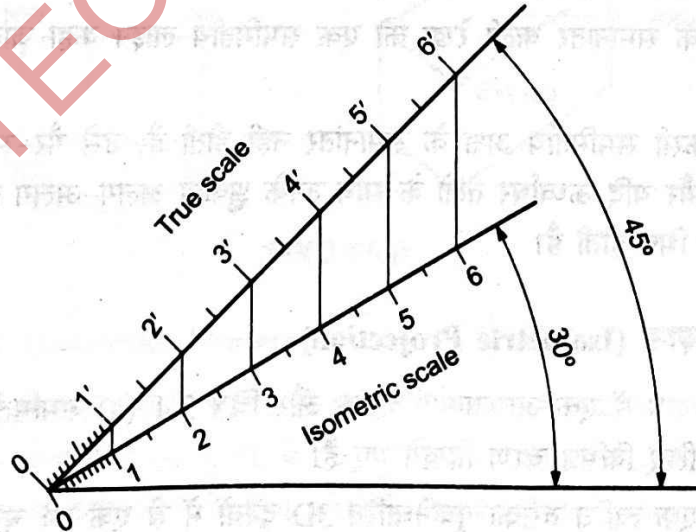
### 3.5.3 सममितीय स्केल (Isometric Scale)

चित्र 3.44 में दिखाए गए एक घन के सममितीय प्रक्षेपण में, शीर्ष फलक  $ABED$  पर्यवेक्षक (observer) से दूर ढलान पर है और इसलिए शीर्ष फलक के किनारों को सामने से देखने पर छोटा दिखाई देगा। त्रिभुज  $DAB$  का वास्तविक आकार त्रिभुज  $DPB$  द्वारा निर्मित होता है।



चित्र 3.44—An Isometric Cube

सममितीय स्केल आरेख के निर्माण से रेखा की लम्बाई कुछ कम होने की सीमा को आसानी से मापा जा सकता है। इसके लिए, त्रिकोण  $DPA$  को पुनः उत्पन्न करते हैं जैसा कि चित्र में दिखाया गया है।  $DP$  पर वास्तविक लंबाई के विचलन को चिह्नित करें। इन विभाजनों के माध्यम से  $DA$  पर संबंधित बिंदुओं को प्राप्त करने के लिए ऊर्ध्वाधर रेखों खींची जाती हैं। लाइन  $DA$  के विभाजन सममितीय पैमाने पर आयाम प्रदर्शित करते हैं।



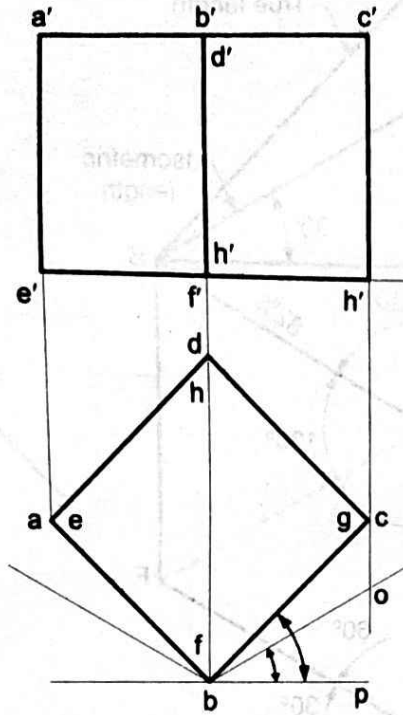
चित्र 3.45

चित्र 3.45 में त्रिभुज  $ADO$  और  $PDO$  से, सममितीय लंबाई का अनुपात वास्तविक लंबाई,

$$\frac{DA}{DP} = \frac{\cos 45^\circ}{\cos 30^\circ} = 0.816$$



सममितीय अक्षों 1 : 0.816 के अनुपात में लगभग 82% कम हो जाती हैं।



$$\text{Scale} = \frac{\cos 45^\circ}{\cos 30^\circ}$$

$$\text{Scale} = \frac{0.707}{0.866} = 0.816$$

Foreshortening is ignored  
• Isometric drawing.  
• Otherwise projection.

Angle cbp > angle obp  
Length bc > bo

चित्र 3.46

### 3.5.4 सममितीय प्रोजेक्शन में लाइनें (Lines in Isometric Projection)

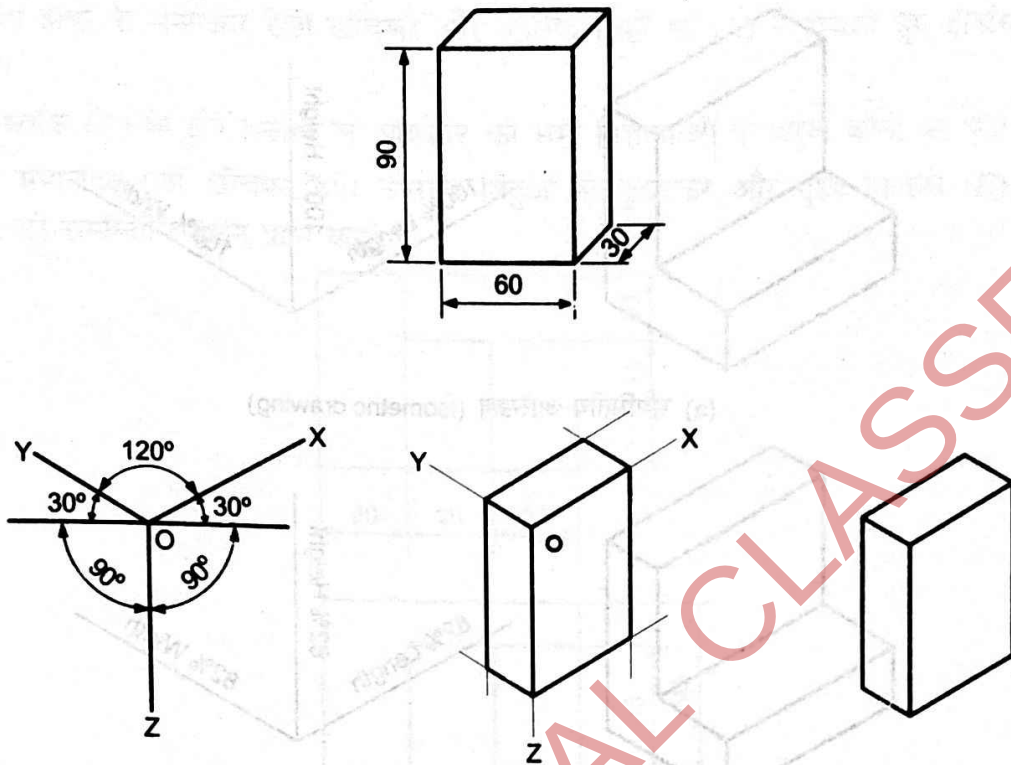
सममितीय प्रक्षेपण में रेखाओं के बीच के संबंध चित्र 3.46 से स्पष्ट हैं—

1. वे रेखाएँ जो वस्तु पर समानान्तर हैं, सममितीय प्रक्षेप में समानान्तर हैं।
2. सममितीय प्रक्षेप में वस्तु पर लंबवत् रेखाएँ लंबवत् दिखाई देती हैं।
3. वस्तु पर क्षैतिज रेखाएँ सममितीय प्रक्षेप में क्षैतिज के साथ 30° के कोण पर खींची जाती हैं।
4. एक सममितीय अक्ष के समानान्तर वाली रेखा को एक सममितीय लाइन कहा जाता है और इसे 82% तक छोटा बनाया जाता है।
5. एक ऐसी रेखा जो किसी सममितीय अक्ष के समानान्तर नहीं होती है, उसे गैर-सममितीय रेखा (non-isometric line) कहा जाता है और यदि ऊर्ध्वाधर तलों के साथ उनके झुकाव अलग-अलग हो तब गैर-सममितीय रेखाओं के अग्र-किनारे की सीमा भिन्न होती है।

### 3.5.5 सममितीय प्रोजेक्शन (Isometric Projection)

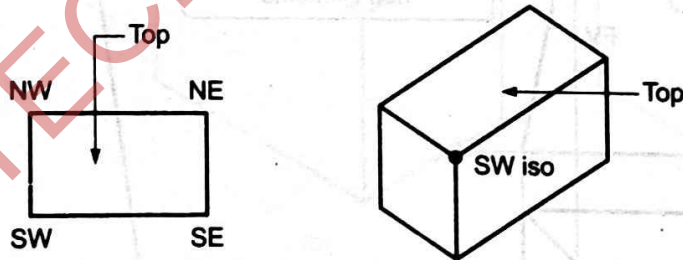
चित्र 3.47(a) चित्रात्मक रूप में एक आयताकार ब्लॉक और चित्र 3.47(a) सममितीय पैमाने का उपयोग करके एक सममितीय प्रक्षेपण ड्राइंग के लिए विभिन्न चरण दिखाये गए हैं।

एक दृश्य सेट करने का एक त्वरित तरीका पूर्वनिर्धारित 3D दृश्यों में से एक को चुनना है। हम नाम या विवरण द्वारा पूर्वनिर्धारित मानक ऑर्थोग्राफिक और सममितीय विचारों का चयन कर सकते हैं। ये दृश्य समान्यतः उपयोग किए जाने वाले विकल्पों का प्रतिनिधित्व करते हैं—शीर्ष (top), निचला (bottom), सम्मुख (front), बायाँ (left), दायाँ (right), और पीछे (back)। इसके अलावा, हम आइसोमेट्रिक विकल्पों: SW (दक्षिण-पश्चिम) Isometric, SE (दक्षिण-पूर्व) Isometric, NE (उत्तर-पूर्व) Isometric और NW (उत्तर-पश्चिम) Isometric से दृश्य सेट कर सकते हैं।



चित्र 3.47(a)—Developing Isometric Projection

यह समझने के लिए कि आइसोमेट्रिक दृश्य कैसे काम करता है, कल्पना करें कि आप एक बॉक्स के शीर्ष पर नीचे देख रहे हैं। यदि हम बॉक्स के निचले-बाएं कोने की ओर बढ़ते हैं, तब बॉक्स को SW Isometric दृश्य से देख रहे हैं। यदि हम बॉक्स के ऊपरी-दाएं कोने की ओर बढ़ते हैं, तो इसे NE Isometric View से देख रहे हैं।



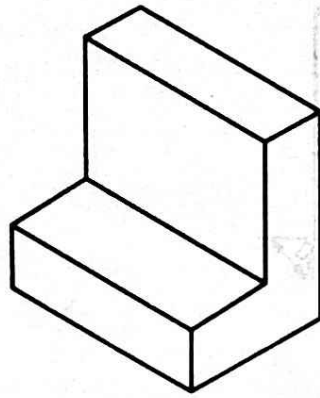
चित्र 3.47(b)

### 3.5.6 सममितीय आरेखण (Isometric Drawing)

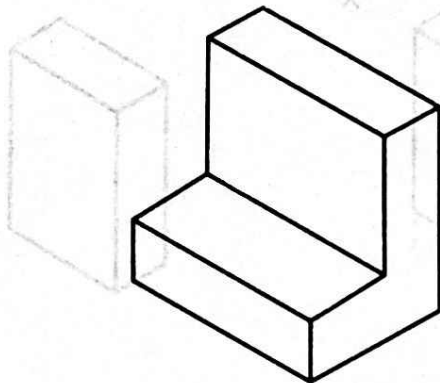
वस्तुओं का आरेखण सत्य सममितीय मापों में किंचित ही कभी खींचा जाता है, क्योंकि एक सममितीय पैमाने का उपयोग करना असुविधाजनक तथा कठिन होता है। इसके तुलना में एक सुविधाजनक विधि जिसमें वास्तविक लंबाई को छोटा करना अनदेखा किया जाता है और प्रक्षेप को प्राप्त करने के लिए वास्तविक लंबाई का उपयोग किया जाता है, इसे सममितीय ड्राइंग या सममितीय व्यू कहा जाता है। यह अधिक लाभप्रद है क्योंकि माप सीधे ड्राइंग से किया जा सकता है।

सममितीय आरेख विन्यास, सममितीय प्रक्षेपण की तुलना में कुछ बड़ा (लगभग 22%) होता है। चूंकि अनुपात समान हैं, इसलिए बड़ा हुआ आकार चित्रात्मक मूल्य के प्रतिनिधित्व को प्रभावित नहीं करता है और साथ ही, यह जल्दी से किया जा सकता है। चित्र 3.48 में सममितीय ड्राइंग और सममितीय प्रक्षेपण के बीच अंतर को दर्शाया गया है।



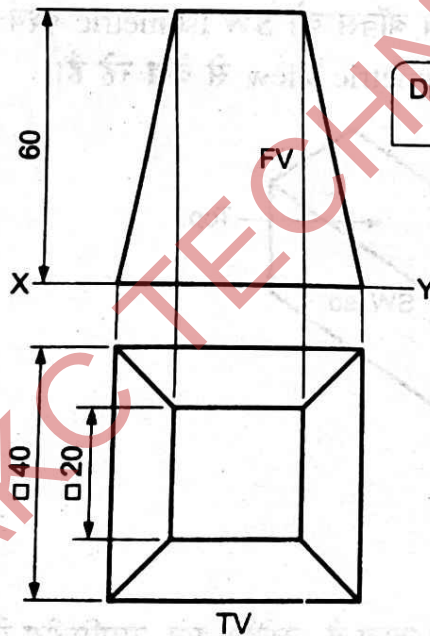


(a) सममितीय आरेखण (Isometric drawing)

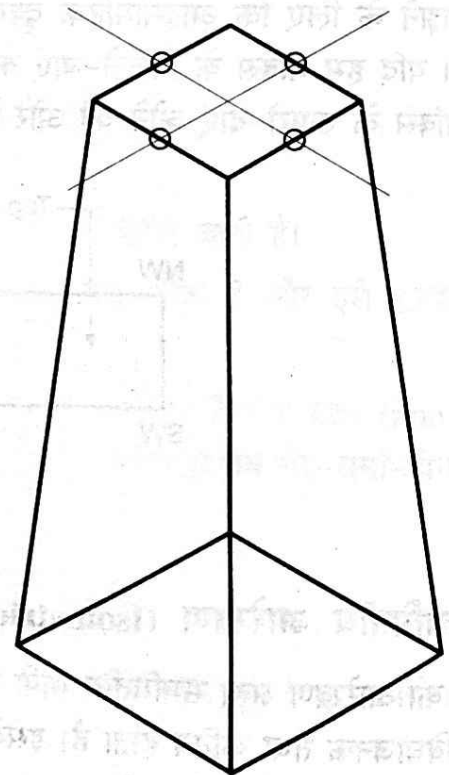


(b) सममितीय प्रक्षेपण (Isometric projection)

चित्र 3.48



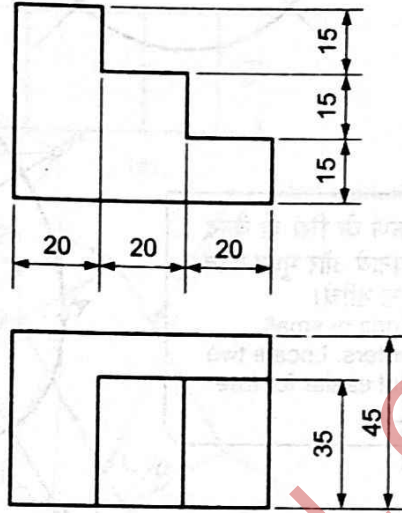
Draw isometric lines, then non-isometric



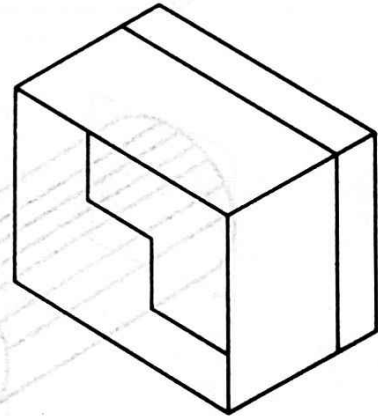
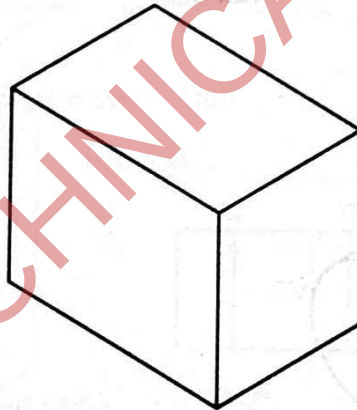
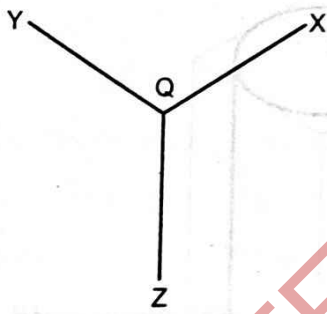
चित्र 3.49—सममितीय आरेखण (Isometric Drawing)

- ऑर्थोग्राफिक दृश्यों से सममितीय ड्राइंग बनाने के लिए निम्नलिखित पद अपनाए जाते हैं (चित्र 3.50)—
1. दिए गए दृश्यों का अध्ययन करते हैं और मुख्य आयामों और ऑब्जेक्ट की अन्य विशेषताओं पर ध्यान देते हैं।
  2. सममितीय अक्षों (A) को ड्रा करते हैं।
  3. सममितीय अक्षों (B) के साथ उनके सत्य माप मानों को चिह्नित करते हैं।

4. सममितीय अक्षों के समानांतर रेखों खींचकर और उपरोक्त चिह्नों को (E) से गुजरते हुए हाउसिंग ब्लॉक को पूरा करते हैं।
5. हाउसिंग ब्लॉक (D) के तीन फलक पर ऑब्जेक्ट की सभी विशेषताओं के प्रमुख कोनों का पता लगाते हैं।
6. अक्षों के समानांतर रेखों खींचकर और उपरोक्त बिंदुओं से गुजारकर और दृश्य किनारों (E) को काला करके ऑब्जेक्ट की सममितीय ड्राइंग प्राप्त करते हैं।



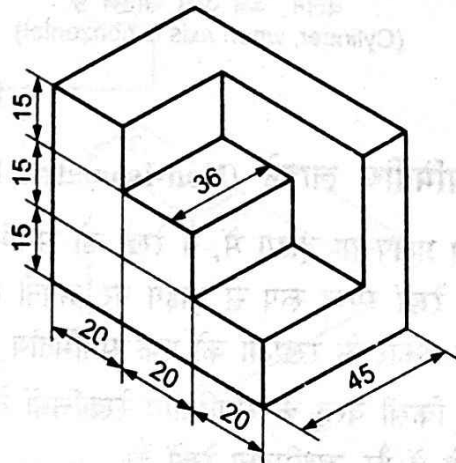
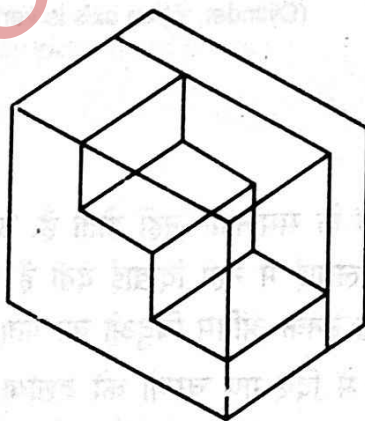
चित्र 3.50—Orthographic view



(a)

(b)

(c)



(d)

(e)

चित्र 3.51—सममितीय दृश्य (Isometric View)



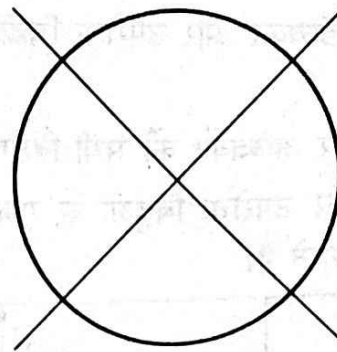
### वृत्त आरेखण (Drawing circles)??

दिया है: एक वृत्त का सम्मुख दृश्य  
(Given: A circle in FV)

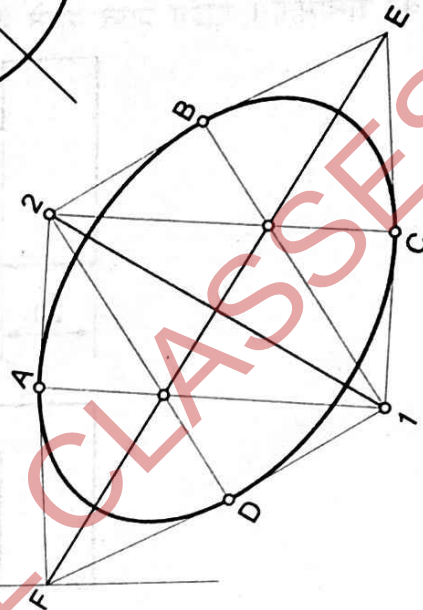
आवश्यकता है: सममितीय दृश्य  
Required: Isometric view.

पहले H और L अक्ष पर बने वर्ग  
में वृत्त को बन्द करें।  
(First enclose it in a square.  
use H and L axes)

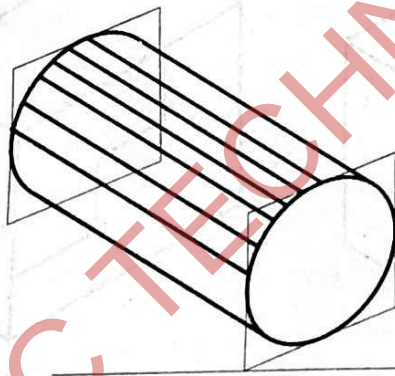
**चार-केन्द्र विधि:** छोटे विकर्ण के सिरे दो केन्द्र  
हैं। दो केन्द्र बड़े विकर्ण पर बनाये और मुक्त हस्त  
आरेखन द्वारा आसानी से आरेख खींचें।  
(Four-centre Method: Ends of small  
diagonal provides two centers. Locate two  
centers on longer diagonal easier for free  
hand sketching)



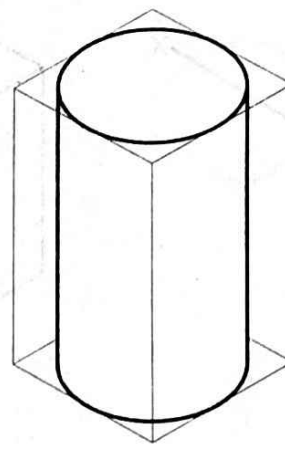
चार चाप के द्वारा दीर्घवृत्त बनाये  
(Ellipse is made of four arcs)



चित्र 3.52



बेलन, जब अक्ष क्षैतिज है  
(Cylinder, when axis is horizontal)



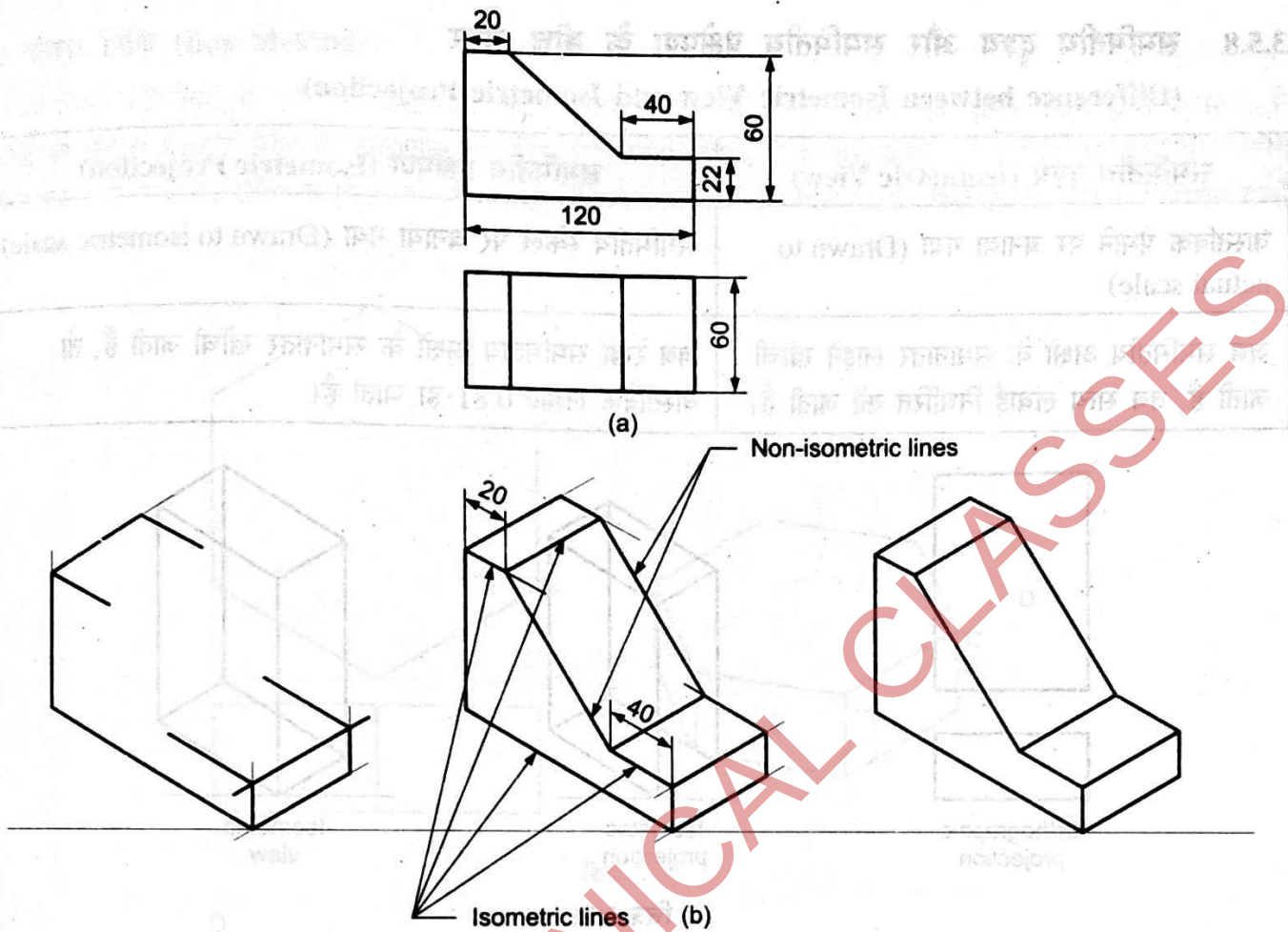
बेलन, जब अक्ष ऊर्ध्वाधर है  
(Cylinder, when axis is vertical)

चित्र 3.53

### 3.5.7 गैर-सममितीय लाइनें (Non-Isometric Lines)

एक सममितीय प्रक्षेप या ड्राइंग में, वे रेखों जो सममितीय अक्षों के समानांतर नहीं होती हैं, उन्हें गैर-सममितीय लाइनें कहा जाता है। ये रेखों स्पष्ट रूप से ड्राइंग पर अपनी वास्तविक लंबाई में नहीं दिखाई देती हैं तथा इसे सीधे मापा नहीं जा सकता है। इस प्रकार के रेखाओं को एक सममितीय प्रक्षेपण या उनके अंतिम बिंदुओं का पता लगाकर खींचा जाता है।

चित्र 3.54 में किसी वस्तु के सममितीय रेखाचित्रों के निर्माण में दिए गए चरणों को दर्शाया गया है जिसमें दिए गए ऑर्थोग्राफिक दृश्यों में गैर-ज्यामितीय रेखों हैं।

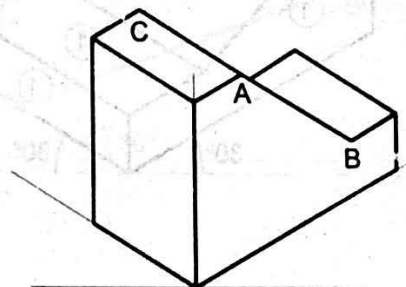
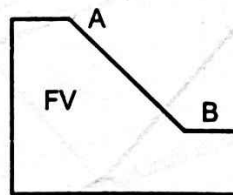
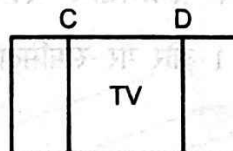


चित्र 3.54

### Nonisometric lines

Inclined lines (not parallel to isometric axes).

- Distorted (cannot be measured directly)
- Position and projected length must be established by locating end points.



चित्र 3.55—गैर सममितीय रेखाएँ (Nonisometric Lines)



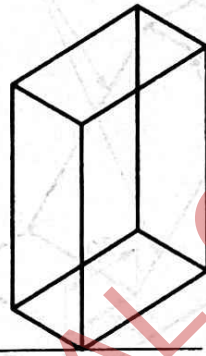
### 3.5.8 सममितीय दृश्य और सममितीय प्रक्षेपण के बीच अंतर

(Difference between Isometric View and Isometric Projection)

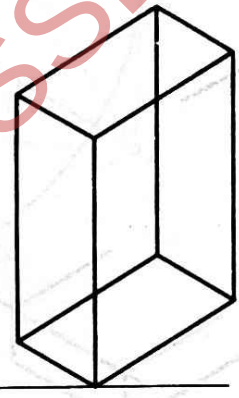
| सममितीय दृश्य (Isometric View)                                                           | सममितीय प्रक्षेपण (Isometric Projection)                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| वास्तविक पैमाने पर बनाया गया (Drawn to actual scale)                                     | सममितीय स्केल पर बनाया गया (Drawn to isometric scale)                                  |
| जब सममितीय अक्षों के समानांतर लाइनें खींची जाती हैं, तब सत्य लंबाई निर्धारित की जाती है। | जब रेखों सममितीय अक्षों के समानांतर खींची जाती हैं, तो वास्तविक लंबाई 0.81 हो जाती है। |



Orthographic projection



Isometric projection

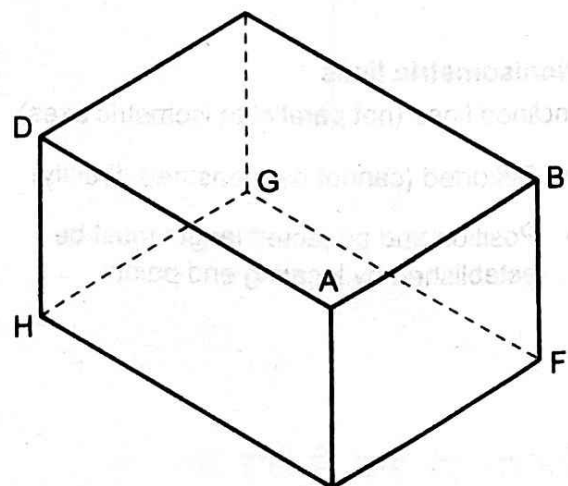
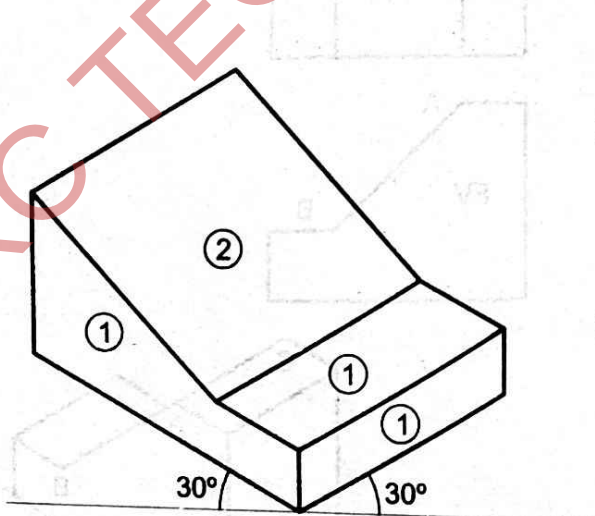


Isometric view

चित्र 3.56

### 3.5.9 सममितीय प्लेन और गैर-सममितीय प्लेन (Isometric Plane and Non-Isometric Plane)

चित्र 3.57 में सममितीय तलों को 1 और गैर-सममितीय तलों को 2 के रूप में चिह्नित किया गया।



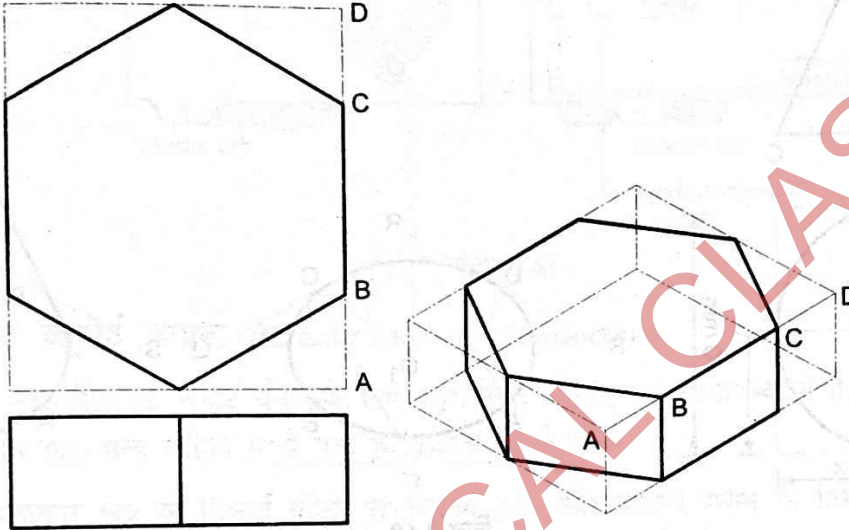
चित्र 3.57

### 3.5.10 सममितीय ड्राइंग के निर्माण की विधि (Methods of Constructing Isometric Drawing)

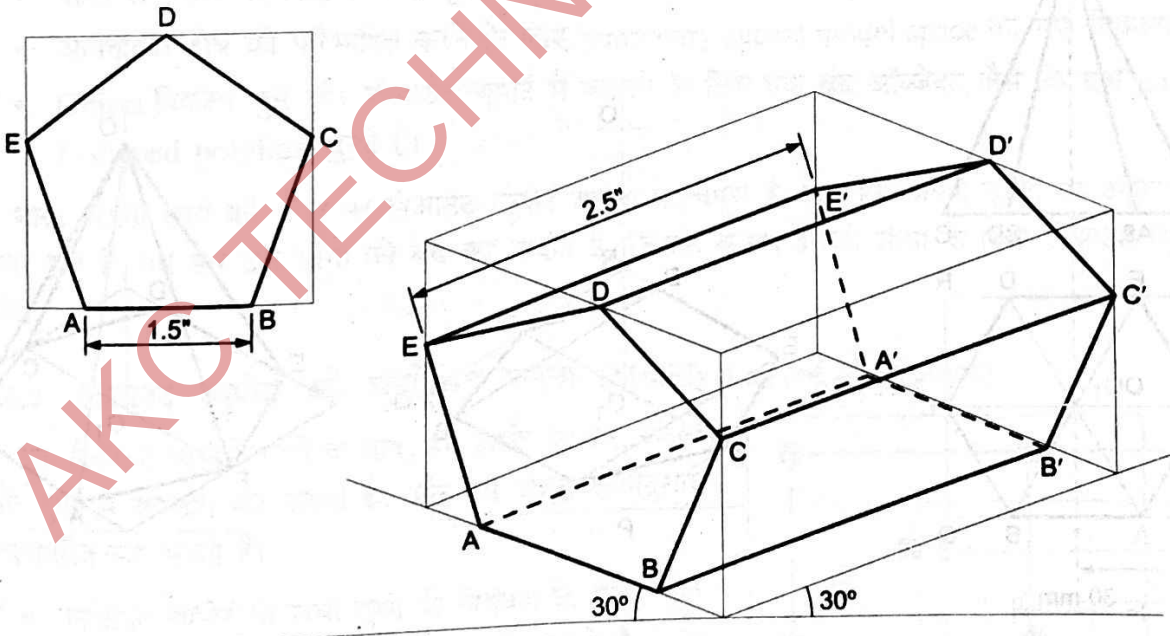
- बॉक्स विधि (Box method)
- ऑफ-सेट विधि (Off-set method)

### A. बॉक्स विधि (Box Method)

जब किसी ऑब्जेक्ट में कई गैर-सममितीय लाइनें होती हैं, तब सममितीय ड्राइंग को बॉक्स विधि द्वारा आसानी से बनाया जा सकता है। इस विधि में, ऑब्जेक्ट को एक आयताकार बॉक्स में संलग्न करने की कल्पना करते हैं और दोनों सममितीय और गैर-सममितीय लाइनें बॉक्स के सतहों और किनारों के संपर्क के अपने संबंधित बिंदुओं द्वारा स्थित होती हैं। (चित्र. 3.58)



चित्र 3.58



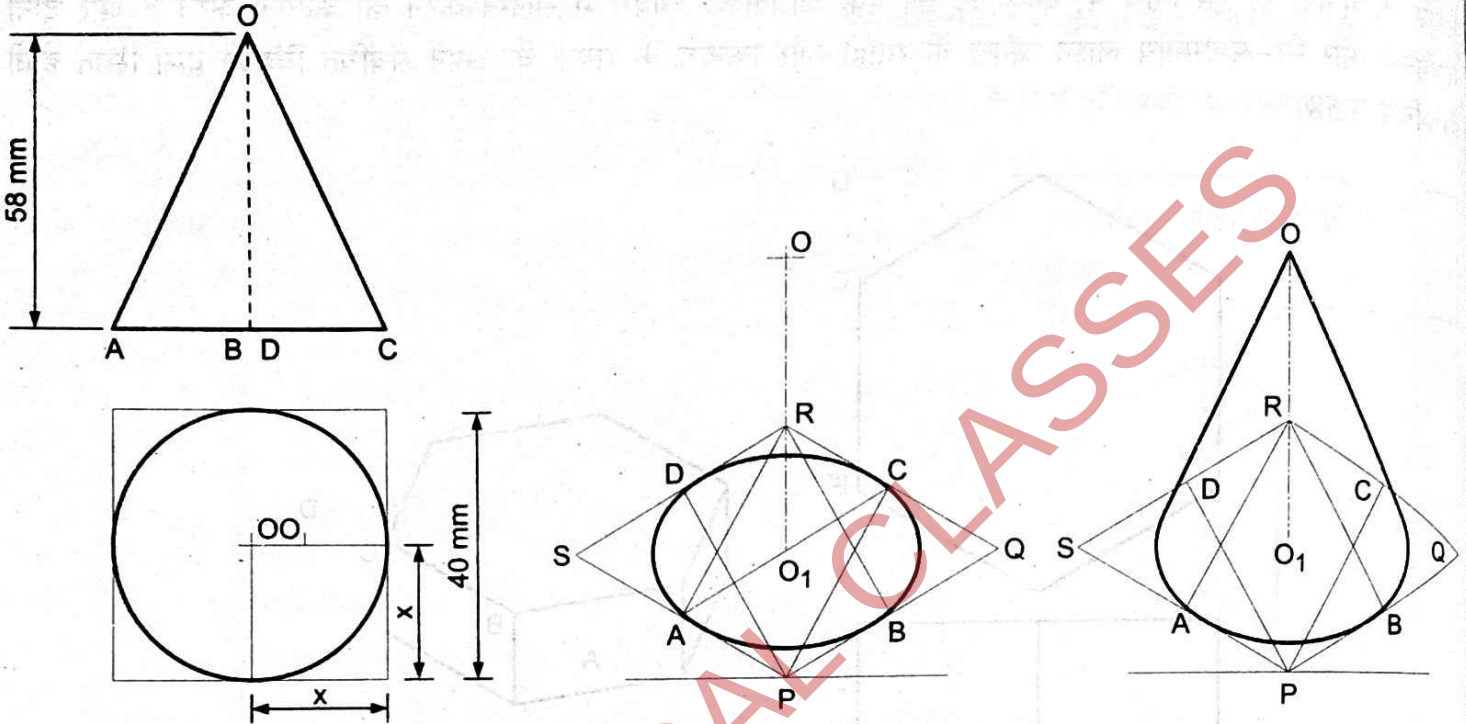
चित्र 3.59

### B. ऑफसेट विधि (Offset Method)

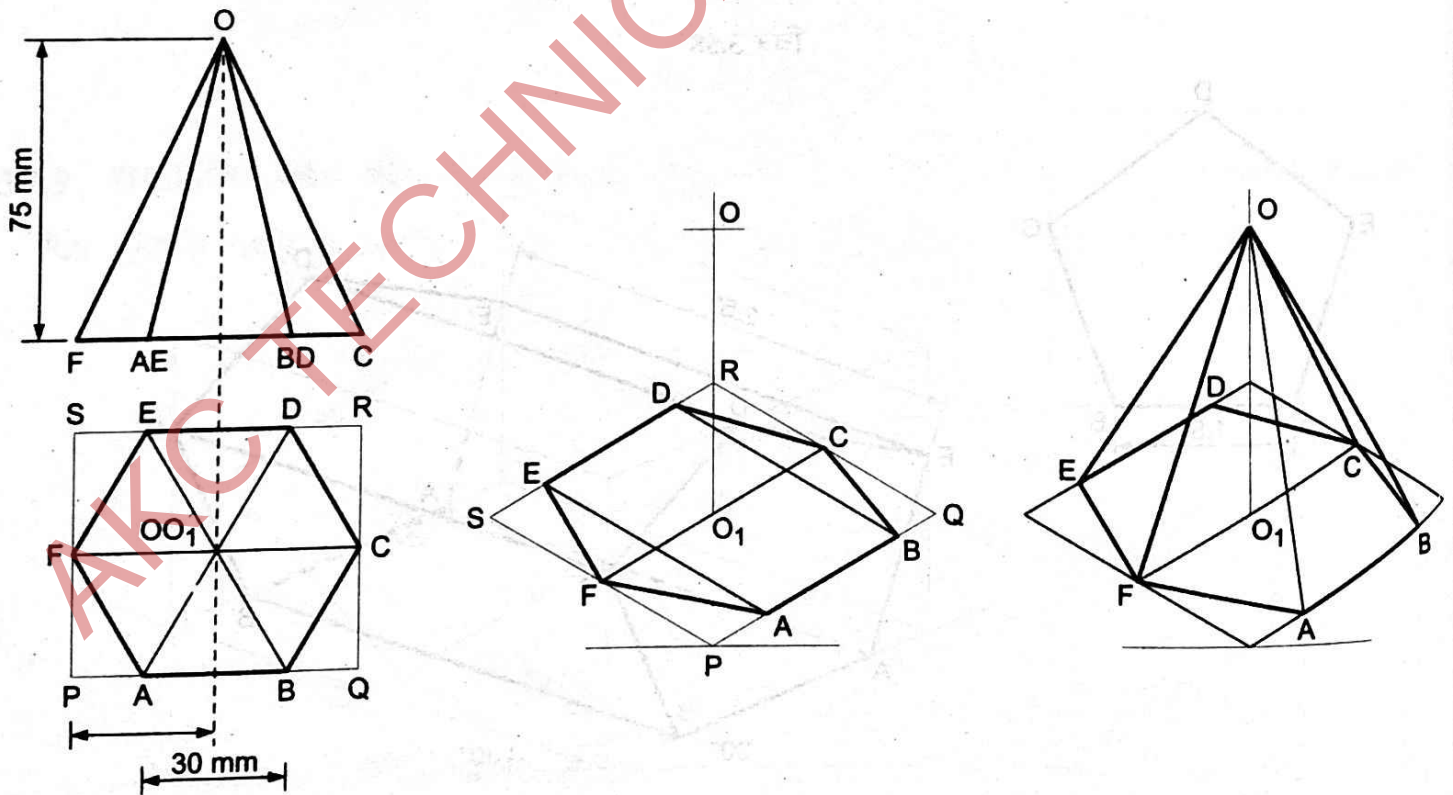
जब कोई वस्तु विभिन्न कोणों पर झुके तलों से बनी होती है, तब किनारों के सिरों को ऑफसेट विधि द्वारा या फिर बॉक्सिंग विधि द्वारा बनाना बेहतर होता है। जब ऑफसेट विधि का उपयोग किया जाता है, तब प्रत्येक को एक आइसोमेट्रिक



संदर्भ से लंबवत् बढ़ाया जाता है। ये लंबवत् रेखों, जो कि सममितीय रेखों हैं, सममितीय निर्देशांक द्वारा आरेखण पर स्थित होती हैं। चित्र 3.60 में ऑर्थोग्राफिक दृश्य से आइसोमेट्रिक पैमाने पर वस्तु की ड्राइंग बनाई गई है।



चित्र 3.60

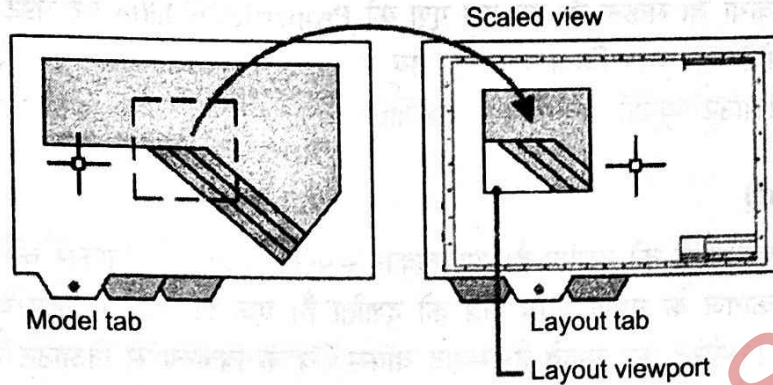


चित्र 3.61

### 3.6 लेआउट व्यू-पोर्ट (Layout Viewports)

लेआउट व्यूपोर्ट वे ऑब्जेक्ट हैं जो मॉडल स्पेस के दृश्य प्रदर्शित करते हैं। हम एक लेआउट पर पेपर स्पेस में व्यू-पोर्ट बनाते हैं, स्केल करते हैं और उन्हें सुरक्षित करते हैं। प्रत्येक लेआउट पर, हम एक या अधिक लेआउट व्यूपोर्ट बना सकते हैं।

हैं। प्रत्येक लेआउट व्यूपोर्ट उस पैमाने और अभिविन्यास पर मॉडल के दृश्य के एक बंद सर्किट टीवी मॉनिटर की तरह है जिसे हम निर्दिष्ट करते हैं।



चित्र 3.62

### 3.6.1 लेआउट व्यूपोर्ट बनाना (Create Layout Viewports)

जब हम एक नया लेआउट व्यूपोर्ट बनाने के लिए MVIEW कमांड का उपयोग करते हैं, तब हम उस दृश्य को निर्दिष्ट करते हैं, जिसे हम कई अन्य तरीकों में से एक में दिखाना चाहते हैं—

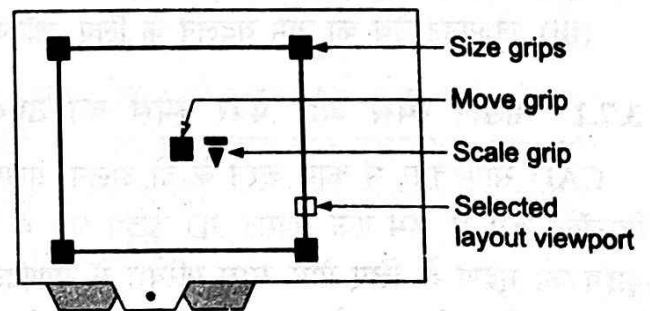
- एक आयताकार क्षेत्र के विकर्ण कोनों पर क्लिक करें, और मॉडल स्थान के विस्तार स्वतः (automatically) प्रदर्शित होते हैं।
- पहले से सहेजे गए मॉडल-स्पेस दृश्य का उपयोग करने के लिए नामांकित विकल्प निर्दिष्ट करते हैं।
- आयताकार क्षेत्र को परिभाषित करने के लिए temporary access model space का नया विकल्प निर्दिष्ट करें।
- Object विकल्प चुनें और लेआउट व्यूपोर्ट में बदलने के लिए एक बंद ऑब्जेक्ट जैसे कि एक circle या closed L-shaped polyline चुनें हैं।

**नोट:** अपनी स्वयं की सीमा पर लेआउट व्यूपोर्ट बनाना महत्वपूर्ण है। जब हम अपनी ड्राइंग का आउटपुट देने के लिए तैयार होते हैं, तब हम उस सीमा को बंद कर सकते हैं, जिसके कारण इसकी सीमा के बिना लेआउट व्यूपोर्ट प्रदर्शित हो सके।

### 3.6.2 लेआउट व्यूपोर्ट को संशोधित करना (Modify Layout Viewports)

एक लेआउट व्यूपोर्ट बनाने के बाद, हम इसके आकार, स्केल और गुणों में बदलाव कर सकते हैं, और इसे आवश्यकतानुसार स्थानांतरित कर सकते हैं।

- लेआउट व्यूपोर्ट के सभी गुणों के नियंत्रण के लिए, गुण पैलेट (Properties palette) का उपयोग करते हैं।
- सबसे सरल परिवर्तनों के लिए, एक लेआउट व्यूपोर्ट का चयन करते हैं और इसके ग्रिप्स का उपयोग करते हैं।



चित्र 3.63

**नोट:** ऑब्जेक्ट्स के लिए हम लेआउट व्यूपोर्ट पर एडिटिंग कमांड्स जैसे COPY, MOVE और ERASE का उपयोग भी कर सकते हैं।

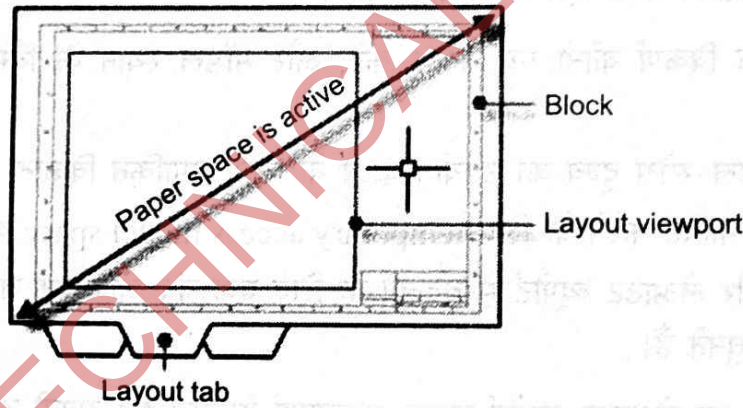


### 3.6.3 लॉक्ड लेआउट व्यूपोर्ट (Locked Layout Viewports)

आकस्मिक पैनिंग और जूमिंग को रोकने के लिए, प्रत्येक लेआउट व्यूपोर्ट में डिस्प्ले लॉक करने का गुण (property) होता है जिसे चालू या बंद किया जा सकता है। हम इस गुण को Properties palette पर राइट-क्लिक करके उपयोग कर सकते हैं। जब लेआउट व्यूपोर्ट का चयन किया जाता है, तब रिबन पर लेआउट व्यूपोर्ट टैब पर एक बटन बना होता है, और जब एक या अधिक लेआउट व्यूपोर्ट चुने जाते हैं तब status bar पर एक बटन बना होता है।

### 3.7 लेआउट (Layout)

लेआउट टैब पेपर स्पेस वातावरण को दर्शाता है। आयताकार रूपरेखा कागज के आकार को इंगित करता है। कागज के भीतर प्रदर्शित मार्जिन रेखा कागज के मुद्रण योग्य क्षेत्र को दर्शाता है। एक लेआउट में, हम व्यूपोर्ट ऑब्जेक्ट्स को बना सकते हैं और इसकी स्थिति निर्धारित कर सकते हैं। संवाद बॉक्स टैब के विकल्प से लेआउट में पेपर पृष्ठभूमि के प्रदर्शन को नियंत्रित किया जा सकता है। जब आप एक लेआउट का चयन करते हैं, पेज सेटअप संवाद बॉक्स स्वचालित रूप से पहली बार प्रदर्शित होता है जिसकी सहायता से भी पेपर पृष्ठभूमि के प्रदर्शन को नियंत्रित किया जाता है। शीर्षक ब्लॉक या अन्य ज्यामिति अयवय जोड़ सकते हैं। ड्राइंग के विभिन्न दृश्यों को प्रदर्शित करने के लिए एक ड्राइंग में कई लेआउट बना सकते हैं। प्रत्येक दृश्य में अलग अलग प्लॉट स्केल और पेपर आकार हो सकते हैं। प्रत्येक लेआउट ड्राइंग को प्रदर्शित करता है जैसा कि यह कागज की शीट पर प्लॉट किया गया हो।



चित्र 3.64—लेआउट (Layout)

एक से अधिक लेआउट बनाने के लिए निम्नलिखित चरण से गुजरना होता है—

- लेआउट टैब पर, शॉर्टकट मेनू प्रदर्शित करने के लिए राइट-क्लिक करें।
- शॉर्टकट मेनू से, नया लेआउट चुनें।
- लेआउट टैब का नाम बदलने के लिए, शॉर्टकट मेनू से नाम बदलें।

#### 3.7.1 मॉडल स्पेस और पेपर स्पेस का उपयोग करना (Using Model Space and Paper Space)

CAD सॉफ्टवेयर में काम करने के दो अलग-अलग परिवेश हैं, जिन्हें 'मॉडल स्पेस' और 'पेपर स्पेस' कहा जाता है। डिफॉल्ट रूप से, हम एक सीमित 3D ड्राइंग क्षेत्र में काम करना शुरू करते हैं जिसे मॉडल स्पेस कहा जाता है। तैयार ड्राइंग को मुद्रण के लिए पेपर स्पेस परिवेश में संपादित किया जाता है। पेपर स्पेस परिवेश में शीर्षक ब्लॉक और नोट्स के साथ विभिन्न लेआउट सेट कर सकते हैं; और प्रत्येक लेआउट पर, लेआउट व्यूपोर्ट बना सकते हैं जो मॉडल के विभिन्न दृश्य प्रदर्शित करते हैं। लेआउट व्यूपोर्ट में, आप पेपर स्पेस के सापेक्ष मॉडल स्पेस व्यू को स्केल करते हैं। पेपर स्पेस में एक इकाई कागज की एक शीट पर या तो मिलीमीटर या इंच में वास्तविक दूरी का प्रतिनिधित्व करती है, यह इस बात पर निर्भर करती है कि पेज सेटअप को कैसे समायोजित किया गया है।



ड्राइंग को प्लॉट करने के लिए लेआउट वातावरण में निम्नलिखित प्रक्रिया से गुजरना पड़ता है—

- (i) एक मॉडल ड्राइंग बनाएं।
- (ii) एक प्लॉटिंग डिवाइस को कॉन्फ़िगर करें।
- (iii) एक लेआउट बनाएं या सक्रिय करें।
- (iv) लेआउट पेज सेटिंग्स निर्दिष्ट करें जैसे, प्लॉटिंग डिवाइस, पेपर साइज, प्लॉट एरिया, प्लॉट स्केल और ड्राइंग ओरिएंटेशन।
- (v) शीर्षक ब्लॉक डालें।
- (vi) प्लॉटिंग व्यूपोर्ट बनाएं और उन्हें लेआउट में रखें।
- (vii) प्लॉटिंग व्यूपोर्ट का व्यू स्केल सेट करें।
- (viii) जरूरत के अनुसार लेआउट में ज्यामिति को बनाएं।
- (ix) अपना लेआउट प्लॉट करें।

### 3.7.2 मॉडल स्पेस और पेपर स्पेस के बीच स्विच करना

(Switching Between Model Space and Paper Space)

लेआउट और प्लॉटिंग व्यूपोर्ट तैयार हो जाने पर, मॉडल टैब या लेआउट टैब में ड्राइंग पर काम करना जारी रखा जा सकता है। लेआउट पृष्ठ को एक अलग आकार के पेपर में बदलने के लिए सेटिंग किया जाता है। मॉडल टैब को चालू करने के लिए, मॉडल टैब चुनें या कमांड लाइन में model दर्ज करें। मॉडल टैब से पेपर स्पेस में जाने के लिए लेआउट 1 टैब चुनें। किसी व्यूपोर्ट को करंट व्यूपोर्ट बनाकर, एक लेआउट में रहते हुए, आप पेपर या मॉडल स्पेस में काम कर सकते हैं। व्यूपोर्ट को करंट व्यूपोर्ट बनाने के लिए, पॉइंटिंग डिवाइस के कर्सर को व्यूपोर्ट के ऊपर कर डबल क्लिक किया जाता है। पेपर स्पेस में चालू करने के लिए प्लॉटिंग व्यूपोर्ट के बाहर लेआउट में किसी भी क्षेत्र पर डबल-क्लिक करते हैं। स्टेटस बार से पेपर या मॉडल लेआउट चुनकर, मॉडल स्पेस और पेपर स्पेस के बीच भी स्विच कर सकते हैं।

### 3.7.3 पेपर स्पेस (Paper Space)

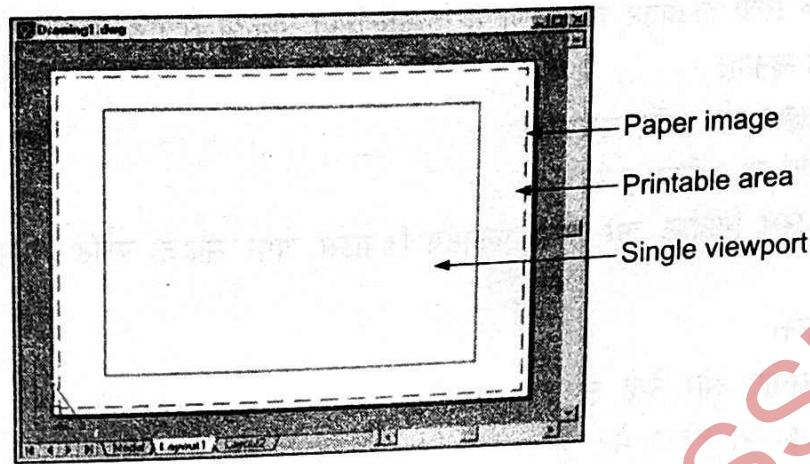
पेपर स्पेस उस पेपर का प्रतिनिधित्व करता है जिस पर ड्राइंग की अंकन (plotting) करने की व्यवस्था होती है। लेआउट टैब का उपयोग करके एकल या कई पेपर स्पेस परिवेश के साथ आसानी से डिज़ाइन और उनका सम्पादन किया जा सकता है। प्रत्येक लेआउट किसी ड्राइंग प्रोजेक्ट में एक व्यक्तिगत प्लॉट आउटपुट शीट, या एक व्यक्तिगत शीट का प्रतिनिधित्व करता है। जब हम एक नया लेआउट बनाते हैं, हम इसमें प्लॉटिंग व्यूपोर्ट जोड़ सकते हैं। एक बार जब हम किसी लेआउट में प्लॉटिंग व्यूपोर्ट बना लेते हैं, तब व्यूपोर्ट में प्रत्येक दृश्य के लिए अलग-अलग स्केल लागू कर सकते हैं, और व्यूपोर्ट में परतों के लिए अलग-अलग दृश्यता (visibility) निर्दिष्ट कर सकते हैं।

यदि हम प्लॉट शैलियों का उपयोग करना चाहते हैं, तब हम प्लॉट स्टाइल टेबल को लेआउट या व्यूपोर्ट में संलग्न भी कर सकते हैं। एक प्लॉट स्टाइल टेबल में प्लॉट स्टाइल सम्मिलित होते हैं, जिसे बनाए जाने वाले ड्राइंग पर लागू कर सकते हैं। विस्तृत जानकारी के लिए प्लॉट स्टाइल और प्लॉट स्टाइल टेबल बनाते हैं और उन्हें अपने लेआउट या व्यूपोर्ट के साथ जोड़ देते हैं।

### 3.7.4 लेआउट टैब (Layout Tab)

लेआउट एक आयताकार रूपरेखा (छाया) में सांकेतिक रूप से प्लॉटिंग डिवाइस के पेपर आकार को इंगित करता है। पेपर के भीतर प्रदर्शित किया गया मार्जिन कागज के मुद्रण (print) योग्य क्षेत्र को दर्शाता है।





चित्र 3.65

### 3.7.5 लेआउट टैब (Layout Tab)

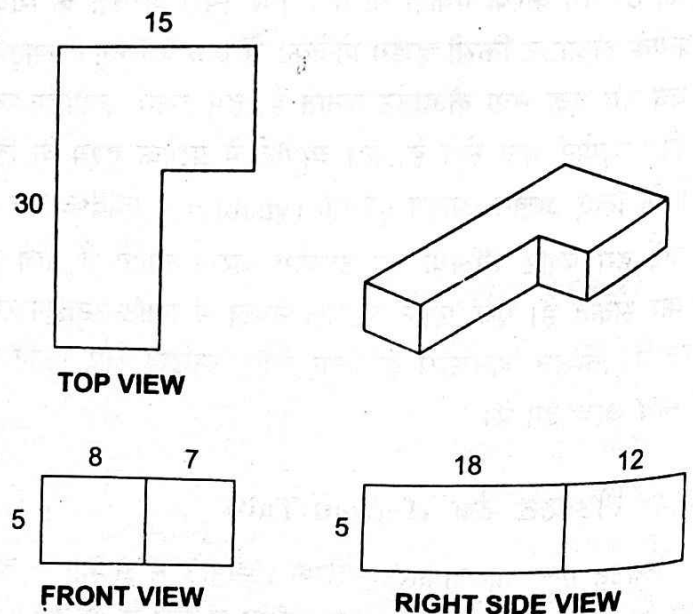
लेआउट में पेपर पृष्ठभूमि के प्रदर्शन को लेआउट स्वरूप में प्रदर्शन टैब में विकल्प संवाद बॉक्स के रूप में नियंत्रित कर सकते हैं।

एक ड्राइंग मॉडल पूरा करने के बाद, हम प्लॉट के लिए लेआउट टैब का चयन करके एक लेआउट बनाना शुरू कर सकते हैं। जब हम एक ड्राइंग सत्र में पहली बार एक लेआउट टैब चुनते हैं, तो एक एकल व्यूपोर्ट प्रदर्शित होता है, और मार्जिनयुक्त एक शीट वर्तमान में सांकेतिक किए गए प्लॉटर और कागज का मुद्रण योग्य क्षेत्र इंगित करता है। ऑटोकैड (AutoCAD) एक पृष्ठ सेटअप संवाद बॉक्स प्रदर्शित करता है, जिसमें हम लेआउट और प्लॉट डिवाइस सेटिंग्स निर्दिष्ट करते हैं। प्लॉट सेटिंग्स सेट करके और पूर्वावलोकन (Preview) का उपयोग करके, हम वास्तव में प्लॉटिंग के बिना परिणामी लेआउट की कल्पना कर सकते हैं। हमारे द्वारा निर्दिष्ट लेआउट सेटिंग्स लेआउट के साथ संग्रहीत की जाती हैं। एक बार जब हम एक लेआउट बना लेते हैं, तो हम इसे लेआउट टैब पर राइट-क्लिक करके शॉर्टकट मेनू का विकल्प का चयन कर के हटा सकते हैं, और फिर से एक नाम बदलाव, स्थानांतरित या कॉपी कर सकते हैं।

### 3.8 हार्ड कॉपी प्राप्त करने के लिए अलग-अलग दृश्य दिखाते हुए ड्राइंग की व्यवस्था करना (Arranging the Drawing showing Different Views to Get the Hard Copy)

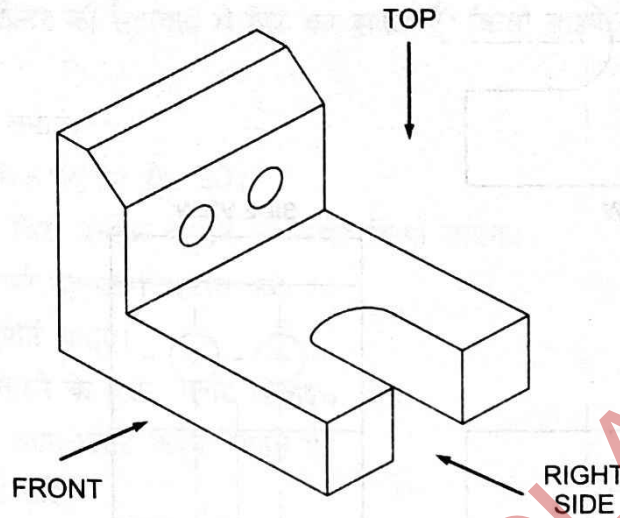
कम्प्यूटर स्क्रीन को 2D और 3D चित्र के लिए प्रोजेक्शन सतह की तरह उपयोग किया जा सकता है। अधिकतर CAD सॉफ्टवेयर स्वतः ही बहुदृश्य बनाने में सक्षम होता है। 3D चित्र का बहुदृश्य बनाने के लिए सबसे पहले 3D मॉडल बनाना होता है। ज्यादातर CAD सॉफ्टवेयर में 6 प्रिन्सिपल दृश्य होते हैं।

वह दृश्य जो बहुदृश्य को ठीक तरह से प्रदर्शित करता है उसे 3D मॉडल से CAD कमांड की सहायता से सबसे पहले 2D में बदल लेते हैं और इस दृश्य को ब्लॉक या चिन्ह के रूप में संरक्षित कर लेते हैं। 3D मॉडल से एक अलग दृश्य बनाते हैं जो पहले से अलग हो और उसे ब्लॉक या चिन्ह के रूप में संरक्षित करते हैं। यही प्रक्रिया बार-बार दुहराते हैं जब तक की सभी आवश्यक बहुदृश्य नहीं बन जाते हैं। सभी दृश्य

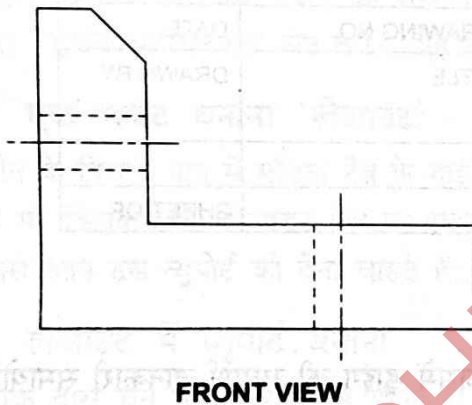


चित्र 3.66—बहुदृश्य

बन जाने के बाद सभी संरक्षित ब्लॉक या चिन्ह को पुनः उपयोग करके सभी दृश्य को आवश्यकता अनुसार व्यवस्थित कर लेते हैं। ड्राइंग को सुरक्षित या प्रिंट करने से पहले टाइटल ब्लॉक और बार्डर लाइन को बना लिया जाता है।



(a) प्रथम चरण, 3D मॉडल

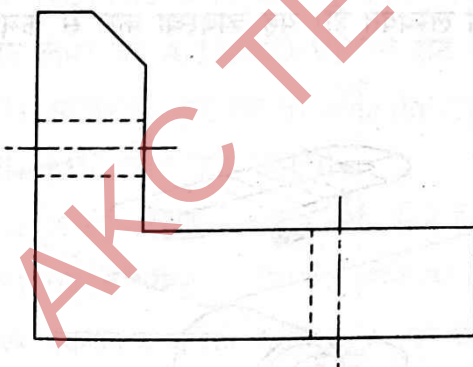


FRONT VIEW

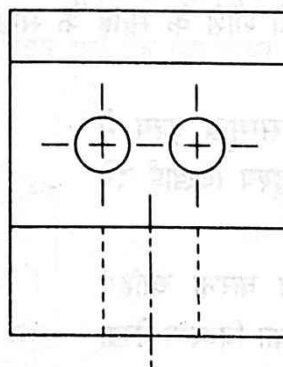
|          |             |          |
|----------|-------------|----------|
| REVISORS | DRAWING NO. | DATE     |
|          | TITLE       | DRAWN BY |
|          |             |          |
|          |             | SHEET OF |

(b) द्वितीय चरण, समुख दृश्य

SIDE VIEW



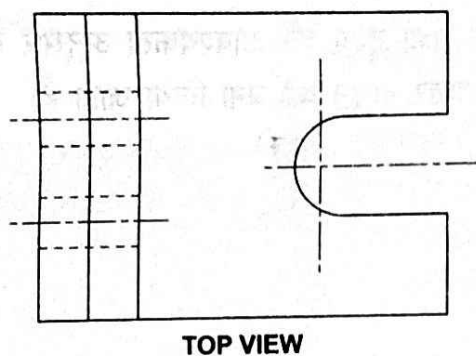
FRONT VIEW



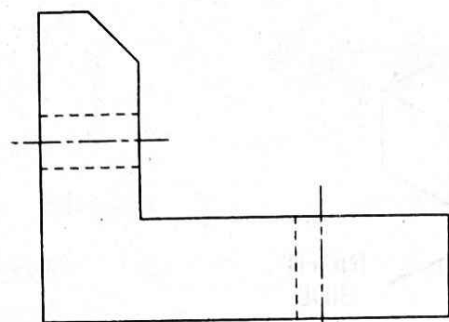
|          |             |          |
|----------|-------------|----------|
| REVISORS | DRAWING NO. | DATE     |
|          | TITLE       | DRAWN BY |
|          |             |          |
|          |             | SHEET OF |

(c) तृतीय चरण, सम्मुख और पार्श्व दृश्य



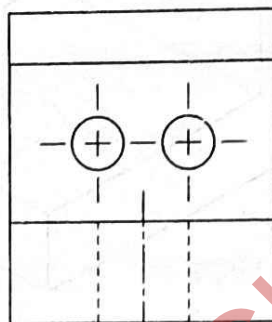


TOP VIEW



FRONT VIEW

SIDE VIEW



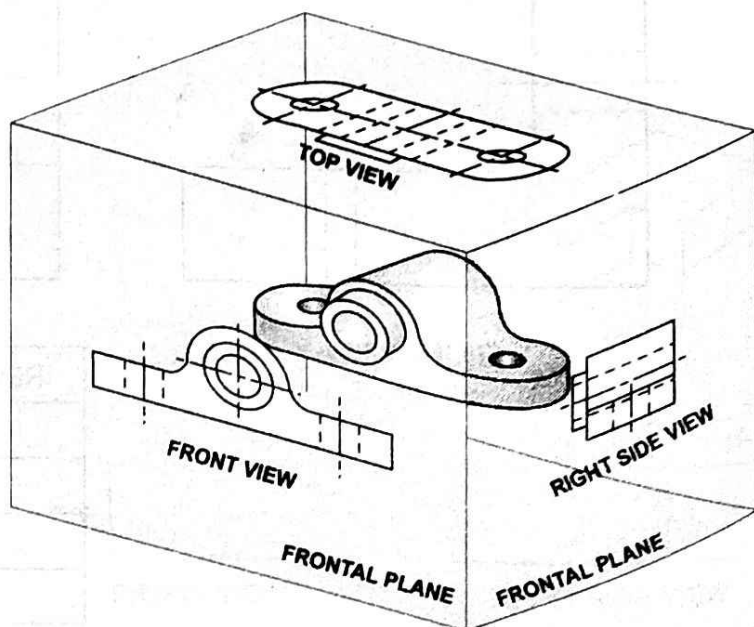
|          |             |          |
|----------|-------------|----------|
| REVISORS | DRAWING NO. | DATE     |
|          | TITLE       | DRAWN BY |
|          |             |          |
|          |             | SHEET OF |

(d) तृतीय चतुर्थ, बहुदृश्य

चित्र 3.67

बहुदृश्य ड्राइंग बनाने से पहले वांछनीय दृश्य का चयन किया जाता है जिसमें ड्राइंग की सम्पूर्ण जानकारी समायोजित हो सकती हो। दृश्य के चयन के चार महत्वपूर्ण चरण होते हैं जो निम्नवत हैं—

1. वस्तु के बेहतरीन अभिविन्यास चयन करें। वस्तु को एक काल्पनिक शीशे के बॉक्स में इस प्रकार रखते हैं कि अधिकतम लक्षण वाले सतह या तो शीशे के सतह के समांतर हो या लम्बवत् हो। यह व्यवस्था कम से कम हिडन रेखा को प्रदर्शित करती है।
2. समुख दृश्य को परिभाषित करें। सम्मुख दृश्य में वस्तु के अधिकतम विवरणात्मक दृश्य दिखाई देने चाहिए।
3. कम से कम दृश्य को परिभाषित करना चाहिए जिससे वस्तु की सम्पूर्ण जानकारी का विवरण देखा जा सके।
4. सम्मुख दृश्य को परिभाषित करने के बाद अन्य दृश्य को परिभाषित करना चाहिए जिसमें कम से कम हिडन रेखा हो। चित्र में बाएं दृश्य की अपेक्षा दाहिने को चुना जाता है क्योंकि दाहिने में कम हिडन रेखा है।



चित्र 3.68—वस्तु का बेहतर अभिविन्यास

### 3.9 ड्राइंग को प्लॉट करना (Plotting the Drawing)

‘प्लॉटिंग’ को ‘प्रिंटिंग’ भी कहा जाता है क्योंकि हार्ड-कॉपी आउटपुट का उत्पादन करने के लिए किसी भी अन्य विंडो ऑपरेशन की तरह ही प्लॉटर्स या प्रिंटर की सहायता से प्रिंट कर सकते हैं। किसी ड्राइंग को प्रिंट करने से पहले निम्नलिखित प्रक्रिया पूरी करनी होती है—

- (i) एक प्लॉटिंग ‘लेआउट’ बनाएं।
- (ii) लेआउट में एक या अधिक व्यूपोर्ट सेट करें।
- (iii) उस पैमाने को सेट करें जिसे प्रत्येक व्यूपोर्ट को प्लॉट किया जाएगा।
- (iv) प्रत्येक व्यूपोर्ट में परतों की दृश्यता निर्धारित करें।
- (v) हिडन रेखा के लिए व्यूपोर्ट बनाएं।
- (vi) लेआउट के लिए प्रिंट करने के लिए ‘प्लॉट डिवाइस’ चुनें।
- (vii) ‘पेपर साइज़’ चुनें जिसे आप प्लॉट करना चाहते हैं।
- (viii) ‘प्लॉट एरिया’ का चयन करें।
- (ix) ‘प्लॉट स्केल’ सेट करें—यह समान्यतः 1 : 1 होना चाहिए।
- (x) ‘ड्राइंग ओरिएंटेशन’ सेट करें—यह समान्यतः ‘लैंडस्केप’ होना चाहिए।

#### 3.9.1 एक प्लॉट बनाना ‘लेआउट’

स्क्रीन के निचले भाग में मॉडल टैब के दाईं ओर कम से कम एक लेआउट टैब होता है। इसे चालू करने के लिए उनमें से एक पर क्लिक करें। लेआउट टैब पर राइट-क्लिक करें और ‘Rename’ ऑप्शन को चुनें, फिर उस नाम को टाइप करें जिसे आप उस व्यूपोर्ट को देना चाहते हैं। प्रत्येक लेआउट में व्यूपोर्ट की एक अलग व्यवस्था हो सकती है।

#### 3.9.2 लेआउट में व्यूपोर्ट बनाना

आपके द्वारा चुने गए लेआउट में पहले से ही एक व्यूपोर्ट मौजूद होगा। जब आप एक नया ड्राइंग शुरू करते हैं, तो ऑटोकैड स्वचालित रूप से कम से कम एक लेआउट बनाता है।

एक नया व्यूपोर्ट बनाने के लिए उपयोग किए जाने वाले कागज के अनुसार निम्नलिखित सेटिंग करे—

करंट लेयर को A-BORD-VP पर सेट करें। सुनिश्चित करें कि यह लेयर ‘नॉन-प्रिंटिंग’ लेयर है।

- (i) सुनिश्चित करें कि ‘regenauto’ चालू है।
- (ii) MV टाइप करें <RET>।
- (iii) कमांड प्रॉम्प्ट में ‘व्यूपोर्ट के कोने निर्दिष्ट करें’।
- (iv) कमांड प्रॉम्प्ट में ‘विपरीत कोने को निर्दिष्ट करें’।
- (v) वर्तमान परत को A-WALL पर वापस सेट करें।

#### 3.9.3 व्यूपोर्ट स्केल सेट करना

व्यूपोर्ट स्केल को दो तरीकों से सेट किया जा सकता है—

- (i) पहली विधि व्यूपोर्ट पर क्लिक करना और उसके ‘प्रॉपर्टीस (properties)’ को एक पैमाने पर सेट करना है।
- (ii) दूसरी विधि व्यूपोर्ट के भीतर डबल-क्लिक करने के लिए है और इसे ‘जूम फैक्टर’ के अनुसार माउस व्हील की सहायता से आवश्यकता अनुसार ‘जूम’ करें।



3.9.4 प्रत्येक व्यूपोर्ट के भीतर परतों की दृश्यता निर्धारित करना

व्यूपोर्ट के अंदर क्लिक करके और उस व्यूपोर्ट में एक लेयर या परतों को फ्रीज करके व्यूपोर्ट में परतों की दृश्यता को बदल सकते हैं।

प्रत्येक व्यूपोर्ट को यह सुनिश्चित करने के लिए जांचें कि प्लॉट पर आप जो भी परतें दिखाना चाहते हैं, वे सभी थ्रेडेड हैं और स्क्रीन पर दिखाई दे रही हैं।

3.9.5 एक व्यूपोर्ट में छिपी हुई रेखाएँ के सेटिंग

आवश्यकता अनुसार हिडन रेखाओं को अलग-अलग व्यूपोर्ट में दिखा या छुपा सकते हैं।

3.9.6 प्लॉट डिवाइस का चुनाव करना

ड्राइंग को प्रिंट करने के लिए उचित प्लॉट/प्रिंट डिवाइस का चुनाव करके आवश्यक पेज सेटअप किया जाता है। प्रिंट को पीडीएफ फ़ाइल में सेव करके भविष्य के लिए सुरक्षित किया जा सकता है।

3.9.7 पेपर साइज का चुनाव करना

पेपर साइज के चुनाव के लिए निम्नलिखित चरण का अनुसरण किया जाता है—

- प्लॉट संवाद बॉक्स (dialog box) में प्लॉट सेटिंग टैब का चयन करें।
- ड्रॉप-डाउन पेपर आकार बॉक्स का चयन करें—
  - 8½" × 11" लैंडस्केप ड्राइंग के लिए, ANSI A – 8½ × 11 का चयन करें
  - 11" × 17" लैंडस्केप ड्राइंग के लिए, ANSI B – 11 × 17 का चयन करें
  - 18" × 24" लैंडस्केप ड्राइंग के लिए, ARCH C – 18 × 24 चुनें
  - 24" × 36" लैंडस्केप ड्राइंग के लिए, ARCH D – 24 × 36 चुनें

3.9.8 प्लॉट एरिया का चयन

प्लॉट का एरिया चयन के लिए विंडो, डिस्प्ले या लिमिट में से किसी एक ऑप्शन का उपयोग किया जा सकता है।

3.9.9 प्लॉट स्केल का चयन

आवश्यकता अनुसार ड्राइंग स्केल का चयन किया जाता है। समानतः स्केल को 1:1 पर समायोजित करते हैं।

3.9.10 ड्राइंग ओरिएंटेशन का चयन

- उस लेआउट टैब पर क्लिक करें जिसके लिए आप ड्राइंग ओरिएंटेशन सेट करना चाहते हैं।
- उसके बाद पेज सेटअप प्रबंधक को संपादित करें। यदि ड्राइंग क्षैतिज है, तो लैंडस्केप चुनें और
- यदि और ड्राइंग वर्टिकल है, तो पोर्ट्रेट चुनें।

## अभ्यास प्रश्न

1. निम्नलिखित को परिभाषित करें—
  - A. प्रक्षेपण (Projection)
  - B. वस्तु (Object)
  - C. प्रक्षेपण तल (Plane of projection)
  - D. दृश्य बिन्दु (Observer or Station Point)
2. प्रक्षेपण कितने प्रकार के होते हैं?
3. लम्बकोणीय प्रक्षेप और सममितीय प्रक्षेप का उल्लेख करें?
4. आइसोमेट्रिक ड्राइंग का क्या अर्थ है? इसके क्या फायदे हैं?
5. सममितीय कुल्हाड़ियों, सममितीय रेखा और सममितीय समतल को परिभाषित करें।
6. आइसोमेट्रिक स्केल से क्या अभिप्राय है?
7. आइसोमेट्रिक स्केल के आधार पर सही लंबाई और सममितीय लंबाई के बीच क्या संबंध है?
8. आइसोमेट्रिक दृश्य खींचने के लिए दो तरीके क्या हैं?
9. गैर-वर्ग बहुभुजों के आइसोमेट्रिक विचारों को खींचने के लिए उपयोग किए जाने वाले ऑफसेट विधि की व्याख्या करें।
10. आइसोमेट्रिक दृश्य खींचने के लिए उपयोग की जाने वाली बॉक्स विधि को समझाइए।
11. ड्राइंग दृश्यों के प्रकार समझाइए।
12. Perspective projection कितने प्रकार के होते हैं? सचित्र वर्णन करें।
13. गैर-सममितीय लाइनें (Non-Isometric Lines) समझाइए।
14. लेआउट व्यूपोर्ट क्या होता है इसे कैसे बनाना चाहिए?
15. मॉडल स्पेस और पेपर स्पेस का उपयोग कैसे करते हैं?
16. लेआउट की क्या आवश्यकता है?
17. ड्राइंग को प्लॉट करने की विधि का उल्लेख करें?
18. ड्राइंग की व्यवस्था करना क्यों आवश्यक है?



19. सामने, दाईं ओर, बाईं ओर, ऊपर और पीछे के दृश्य चित्र देखें। हर एक को 3D ऑब्जेक्ट से मिलाएं। मिलान 3 डी ऑब्जेक्ट को रंग भरें।

| Front View | Top View | Right Side View |
|------------|----------|-----------------|
|            |          |                 |
|            |          |                 |

| Top View | Right Side View | Left Side View |
|----------|-----------------|----------------|
|          |                 |                |
|          |                 |                |

| Top View | Right Side View | Left Side View |
|----------|-----------------|----------------|
|          |                 |                |
|          |                 |                |

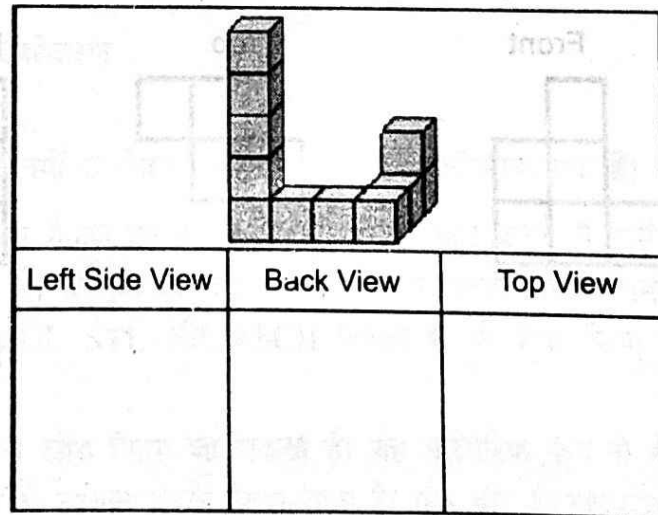
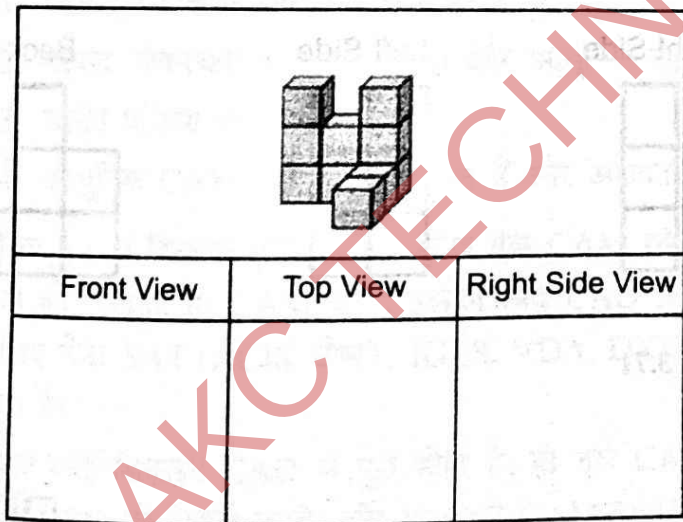
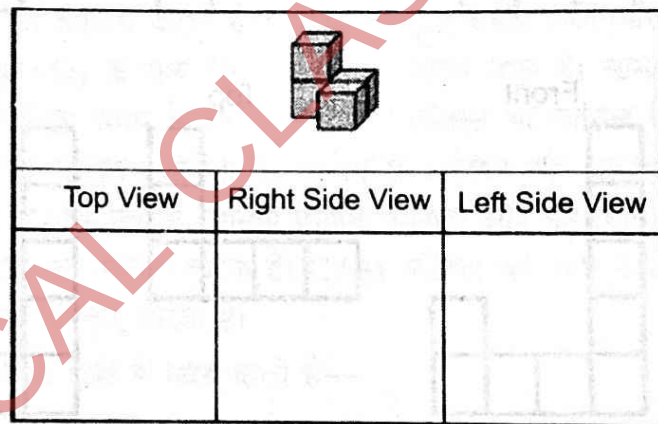
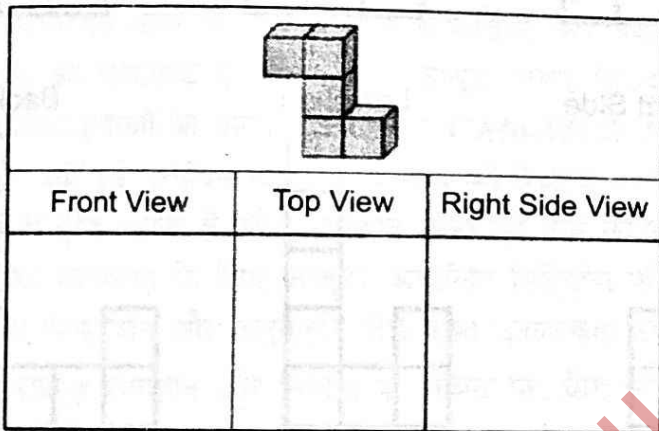
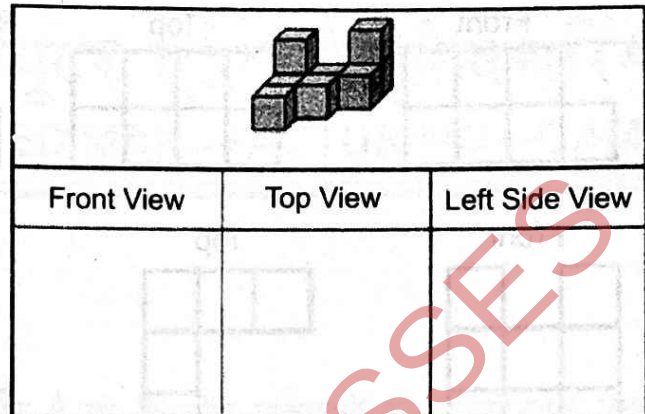
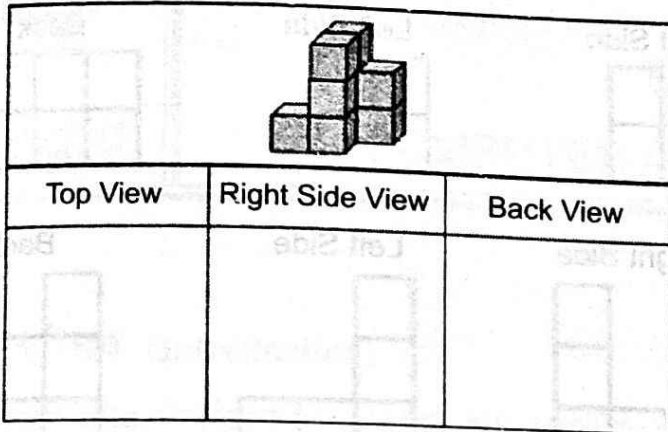
| Back View | Top View | Left Side View |
|-----------|----------|----------------|
|           |          |                |
|           |          |                |

| Front View | Top View | Right Side View |
|------------|----------|-----------------|
|            |          |                 |
|            |          |                 |

| Left Side View | Back View | Top View |
|----------------|-----------|----------|
|                |           |          |
|                |           |          |

चित्र 3.69

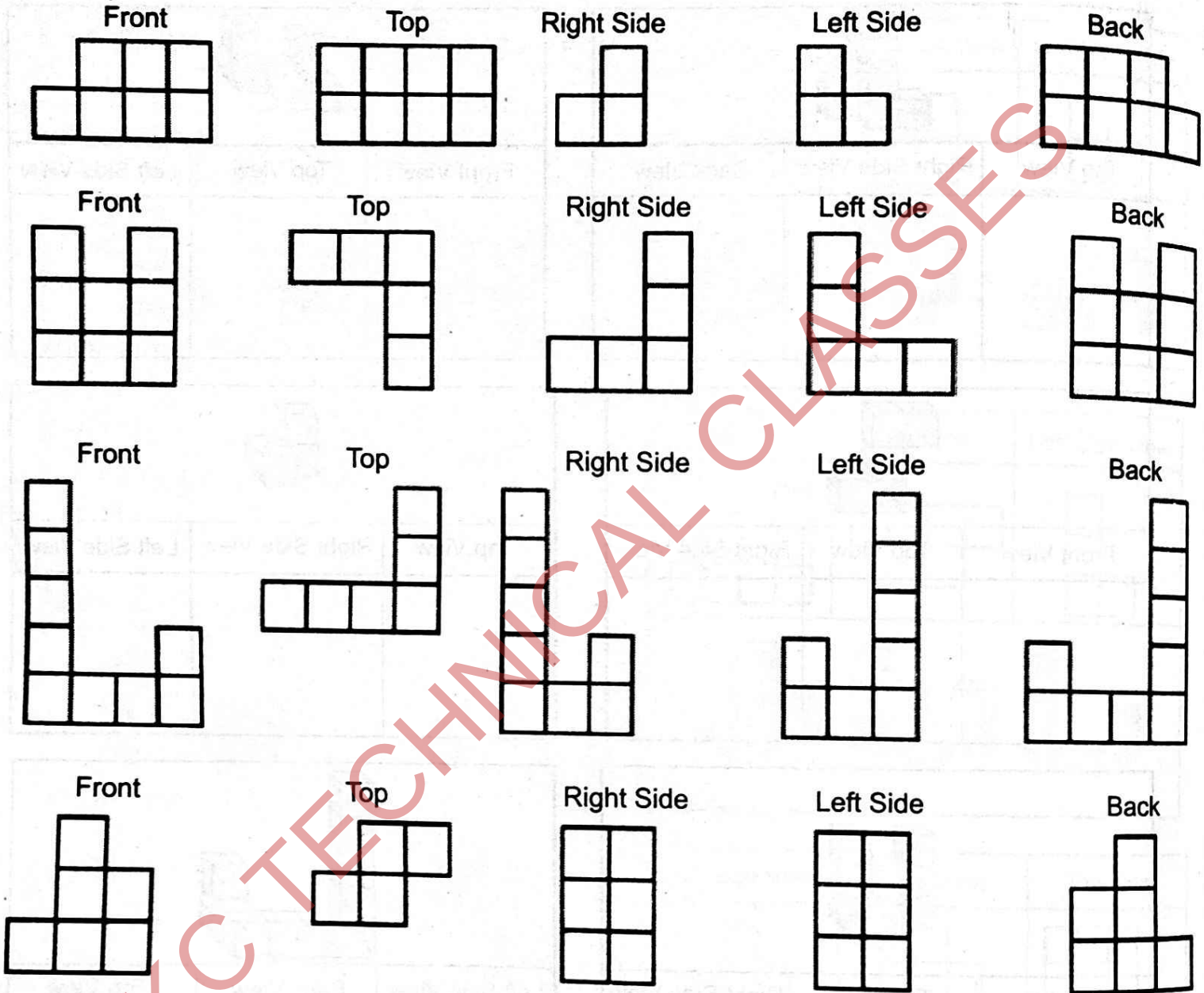
20. इन 3D वस्तुओं को देखो। 2D व्यू प्रिंट (सामने, दाईं ओर, बाईं ओर, ऊपर और पीछे) से कुछ ड्रा करें।



चित्र 3.70



21. सामने, दाईं ओर, बाईं ओर, ऊपर और पीछे से इन 2D दृष्टिकोणों को देखें। कुछ ब्लॉकों को इकट्ठा करें और एक 3D ऑब्जेक्ट का निर्माण करें जो दृष्टिकोण के पूर्ण सेट से मेल खाता है।



चित्र 3.71

# 4

## अध्याय

# कंप्यूटर एडेड मैनुफैक्चरिंग (COMPUTER AIDED MANUFACTURING—CAM)

### 4.1 परिचय (Introduction)

कंप्यूटर एडेड मैनुफैक्चरिंग (CAM) एक अनुप्रयोग तकनीक है जो विनिर्माण प्रक्रियाओं को सुविधाजनक बनाने और स्वचालित करने के लिए कंप्यूटर सॉफ्टवेयर और मशीनरी का उपयोग करती है। CAM कंप्यूटर एडेड इंजीनियरिंग (CAE) का संचालक है और अक्सर कंप्यूटर एडेड डिजाइन (CAD) के साथ मिलकर उपयोग किया जाता है। सामग्री की आवश्यकताओं के अलावा, आधुनिक CAM सिस्टम में वास्तविक समय के नियंत्रण और रोबोटिक्स भी शामिल हैं। CAM बढ़ी हुई उत्पादन गति, कच्चे माल की स्थिरता और अधिक टूलिंग सटीकता के माध्यम से उत्पादन और उत्पादन क्षमता में वृद्धि करता है और अपशिष्ट ऊर्जा को कम करता है। CAM प्रबंधन, सामग्री ट्रैकिंग, योजना और परिवहन के अतिरिक्त स्वचालन के लिए कंप्यूटर-संचालित विनिर्माण प्रक्रियाओं का उपयोग करता है। CAM कौशल का लाभ उठाने के लिए सिमुलेशन और अनुकूलन जैसे उन्नत उत्पादकता उपकरण भी लागू करता है।

एंटरप्राइज़ समाधान और निर्माता के आधार पर, कैम निम्नलिखित क्षेत्रों में मदद करते हैं—

1. विनिर्माण प्रक्रिया और उपयोग जटिलता
2. उत्पाद जीवनचक्र प्रबंधन (PLM) और आधुनिक उद्यम एकीकरण
3. मशीन प्रक्रिया स्वचालन
4. आधुनिक CAM समाधान स्केलेबल हैं और असतत प्रणालियों से लेकर Multi CAD 3D एकीकरण तक हैं।

चित्र 4.1 में दिखाया गया ब्लॉक आरेख एक CAM सॉफ्टवेयर पैकेज का उपयोग करके NC प्रोग्राम बनाने में शामिल चरणों को दिखाता है। CAM का शुरुआती बिंदु CAD फ़ाइल है। उपयुक्त अनुवादकों का उपयोग करके प्रोग्राम निर्माण के लिए डेटा SAT (ACIS ठोस), IGES, VDA, DXF, CADL, STL और ASCII फ़ाइल से भी प्राप्त किया जा सकता है।

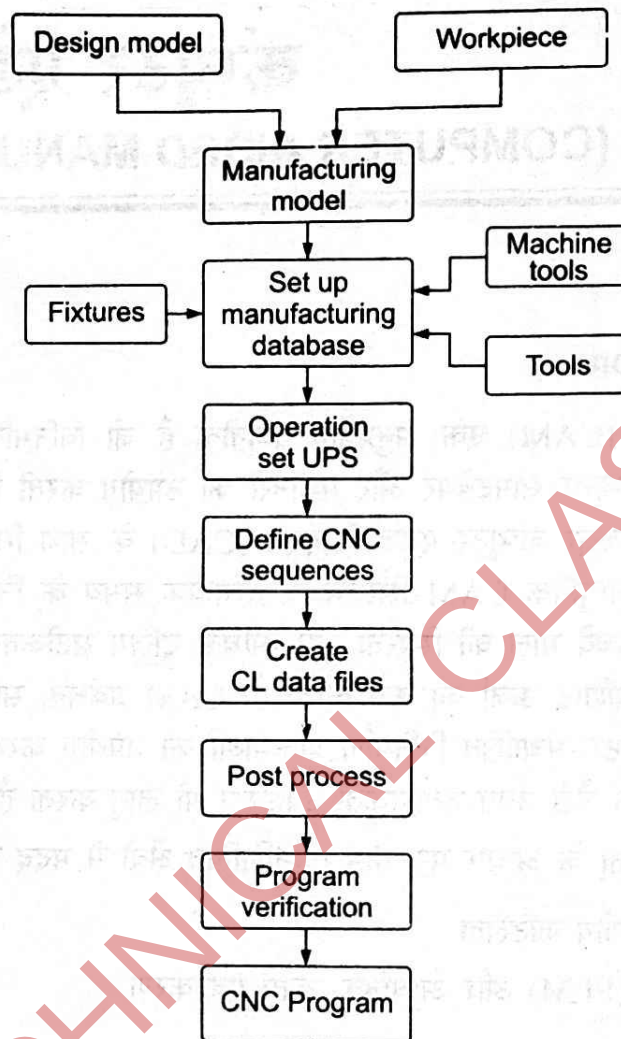
जब कोई डिजाइन CAD में पूरा होता है, तो उसे CAM में लोड किया जा सकता है। यह पारंपरिक रूप से एक CAD फ़ाइल को निर्यात करके और फिर इसे CAM सॉफ्टवेयर में आयात करके किया जाता है। एक बार आपके CAD मॉडल को CAM में आयात करने के बाद, सॉफ्टवेयर मशीनिंग के लिए मॉडल तैयार करना शुरू कर देता है। कटिंग, ड्रिलिंग या बोरिंग जैसी क्रियाओं के माध्यम से कच्चे माल को एक परिभाषित आकार में बदलने की नियंत्रित प्रक्रिया है।

CAM सॉफ्टवेयर कई क्रियाओं के माध्यम से काम करके मशीनिंग के लिए एक मॉडल तैयार करता है, जिसमें शामिल हैं—

1. यह जांचने पर कि क्या मॉडल में कोई ज्यामिति त्रुटियां हैं जो विनिर्माण प्रक्रिया को प्रभावित करेंगी।



- मॉडल के लिए एक टूलपाथ बनाना, जो निर्देशांक का एक सेट है जो मशीन मशीनिंग प्रक्रिया के दौरान पालन करेगा।
- काटने की गति, वोल्टेज, कट/पियर्स ऊंचाई, आदि सहित किसी भी आवश्यक मशीन मापदंडों की स्थापना।



चित्र 4.1— NC प्रोग्राम बनाने के पद (Steps in NC Program Creation)

एक बार जब मॉडल मशीनिंग के लिए तैयार हो जाता है, तो वह सभी जानकारी मशीन को भौतिक रूप से भाग का उत्पादन करने के लिए भेजी जाती है। हम मशीन को अंग्रेजी में निर्देशों को नहीं दे सकते हैं, हम अपने मशीनिंग की सभी जानकारी को G-Code और M-Code में बदल देते हैं। यह निर्देशों का एक सेट है जो मशीन की क्रियाओं को नियंत्रित करता है जिसमें speed, feed rate, coolant आदि शामिल हैं।

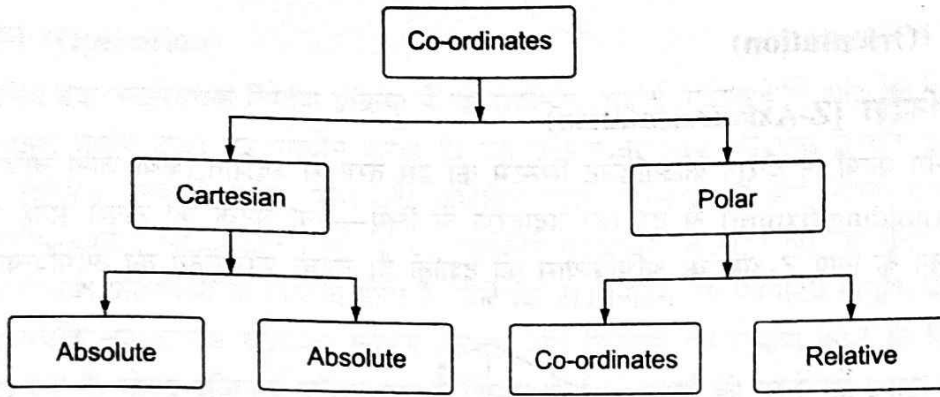
#### 4.2 कार्यखण्ड के सेटिंग बनाना (Setting Up The Job)

कार्यखण्ड की सेटिंग करने के लिए निम्नलिखित बिन्दुओं पर ध्यान दिया जाता है—

#### 4.3 निर्माण में चयनित कोआर्डिनेट सिस्टम (Selecting Co-ordinate System)

निर्माण में चयनित कोआर्डिनेट सिस्टम निर्माण अथवा मशीनिंग में Co-ordinate Systems महत्वपूर्ण घटक हैं। वे मशीन पर अभिविन्यास को परिभाषित करते हैं और कटर स्थान डेटा फ़ाइल की उत्पत्ति के रूप में कार्य करते हैं। कोआर्डिनेट सिस्टम वर्कपीस या डिज़ाइन मॉडल से संबंधित हो सकती है।

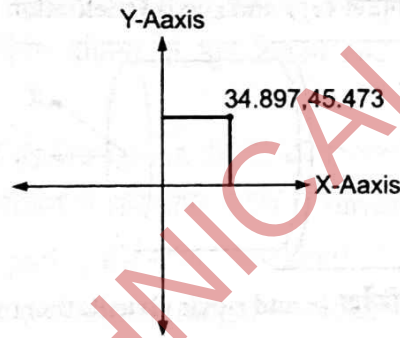
निर्देशांक दो प्रकारों में होते हैं, कार्टेशियन (Cartesian) और पोलर (polar)। इसके अलावा, निर्देशांक सिस्टम को निरपेक्ष (absolute) और सापेक्ष (relative) दो अलग-अलग प्रकार से विभाजित किया जा सकता है।



चित्र 4.2

### 1. कार्टेशियन को-ऑर्डिनेट (Cartesian Co-ordinates)

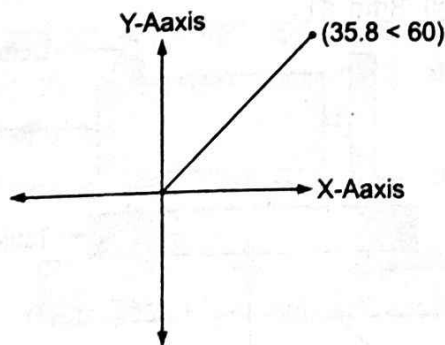
कार्टेशियन को-ऑर्डिनेट (Cartesian Co-ordinates) सिस्टम मानक को-ऑर्डिनेट सिस्टम है। किसी बिंदु की स्थिति को मूल बिंदु से X और Y-अक्ष में दूरी द्वारा वर्णित किया जा सकता है। यह साधारण बिंदु विवरण में एक अल्पविराम द्वारा अलग किए गए दो नंबरों का उपयोग करता है—34.897, 45.473



चित्र 4.3—कार्टेशियन को-ऑर्डिनेट (Cartesian Co-ordinate System)

### 2. पोलर को-ऑर्डिनेट सिस्टम (Polar Co-ordination System)

पोलर को-ऑर्डिनेट्स में किसी बिंदु की स्थिति का विवरण होता है। पोलर और कार्टेशियन कोऑर्डिनेट सिस्टम में मुख्य अंतर यह है कि ध्रुवीय निर्देशांक को प्रदर्शित करने के लिए दूरी और एक कोण का उपयोग किया जाता है जबकि कार्टेशियन प्रणाली में बिंदु की स्थिति का वर्णन मूल बिंदु से दो दूरी x-दिशा और y-दिशा द्वारा किया जाता है।



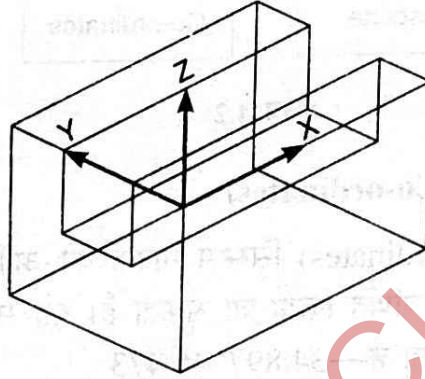
चित्र 4.4—पोलर को-ऑर्डिनेट सिस्टम (Polar Co-ordination System)



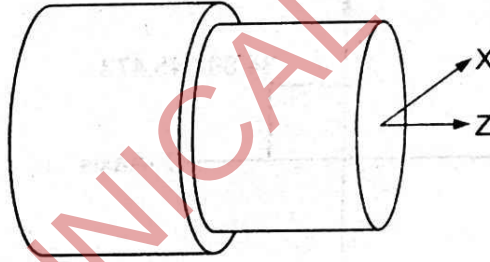
## 4.4 दिशा निर्देश (Orientation)

### 4.4.1. Z-अक्ष दिशानिर्देश (Z-Axis Orientation)

निर्माण अथवा मशीनिंग कार्यों के दौरान कोऑर्डिनेट सिस्टम को इस तरह से प्रदर्शित किया जाना चाहिए कि घनात्मक Z-अक्ष धारण स्थिरता (holding fixture) से दूर रहे। उदाहरण के लिए—एक घटक की ऊपरी सतह पर मशीनिंग के लिए मशीनिंग के संचालन के लिए Z-अक्ष के अभिविन्यास को दर्शाता है। घटक फॉर्च्युनिंग का अभिविन्यास चित्र 4.2 में दिखाया गया है।



चित्र 4.5—x, y, z-अक्ष दिशानिर्देश (x, y and z-axis Orientation in a Milled Block)



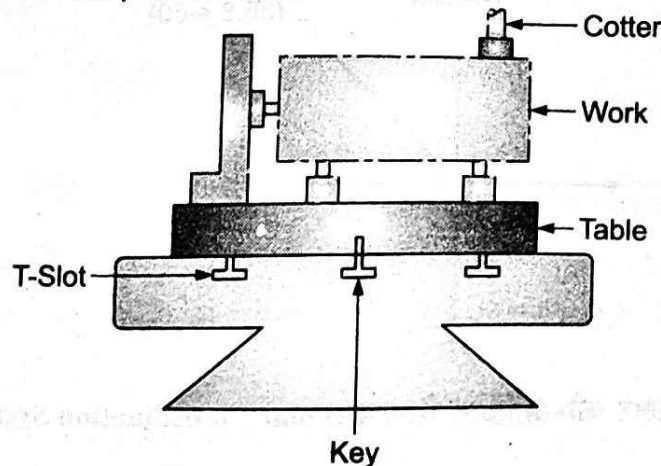
चित्र 4.6—x, z-अक्ष दिशानिर्देश (x and z-axis Orientation in a Turned bar)

### 4.4.2. X और Y अक्ष दिशानिर्देश (X and Y Axis Orientation)

ऑपरेशन कोऑर्डिनेट सिस्टम के X और Y-अक्ष का उन्मुखीकरण कटर लोकेशन (CL) डेटा फ़ाइल को प्रभावित करेगा। मिलिंग में मुख्य कट फीड दिशा X-अक्ष के समानांतर होगी।

## 4.5 जुड़नार (Fixtures)

जुड़नार वे हिस्से या असेंबली हैं जो एक मशीनिंग ऑपरेशन के दौरान वर्कपीस को पकड़ने और उन्मुख करने में मदद करते हैं। जब आवश्यक हो फिक्स्चर बनाए जा सकते हैं।



चित्र 4.7—जुड़नार (Fixtures)



## 4.6 ऑपरेशन (Operation)

CNC मशीनिंग एक नकारात्मक निर्माण प्रक्रिया है जो समान्यतः पदार्थ के टुकड़े से धातु की परतों को हटाने के लिए कंप्यूटरीकृत नियंत्रण मशीन टूल्स का उपयोग करता है। यह प्रक्रिया कार्यखंड की एक विस्तृत श्रृंखला के लिए उपयुक्त है, जिसमें धातु, प्लास्टिक, लकड़ी, कांच, फोम और कंपोजिट पदार्थ सम्मिलित हैं और विभिन्न प्रकार के उद्योगों के लिए उपयुक्त है। उदाहरण—बड़े CNC मशीनिंग और CNC मशीनिंग एयरोस्पेस पार्ट्स। CNC मशीनिंग जैसी निर्माण प्रक्रियाएं, अक्सर योगात्मक निर्माण प्रक्रियाओं के विपरीत होती हैं, जैसे कि 3D प्रिंटिंग, या फॉर्मेटिव निर्माण प्रक्रियाएं, तरल इंजेक्शन मोल्डिंग इत्यादि। जबकि नकारात्मक प्रक्रियाएं कस्टम आकार और डिज़ाइन का निर्माण करने के लिए कार्यखंड से पदार्थ की परतों को हटा देती हैं। योज्य प्रक्रियाएं वांछित रूप में निर्माण के लिए पदार्थ की परतों को इकट्ठा करती हैं और फॉर्मेटिव प्रक्रियाओं को विकृत करती हैं और स्टॉक सामग्री को वांछित आकार में विस्थापित करती हैं। CNC मशीनिंग की स्वचालित प्रकृति उच्च-सटीकता के साथ सरल भागों को लागत-प्रभावशीलता के साथ उत्पादन में सक्षम है।

### CNC मशीनिंग प्रक्रिया का अवलोकन (Overview of CNC Machining Process)

संख्यात्मक नियंत्रण (NC) मशीनिंग प्रक्रिया में छिद्रित टेप कार्ड का उपयोग किया जाता है। CNC मशीनिंग एक विनिर्माण प्रक्रिया है जो कार्यखंड को आकार देने तथा कस्टम भागों और डिज़ाइनों के लिए मशीनिंग और कटिंग टूल्स को संचालित करने और जोड़-तोड़ करने के लिए कंप्यूटरीकृत नियंत्रण का उपयोग करती है—जैसे, धातु, प्लास्टिक, लकड़ी, फोम, समग्र, आदि। जबकि CNC मशीनिंग प्रक्रिया के मूल सिद्धांत NC के समान हैं। मूल CNC मशीनिंग प्रक्रिया में निम्नलिखित चरण शामिल हैं:

- A. CAD मॉडल को डिज़ाइन करना (Designing the CAD model)
- B. CAD फ़ाइल को एक CNC प्रोग्राम में परिवर्तित करना (Converting the CAD file to a CNC program)
- C. CNC मशीन तैयार करना (Preparing the CNC machine)
- D. मशीनिंग संचालन को निष्पादित करना (Executing the machining operation)

## 4.7 CAD मॉडल डिज़ाइन (CAD Model Design)

CNC मशीनिंग प्रक्रिया 2D वेक्टर या 3D सॉलिड पार्ट CAD डिज़ाइन के निर्माण के साथ प्रारम्भ होती है। कंप्यूटर एडेड डिज़ाइन (CAD) सॉफ्टवेयर डिज़ाइनरों और निर्माताओं को उत्पाद के एक मॉडल या प्रतिपादन के साथ-साथ आवश्यक तकनीकी विशिष्टताओं, जैसे आयाम और ज्यामिति इत्यादि की जानकारी उपलब्ध कराता है। CNC मशीन और औजार की क्षमताओं द्वारा मशीनिंग किये गए भागों के लिए डिज़ाइन प्रतिबंधित हैं। उदाहरण के लिए, अधिकांश CNC मशीन टूल बेलनाकार हैं इसलिए CNC मशीनिंग प्रक्रिया के माध्यम से घुमावदार ज्यामिति वाले कार्यखंड बनाना आसानी से संभव है। इसके अतिरिक्त, मशीन द्वारा मशीनीकृत भागों, टूल डिज़ाइन, और वर्कहोल्डिंग क्षमताओं के गुणों को ध्यान में रखकर डिज़ाइन की संभावनाओं को और अधिक सीमित कर देता है, जैसे कि न्यूनतम भाग मोटाई, अधिकतम भाग आकार, विशेषताओं का समावेश और जटिलता।

एक बार CAD डिज़ाइन पूरा हो जाने के बाद, डिज़ाइनर इसे SECEP या IGES जैसे CNC-संगत फ़ाइल प्रारूप में निर्यात करता है।

## 4.8 CAD फ़ाइल रूपांतरण (CAD File Conversion)

स्वरूपित CAD डिज़ाइन फ़ाइल एक प्रोग्राम के माध्यम से चलती है, आमतौर पर कंप्यूटर-एडेड विनिर्माण (CAM) सॉफ्टवेयर, भाग ज्यामिति को निकालने के लिए डिजिटल प्रोग्रामिंग कोड उत्पन्न करता है जो CNC मशीन को नियंत्रित करेगा और कस्टम-डिज़ाइन किए गए भाग का उत्पादन करने के लिए टूलिंग का मार्ग प्रदर्शन करेगा। CNC मशीनों में



G-कोड और M-कोड सहित कई प्रोग्रामिंग भाषाओं का उपयोग किया जाता है। GC-कोड के रूप में संदर्भित CNC प्रोग्रामिंग भाषा सामान्य या ज्यामितीय कोड का सबसे प्रसिद्ध कोड है। मशीन उपकरण कब, कहां और कैसे नियंत्रित करना है जैसे- चालू या बंद करने के लिए कब, कितनी तेजी से एक चलना है, विशेष स्थान, कार्यस्थल के पास जाने के लिए कौन से रास्ते हैं आदि। M-कोड के रूप में संदर्भित विविध फ़ंक्शन कोड, मशीन के सहायक कार्यों को नियंत्रित करता है, जैसे कि उत्पादन के प्रारम्भ और अंत में मशीन कवर को हटाने और बदलने को स्वचालित करता है। एक बार जब CNC प्रोग्राम उत्पन्न होता है, तो ऑपरेटर इसे CNC मशीन में लोड करता है।

**मशीन सेट अप (Machine Setup):** इससे पहले कि ऑपरेटर CNC प्रोग्राम चलाये, उन्हें ऑपरेशन के लिए CNC मशीन कोड तैयार करनी होगी। इन तैयारियों में मशीन में सीधे वर्कपीस को मशीन स्पिंडल पर या मशीन विज़ या इसी तरह के वर्कहोल्डिंग डिवाइस में बाँधना और आवश्यक टूलिंग, जैसे ड्रिल बिट और एंड मिल्स को उचित मशीन घटकों में संलग्न करना सम्मिलित है। एक बार मशीन पूरी तरह से सेट हो जाने के बाद, ऑपरेटर CNC प्रोग्राम चला सकता है।

#### 4.9 मशीनिंग संचालन निष्पादन (Machining Operation Execution)

CNC कार्यक्रम CNC मशीन के निर्देश के रूप में कार्य करता है। यह मशीन के एकीकृत कंप्यूटर को टूलिंग के कार्यों और रुकावटों को निर्धारित करने के लिए मशीन कमांड को प्रस्तुत करता है, जो मशीन टूलिंग को संचालित करता है। CNC मशीनिंग प्रक्रिया शुरू करने के लिए CNC मशीन का संकेत मिलता है, और कार्यक्रम पूरी प्रक्रिया के दौरान मशीन का मार्गदर्शन करता है क्योंकि यह कस्टम-डिज़ाइन किए गए भाग या उत्पाद का उत्पादन करने के लिए आवश्यक मशीन संचालन को निष्पादित करता है।

#### 4.10 CNC मशीनिंग संचालन के प्रकार (Types of CNC Machining Operations)

ऑटोमोटिव, एयरोस्पेस, कंस्ट्रक्शन और एग्रीकल्चर सहित विभिन्न प्रकार के उद्योगों के लिए CNC मशीनिंग एक विनिर्माण प्रक्रिया है, और ऑटोमोबाइल फ्रेम, सर्जिकल उपकरण, हवाई जहाज इंजन और हाथ और उद्यान उपकरण जैसे उत्पादों की एक श्रृंखला का उत्पादन करने में सक्षम है। इस प्रक्रिया में कई अलग-अलग कंप्यूटर-नियंत्रित मशीनिंग ऑपरेशन शामिल हैं—जिनमें यांत्रिक, रासायनिक, विद्युत और थर्मल प्रक्रियाएं शामिल हैं। जो कस्टम-डिज़ाइन किए गए भाग या उत्पाद का उत्पादन करने के लिए वर्कपीस से आवश्यक सामग्री को निकालते हैं। जबकि रासायनिक, विद्युत और तापीय मशीनिंग प्रक्रियाएं बाद के खंड में शामिल की जाती हैं, इस खंड में कुछ सबसे आम मैकेनिकल CNC मशीनिंग ऑपरेशन शामिल हैं:

- Drilling
- Milling
- Turning
- Plasma Cutting
- Broaching
- Sawing
- Grinding
- Honing
- Lapping



Table 4.1—Characteristics of Common CNC Machining Operations

| Machining Operation | Characteristics                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Drilling            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• बहु-बिंदु ड्रिल बिट्स को घुमाने में सक्षम</li> <li>• ड्रिल बिट का वर्कपीस में लंबवत या कोणीय रूप से प्रवेश</li> <li>• वर्कपीस में बेलनाकार छेद बनाना</li> </ul>                                                                                  |
| Milling             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• बहु-बिंदु काटने के उपकरण को घुमाने में सक्षम</li> <li>• वर्कपीस को काटने के उपकरण रोटेशन के समान दिशा में घूमने योग्य</li> <li>• वर्कपीस से पदार्थ हटाना</li> <li>• आकार की व्यापक रेंज का उत्पादन करना</li> </ul>                               |
| Turning             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• एकल-बिंदु काटने के उपकरण को जोड़ता है</li> <li>• वर्कपीस को घुमाता है</li> <li>• कटिंग टूल वर्कपीस की सतह पर धातु छीलने का कार्य करता है</li> <li>• वर्कपीस से सामग्री निकालता है</li> <li>• गोल या बेलनाकार भागों का निर्माण करता है</li> </ul> |

#### 4.11 CNC मशीन मॉडल (CNC Machine Models)

CNC मशीनें मानक और डेस्कटॉप मॉडल में उपलब्ध हैं। मानक CNC मशीनें विशिष्ट उद्योग मानक मशीनें हैं, जिन्हें एक विशिष्ट मशीन संचालन करने के लिए उपयोग किया जा सकता है, जैसे ड्रिल प्रेस, या मिलिंग और टर्निंग मशीन जैसे ऑपरेशन। डेस्कटॉप CNC मशीनें छोटी मशीन हैं, अधिक हल्की मशीनें अपने बड़े मशीनों के समकक्ष हैं। आमतौर पर डेस्कटॉप मॉडल फोम और प्लास्टिक, जैसे नरम सामग्री के छोटे भागों को संभालते हैं, और हल्के से मध्यम उत्पादन आउटपुट के लिए उपयुक्त होते हैं। उपलब्ध डेस्कटॉप CNC मशीनों के प्रकार में प्लॉटर-आकार के लेजर कटर और मिलिंग मशीन डेस्कटॉप या बेंचटॉप लैथ शामिल हैं।

#### 4.12 सामग्री विचार (Material Considerations)

CNC मशीनिंग प्रक्रिया विभिन्न इंजीनियरिंग सामग्रियों के लिए उपयुक्त है:

- धातु (जैसे, एल्यूमीनियम, पीतल, स्टेनलेस स्टील, मिश्र धातु इस्पात, आदि)
- प्लास्टिक (जैसे, PEEK, PTFE, नायलॉन, आदि)
- लकड़ी
- फोम
- सम्मिश्र पदार्थ

चयन के लिए इष्टतम सामग्री एक CNC विनिर्माण अनुप्रयोग के लिए काफी हद तक विशेष रूप से विनिर्माण अनुप्रयोग और इसके विनिर्देशों पर निर्भर है। अधिकांश सामग्रियों को मशीनीकृत किया जा सकता है बशर्ते कि वे मशीनिंग प्रक्रिया का सामना कर सकें अर्थात् पर्याप्त कठोरता, तन्य शक्ति, कतरनी शक्ति, रासायनिक और तापमान प्रतिरोध हो। कार्यखंड पदार्थ और इसके भौतिक गुणों का उपयोग इष्टतम काटने की गति, काटने की दर और कट की गहराई को निर्धारित करने के लिए किया जाता है। प्रति मिनट सतह कटाई के अनुमान में मापा जाता है, काटने की गति यह बताती है कि मशीन टूल



कितनी तेजी से वर्कपीस से सामग्री को काटता है या हटाता है। फीड दर प्रति मिनट इंच में मापा जाता है। फीड यह बताता है की मशीन उपकरण की ओर वर्कपीस को कितनी तेजी से चलाया जाना है। कटिंग का गहराई वर्कपीस में कटाई उपकरण द्वारा लगाए गए कट को प्रदर्शित करता है। वर्कपीस पहले एक प्रारंभिक चरण से गुजरता है जिसमें यह लगभग अनुमानित, कस्टम-डिज़ाइन आकार और आयामों के लिए तैयार होता है, और फिर एक परिष्करण चरण का कार्य करता है जिसमें यह अपने अधिक सटीक और सही आकार प्राप्त करने के लिए धीमी फीड दरों और कम कट गहराई का अनुभव करता है।

#### 4.13 आकार विचार (Size Considerations)

CNC मशीनिंग प्रक्रिया द्वारा दी जाने वाली क्षमताओं और संचालन की विस्तृत श्रृंखला इसे ऑटोमोटिव, एयरोस्पेस, निर्माण और कृषि सहित विभिन्न उद्योगों में उपयोगी बनाने में मदद करती है और इसे शाफ्ट, हाइड्रोलिक घटकों, शिकंजा जैसे उत्पादों की एक श्रृंखला का उत्पादन करने में सक्षम बनाती है। प्रक्रिया की बहुमुखी प्रतिभा और अनुकूलनशीलता के बावजूद, कुछ हिस्सों का निर्माण—जैसे, बड़े या भारी घटक—दूसरों की तुलना में अधिक चुनौतियां पेश करते हैं। तालिका 4.2, में बड़े भागों और भारी घटकों की मशीनिंग की कुछ चुनौतियों की रूपरेखा दिखाई गई है।

तालिका 4.2—भाग के आकार द्वारा मशीनिंग की चुनौतियाँ

| Part Size                  | Challenges of Machining                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| बड़े भाग (Large Part)      | <ul style="list-style-type: none"> <li>स्थिति और प्रसंस्करण के लिए विशेष उपकरणों की आवश्यकता होती है</li> <li>विशेष उपकरणों के लिए ऑपरेटर प्रशिक्षण की आवश्यकता है</li> <li>अधिक जटिल मशीन सेट-अप</li> <li>कार्य क्षेत्र के लिए बहुत बड़ा हो सकता है</li> <li>सटीकता को प्रभावित करने वाले कारकों का प्रवर्धन</li> <li>प्रक्रिया के दौरान उत्पन्न बड़ी मात्रा में गर्मी</li> <li>तनाव से संबंधित विकृति का अधिक से अधिक मौका</li> </ul> |
| भारी घटक (Heavy Component) | <ul style="list-style-type: none"> <li>हैंडलिंग और प्रसंस्करण के लिए विशेष टूलिंग और उपकरण की आवश्यकता होती है</li> <li>विशेष उपकरणों के लिए ऑपरेटर प्रशिक्षण की आवश्यकता है</li> <li>कार्य क्षेत्र के लिए बहुत भारी हो सकता है</li> <li>उपकरण पर तनाव की अधिक मात्रा</li> </ul>                                                                                                                                                        |

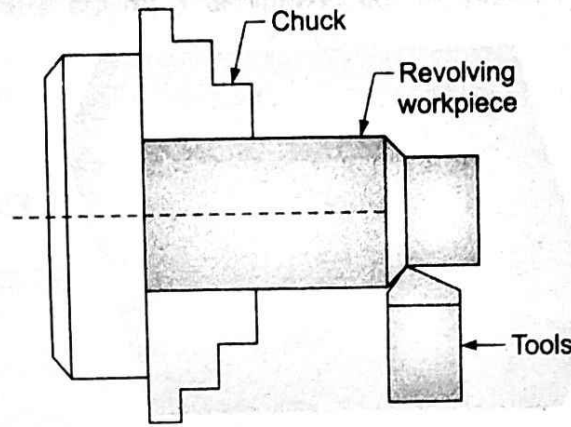
यद्यपि CNC मशीनिंग अन्य विनिर्माण प्रक्रियाओं पर लाभ प्रदर्शित करता है, फिर भी यह हर विनिर्माण अनुप्रयोग के लिए उपयुक्त नहीं हो सकता है, और अन्य प्रक्रियाएं अधिक उपयुक्त और लागत प्रभावी साबित हो सकती हैं। अन्य मैकेनिकल CNC मशीनिंग प्रक्रियाएं अल्ट्रासोनिक मशीनिंग, वॉटरजेट कटिंग और अपघर्षक जेट मशीनिंग हैं। यांत्रिक प्रक्रियाओं के अलावा, रासायनिक, विद्युत, और थर्मल मशीनिंग प्रक्रिया भी उपलब्ध हैं। रासायनिक मशीनिंग प्रक्रियाओं में रासायनिक मिलिंग, कंबलिंग और उत्कीर्णन शामिल हैं; इलेक्ट्रोकेमिकल मशीनिंग प्रक्रियाओं में इलेक्ट्रोकेमिकल ड्रिबिंग और पीस शामिल हैं; और थर्मल मशीनिंग प्रक्रियाओं में इलेक्ट्रॉन बीम मशीनिंग, लेजर कटिंग, प्लाज्मा आर्क कटिंग और इलेक्ट्रिकल डिस्चार्ज मशीनिंग (EDM) शामिल हैं।

#### 4.14 NC टर्निंग (NC Turning)

NC टर्निंग एक विनिर्माण प्रक्रिया है जिसमें मैटेरियल को चक में बाँधा जाता है और घुमाया जाता है और वांछित आकार प्राप्त करने के लिए मैटेरियल को हटाने के लिए एक टूल का उपयोग किया जाता है। एक टरेट (Terret) लेथ मशीन टूल



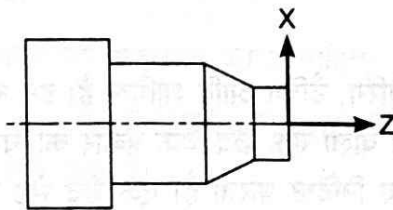
के साथ जुड़ा हुआ है और मशीनिंग के दौरान कार्यखण्ड (Job) में से मेटल को रिमूव किया जाता है। इसे 'सबस्ट्रक्टिव (घटाव) मशीनिंग' भी कहा जाता है क्योंकि इसमें मैटेरियल निकलते हैं।



चित्र 4.8—टर्निंग प्रक्रिया (Turning Operation)

#### Turning Operation

- Plain or Straight Turning
- Rough Turning
- Shoulder Turning
- Taper Turning
- Eccentric Turning
- Chamfering Operation
- Thread turning
- Groove turning
- Step turning



चित्र 4.9—टर्निंग प्रक्रिया अक्ष (Turning Operation axis)

#### 4.15 मिलिंग ऑपरेशन्स (Milling Operations)

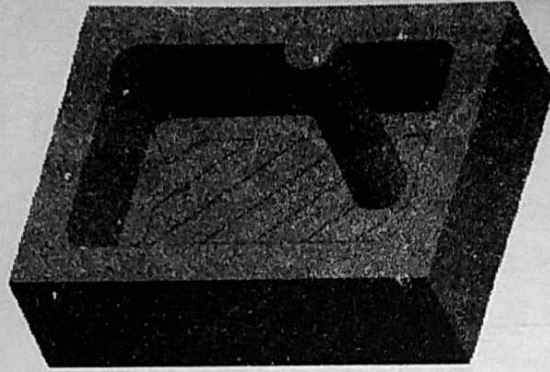
मिलिंग एक प्रक्रिया में कटर को आगे बढ़ाकर सामग्री को हटाने के लिए रोटरी कटर का उपयोग करते हैं। यह मशीनिंग की एक प्रक्रिया है। यह एक या कई अक्षों, कटर सिर की गति, और दबाव पर अलग-अलग दिशा में machining किया जा सकता है। मिलिंग में छोटे-छोटे अलग-अलग हिस्सों से लेकर बड़े, भारी-भरकम गैंग मिलिंग ऑपरेशंस तक कई तरह के अलग-अलग ऑपरेशन और मशीनें शामिल हैं। 1960 के दशक में संख्यात्मक नियंत्रण (NC) के आगमन के बाद, मिलिंग मशीन मशीनिंग केंद्रों में विकसित हुई: स्वचालित उपकरण परिवर्तक, NC क्षमता और शीतलक प्रणाली द्वारा विकसित हुआ।

कुछ अलग प्रकार के मिलिंग ऑपरेशन—



**(A) वॉल्यूम मिलिंग (Volume Milling)**

इस स्थिति में मिलिंग ऑपरेशन में एक बंद वॉल्यूम हटाया जाना है। इसका उपयोग रफ फेस मिलिंग या पॉकेट मिलिंग ऑपरेशन के लिए किया जाता है। वॉल्यूम मिलिंग की एक विशेषता यह है कि टूल हमेशा मिलिंग वॉल्यूम के भीतर होगा।



चित्र 4.10—वॉल्यूम मिलिंग (Volume Milling)

**(B) सतह मिलिंग (Surface Milling)**

मिलिंग ऑपरेशन के लिए घटक की एक सतह का चयन किया जा सकता है। सतह के 3-अक्ष, 4-अक्ष या 5-अक्ष मिलिंग के उदाहरण हैं, प्रोफाइलिंग, पॉकेट फिनिशिंग आदि।

कुछ अन्य मिलिंग ऑपरेशन्स निम्न हैं—

- Face milling
- End milling
- Form milling
- Gear cutting
- Volume milling

**4.16 ड्रिलिंग होल (Drilling Hole)**

होल बनाने की प्रक्रिया में ड्रिलिंग, रीमिंग, बोरिंग, टैपिंग आदि शामिल हैं। इन ऑपरेशनों को टर्निंग मशीन और मशीनिंग केंद्र दोनों में किया जाना है। NC अनुक्रम बनाने वाला एक छेद चक्र प्रकार का चयन करके बनाया जाता है और छेद सेट को परिभाषित करके छेद को ड्रिल करने के लिए निर्दिष्ट करता है। एक छेद सेट में ड्रिल किए जाने वाले एक या अधिक छेद शामिल हो सकते हैं। प्रत्येक छेद सेट में एक ड्रिलिंग गहराई, व्यास एवं अन्य निर्देश शामिल होते हैं।

छेद सेट में शामिल किए जाने वाले छेद को चुनने के विभिन्न तरीके हैं—

- एकल छेद अक्ष का चयन करके।
- एक चयनित सतह पर सभी छेदों को शामिल करके।
- एक छेद से जिसमें डेटम बिंदुओं के निर्देशांक होते हैं।
- एक निर्दिष्ट सतह पर सभी डेटम बिंदुओं को शामिल करके।
- एक निर्दिष्ट व्यास के सभी छेदों को शामिल करके।
- निर्दिष्ट सतह पर व्यक्तिगत डेटा बिंदुओं को शामिल करके।



CAM सॉफ्टवेयर में कई प्रकार के छेद बनाने के विकल्प होते हैं—

- ड्रिल (Drill)
- फेस (Face)
- बोर (Bore)
- रीमर (Reamer)
- टैप (Tap)

#### 4.17 टूल मोशन पैरामीटर (Tool Motion Parameters)

NC प्रोग्राम बनाने के लिए कई टूल मोशन पैरामीटर इनपुट करने होते हैं। कुछ निम्न हैं—

- Feed\_rate
- Coolant
- Spindle\_speed
- Speed\_sense
- Spindle\_rpm
- Spindle\_range
- Lead\_radius
- Lead\_step

#### Auxiliary NC Sequences

- Goto Point
- Go Delta
- Go Home
- Follow Sketch

#### 4.18 ज्यामिति बनाना (Creating Geometry)

CNC मशीन को संचालित करने करने के लिए तकनीकी ड्राइंग की आवश्यकता होती है। जिसमें उत्पाद की पूरी जानकारी दी गयी रहती है। तकनीकी ड्राइंग के द्वारा अभियन्ता अपने विचार ड्राइंग के द्वारा समझता है। किसी भी उत्पाद का आकार कैसे हो सकता है उसके बारे में विचार करने के लिए तकनीकी ड्राइंग का प्रयोग किया जाता है। इसलिए तकनीकी ड्राइंग को अभियन्ता की भाषा भी कहते हैं।

तकनीकी ड्राइंग तैयार करते समय चरण का अनुसरण करना चाहिए:

**चरण 1**—सबसे महत्वपूर्ण विचारों को परिभाषित करें और ड्राइंग के ऑर्थोग्राफिक दृश्य को केंद्र में रखें, आयाम जोड़ने के लिए पर्याप्त स्थान छोड़ दें।

**चरण 2**—यदि उत्पाद के हिस्से में आंतरिक विशेषताएं जटिल हो और उनका आयामीकरण करना कठिन हैं, तो अनुभाग विचार या विवरण दृश्य को तदनुसार जोड़ने पर विचार करें।

**चरण 3**—सभी दृश्यों में निर्माण लाइनें जोड़ें। निर्माण लाइनों में सेंटरलाइन (सतहों या समरूपता के अक्षों को परिभाषित करने के लिए), केंद्र चिह्न और केंद्र पैटर्न चिह्न (छेद के केंद्र या परिपत्र पैटर्न के स्थान को परिभाषित करना) आदि जोड़ें।

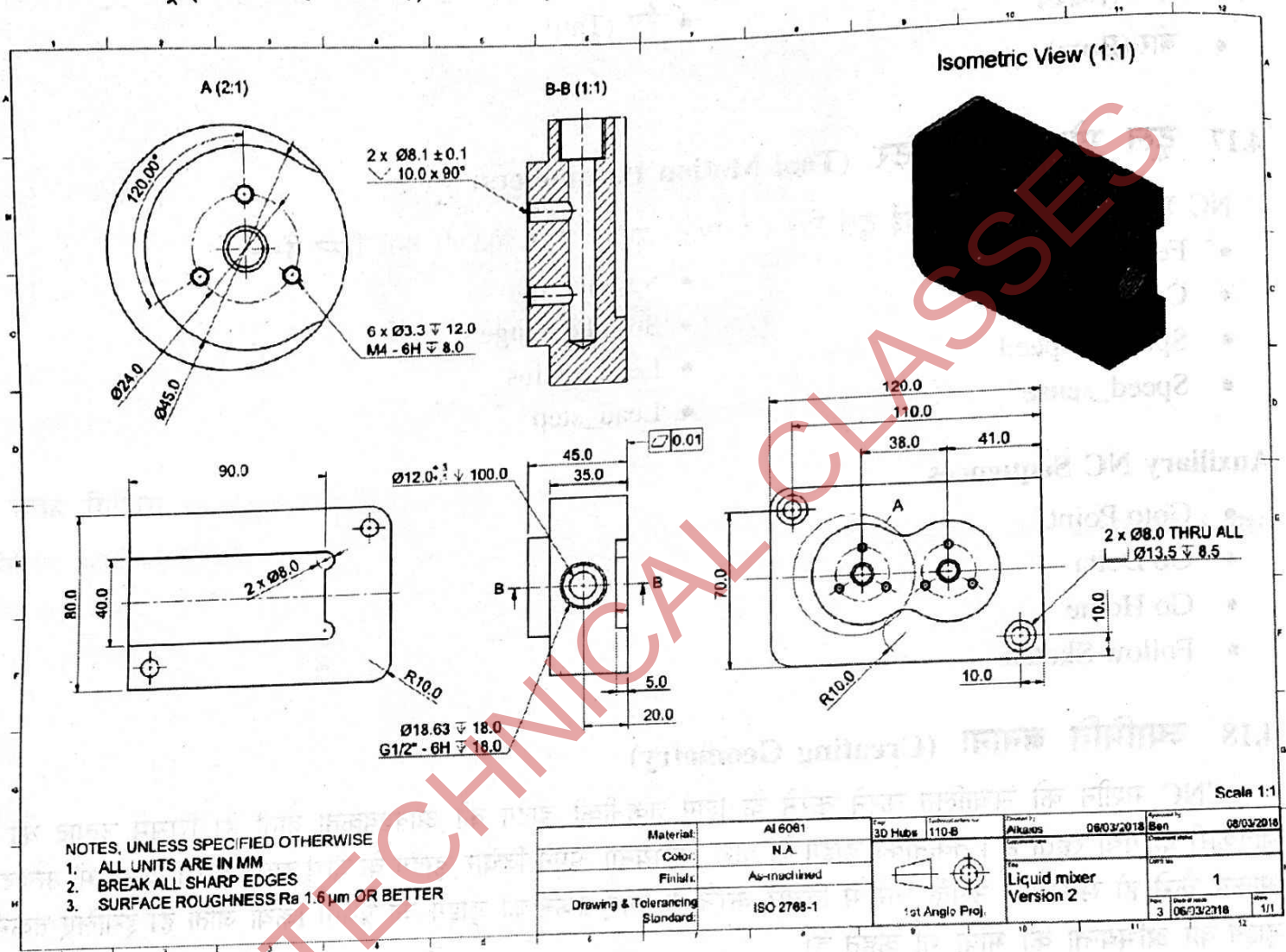
**चरण 4**—अपने ड्राइंग में आयाम जोड़ें, सबसे महत्वपूर्ण आयामों के साथ शुरू करें तथा आयाम की पुनरावृत्ति न हो (कुछ विषेस प्रकरण में पुनरावृत्ति हो सकती है)।

**चरण 5**—सभी थ्रेड्स का स्थान, आकार और लंबाई निर्दिष्ट करें।

**चरण 6**—मानक सहिष्णुता की तुलना में उच्च सटीकता प्राप्त करने के लिए आवश्यकता सहिष्णुता जोड़ें (3D हब में यह  $\pm 0.125$  या to 0.005") है।



**चरण 7—**शीर्षक ब्लॉक को भरें और यह सुनिश्चित करें कि सभी प्रासंगिक जानकारी और आवश्यकताएं जो मानक प्रथाओं (सतह खत्म, डिबर्निंग आदि) के अलावा आवश्यक है, तो टिप्पणी में उल्लिखित है। जब आपकी ड्राइंग तैयार हो जाती है, PDF फाइल के रूप में अपने ऑर्डर में संलग्न करें



चित्र 4.11—CNC ऑपरेशन के लिए पूर्ण तकनीकी ड्राइंग

### 4.19 टूल पाथ जेनरेशन (Tool Path Generation)

CAD सॉफ्टवेयर का उपयोग करके किसी भी हिस्से के NC मशीनिंग के लिए चार चरण हैं—

1. Recognition of machined surface
2. Tool path generation
3. Tool path verification
4. Collision detection

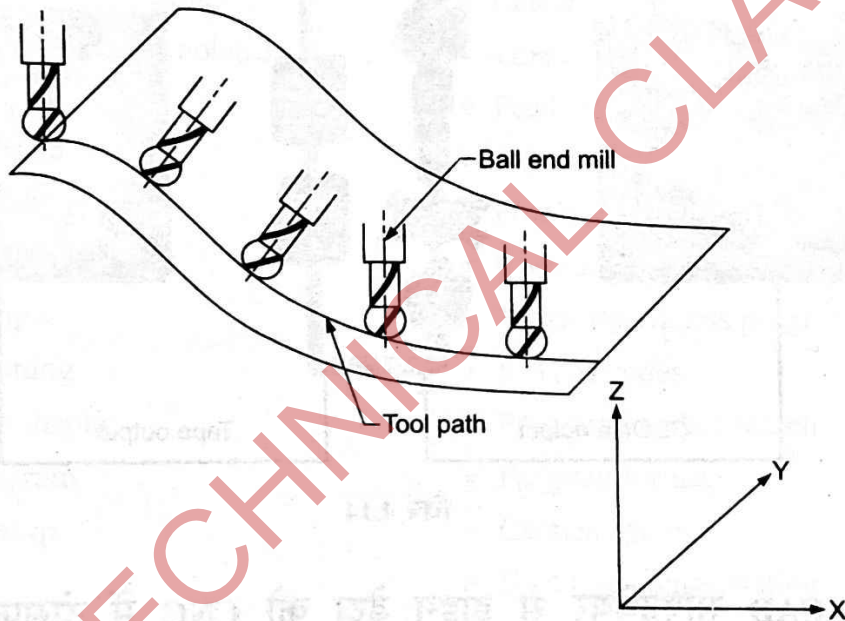
Tool path generation डिज़ाइन सतह से बिंदुओं के अनुक्रम का संग्रह है, जो उपकरण सतह पर सामग्री को हटाने के लिए अनुसरण करता है। Tool path generation को या तो कटर संपर्क आधारित विधि या कटर स्थान आधारित विधि के रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है जो सतह के प्रकार पर निर्भर करता है। कटर संपर्क आधारित विधि, कटर संपर्क बिंदुओं के अनुक्रम में भाग की सतह को विभाजित करके उपकरण पथ उत्पन्न करता है जिसे बाद में कटर स्थान बिंदुओं में बदल दिया जाता है। यह प्रक्रिया तीन विधियों के आधार पर की जाती है—

Parametric, Drive Surface और Guide Plane Method कटर स्थान विधि डिज़ाइन सतह पर एक कटर स्थान सतह बनाकर tool path generate करता है।

सतह से निकाले गए निर्देशांक के आधार पर, tool path या तो कार्टेशियन आधारित या पैरामीट्रिक आधारित हो सकती है। कार्टेशियन आधारित tool path की योजना बनाई गई है कि कार्टेशियन के  $X$ - $Y$  plane पर सतहों और plane के बीच intersecting curves की रचना करके। पैरामीट्रिक आधारित टूल पथ में, सतह डेटा का उपयोग सीधे टूल पथ निर्माण में किया जा सकता है।

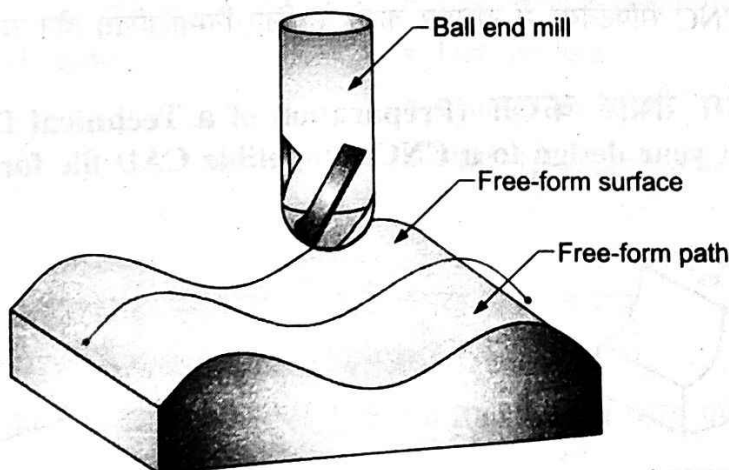
एक CNC मशीन उपकरण में कई नियंत्रित अक्ष हो सकती हैं। यदि 2 अक्ष में एक साथ दोलनों की सुविधा उपलब्ध है, तो नियंत्रण को 2-अक्ष नियंत्रण कहा जाता है।

CNC खराद में 2 अक्ष यानी  $X$  और  $Z$  होंगे। एक मोड़ केंद्र में 3 अक्ष होंगे यानी  $X$ ,  $Z$  और  $Y$ । एक मशीनिंग केंद्र में आमतौर पर 3 अक्ष ( $X$ ,  $Y$  और  $Z$ ) होंगे।



चित्र 4.12—टूल पाथ जनरेशन

काटने के उपकरण और वर्कपीस को अन्य घटक जैसे जिग्स, स्थिरता और स्पिंडल से टकरा सकता है। टक्कर से बचाने के लिए solid modeling का उपयोग होता है जिसे tool path verification कहते हैं।

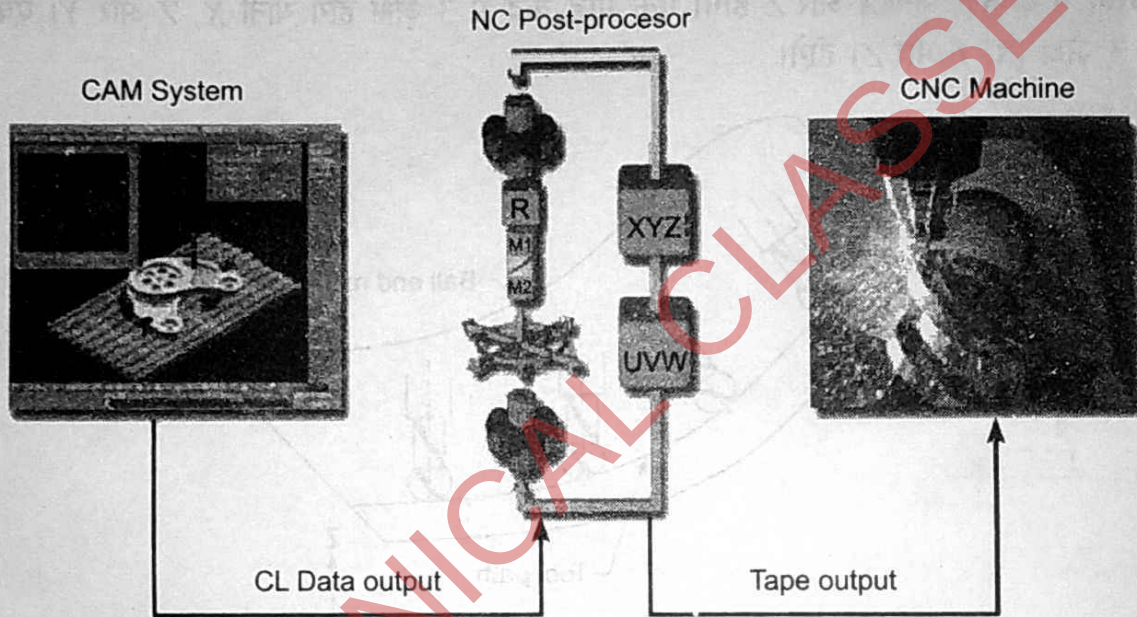


चित्र 4.13—टूल पाथ



## 4.20 NC Post Processing

एक CNC मशीन टूल की विशिष्टताएं और क्षमताएं एक से दूसरे में भिन्न होंगी। मशीन टूल-कंट्रोल सिस्टम संयोजन के अनुरूप Cutter Location (CL) data से NC प्रोग्राम बनाने के लिए CL फ़ाइलों को संशोधित करने की आवश्यकता होती है। इस प्रक्रिया को आमतौर पर पोस्ट-प्रोसेसिंग और CAM सॉफ्टवेयरस कहा जाता है। आमतौर पर मशीन स्टेटमेंट का उपयोग पोस्ट-प्रोसेसर को चुनने के लिए किया जाता है। एक सामान्य विवरण, डेटाबेस से NC मशीन के बारे में सभी आवश्यक जानकारी प्राप्त करेगा इस प्रकार बनाया गया NC प्रोग्राम संपादन या संशोधन के लिए स्क्रीन पर संग्रहीत, सूचीबद्ध या सिमुलेटेड होता है, यदि आवश्यक हो, या DNC का उपयोग करके CNC मशीन में स्थानांतरित भी किया जा सकता है।



चित्र 4.14

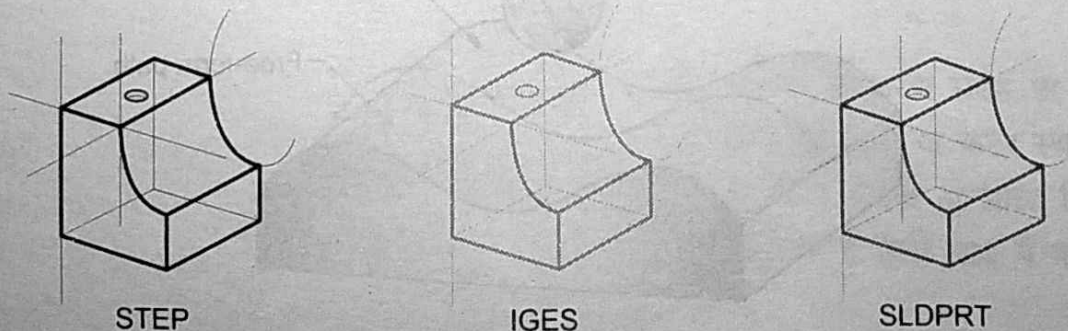
## 4.21 किसी भी CAD सॉफ्टवेयर से ड्राइंग डेटा को CNC में ट्रांसफर करना (Transfer of Drawing Data from any CAD Software to CNC)

CAD डेटा को अन्य पैकेजों जैसे ANSYS, CNC Programming या अन्य CAD पैकेजों में निर्यात करना आवश्यक है। इसे करने के Neutral फ़ाइलों को STEP, IGES या DXF फ़ाइलों का उपयोग करना होता है।

CAD सॉफ्टवेयर से CNC सॉफ्टवेयर में ट्रांसफर करने के लिए निम्नलिखित तीन चरण हैं—

## 4.22 तकनीकी ड्राइंग तैयार करना (Preparation of a Technical Drawing)

Step 1: Export your design to a CNC-compatible CAD file format



चित्र 4.15



मुख्य रूप से CNC मशीनिंग में उपयोग किए जाने वाले फ़ाइल प्रारूप STEP और IGES हैं। ये प्रारूप ओपन-सोर्स और मानकीकृत हैं, और प्लेटफ़ॉर्म पर उपयोग किए जा सकते हैं।

यह बहुत सुविधाजनक है, लेकिन ध्यान रखें कि आपके मॉडल संभवतः विनिर्माण प्रक्रिया के दौरान कुछ बिंदु पर STEP प्रारूप में परिवर्तित हो जाएंगे।

अपने डिज़ाइन का निर्यात STEP के रूप में सीधे अपने मूल CAD सॉफ्टवेयर से करें। इस तरह से आप यह सुनिश्चित करने के लिए अपलोड करने से पहले निरीक्षण कर सकते हैं कि कोई रूपांतरण त्रुटियां नहीं हैं।

#### 4.23 Functions Available in a Typical CNC System

एक लोकप्रिय CNC प्रणाली में उपलब्ध कार्य नीचे सूचीबद्ध हैं—

- Controlled axes
- Max. programmable dimensions
- Multi-quadrant circular Interpolation
- Rapid traverse
- Rapid traverse override
- Exact stop
- Reference point return
- Decimal point input
- Radius programming
- Program number display
- Program/subprogram
- Optional block skip
- No. of offsets
- Cycle start/Feed hold
- Manual continuous feed
- Machine lock
- Single block
- Variable tape storage length
- Self diagnostics
- Stored stop check
- Spindle speed
- Simultaneous axes
- Linear Interpolation
- Thread cutting
- Feed rate override
- Auto acceleration and retardation
- Dwell
- Co-ordinate system setting
- X axis dia./radius programming
- S, T, M codes
- Program number search
- Program format
- Canned cycles
- Backlash compensation
- Reset
- Incremental feed
- Dry run
- Registerable programs
- Data protect
- Emergency stop
- PMC (programmable machine control)

#### 4.24 CNC प्रणाली में उपलब्ध सुविधाओं की कुछ विशेषताएं (Some of the Features Available in Typical CNC System)

हाल ही में CNC नियंत्रकों की एक नई पीढ़ी को कई निर्माताओं द्वारा विकसित किया गया है। उनकी कुछ महत्वपूर्ण विशेषताएं हैं—



1. **इष्टतम टूल पथ का स्वचालित निर्धारण (Automatic Determination of Optimum Tool Path)**—अंतःक्रियात्मक इनपुट को परिभाषित करने के लिए डेटा का उपयोग करके वर्कपीस आकृति को परिभाषित करने के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता (Artificial intelligence) को उपयोग किया जाता है ताकि अनावश्यक अप्रोच गति को समाप्त करने के लिए इष्टतम (Optimum) पथ बिंदु और उपकरण मार्ग के बीच में निर्धारित किया जा सके। नतीजतन, समग्र मशीनिंग चक्र को कम से कम किया जाता है।
2. **फ़ीड स्पिंडल अभिविन्यास (Feed Spindle Orientation)**—डिजिटल नियंत्रित ए०सी० स्पिंडल मोटर के उपयोग से धुरी अभिविन्यास (spindle orientation) तेज और सटीक होता है।
3. **स्वचालित फ़ीड दर ओवरराइड (Automatic Feedrate Override)**—पॉकेट मिलिंग जैसे मशीनिंग चक्र के लिए केवल एक फ़ीड दर प्रोग्राम किया जाता है, लेकिन इन-फ़ीड दिशा और कोने काटने दोनों के लिए इष्टतम फ़ीड दर स्वचालित रूप से निर्धारित करने के लिए Automatic feedrate override feature का उपयोग होता है।
4. **उच्च गति दोहन (High Speed Tapping)**—डिजिटली नियंत्रित स्पिंडल मोटर स्पिंडल रोटेशन और Z अक्ष फ़ीड को सिंक्रनाइज़ करने में सहायता करता है। यह अग्रिम डिज़ाइन फ्लोटिंग टैप होल्डर के उपयोग के बिना भी उच्च गति, उच्च परिशुद्धता (high precision) दोहन (tapping) संभव बनाता है। इसे कठोर दोहन के रूप में भी जाना जाता है।
5. **जटिल आकृति की उच्च पर गति काटना (High Speed Cutting of Complex Contours)**—जटिल आकृति के लिए जिन्हें अत्यंत छोटी दूरी तक प्रक्षेप (Interpolation) की आवश्यकता होती है, 32 या 64 बिट प्रोसेसर की गति के तेज प्रोसेसर के परिणामस्वरूप CNC सिस्टम में बहुत अधिक फीड दर होती है।
6. **निरपेक्ष स्थिति का पता लगाने में (Absolute Position Detection)**—यदि मशीन निरपेक्ष स्थिति का पता लगाने की सुविधा के साथ काम करती है, तो एक मशीन को ऑपरेशन शुरू करने से पहले प्रारंभिक स्थिति में नहीं लौटना पड़ता है। मुख्य कम्प्यूटर द्वारा नियंत्रित मशीनिंग केंद्र के लिए यह विशेष रूप से लाभप्रद है।
7. **स्वचालित केंद्र (Automatic Centering)**—स्पिंडल में लगे एक टच सेंसर के उपयोग से, डेटम होल और सतहों का मापन किया जाता है। माप परिणामों के आधार पर, कार्य समन्वय प्रणाली स्वचालित रूप से स्थानांतरित हो जाती है और मशीनिंग शुरू होती है।
8. **अनुकूली फ़ीड दर नियंत्रण (Adaptive Feed Rate Control)**—इस फ़ंक्शन में लगातार धुरी मोटर और Z अक्ष सर्वो मोटर पर लोड की निगरानी होती है, इष्टतम काटने की स्थिति बनाए रखी जाती है। जब एक अधिभार (Overload) की स्थिति आती है, तो प्रोग्राम किए गए फीडरेट को स्वचालित रूप से ओवरराइड किया जाता है। जैसे-जैसे कटिंग लोड कम होता जाता है, तो फ़ीड दर स्वचालित रूप से प्रोग्राम किए गए मान पर वापस आ जाएगी।
9. **टूल पाथ स्टोरेज (Tool Path Storage)**—टूल पाथ स्टोरेज फ़ंक्शन का उपयोग मेमोरी में उस बिंदु को संग्रहीत करने के लिए किया जाता है जहां काटने के दौरान एक टूल टूट जाता है और सर्विसिंग के लिए कटर को वापस लेने के लिए उपयोग किया जाने वाला पथ है।
10. **विक्षेपण प्रतिकरण (Deflection Compensation)**—स्वतः क्षतिपूर्ति एक अक्ष पर विस्थापन के लिए किया जा सकता है, जो कि धातु के रूप में उपयोग की जाने वाली अन्य अक्ष के संबंध में है।
11. **काटने की स्थिति का अनुकूलन (Optimization of Cutting Conditions)**—कई सीएनसी सिस्टम कटिंग टूल डेटाबेस के साथ-साथ पैरामीटर डेटाबेस को भी एक्सेस करते हैं। इंटरएक्टिव प्रोग्रामिंग सुविधों CNC प्रणाली



में ड्राइंग की सुविधाओं के इनपुट के लिए मशीन टूल के ऑपरेटर को सक्षम करती हैं। सिस्टम उपयुक्त उपकरण चयन और काटने पैरामीटर चयन के साथ प्रतिक्रिया करता है। मापदंडों को अनुकूलित करने के लिए तकनीकों को भी शामिल किया गया है।

12. **सीढ़ी सर्किट प्रदर्शन (Ladder Circuit Display)**—सर्किट के खुले और बंद होने की स्थिति को CRT डिस्प्ले पर सीढ़ी चार्ट पर प्रदर्शित किया जाता है ताकि समस्याओं के कारण को इंगित किया जा सके।

#### 4.25 CNC सिस्टम सामान्य प्रोग्रामिंग विशेषताएँ (General Programming Features of CNC Systems)

CNC सिस्टम में वर्गीकृत किया जा सकता है—

- मशीनिंग केंद्रों के लिए CNC सिस्टम
- लेथ और टर्निंग सेंटर के लिए CNC सिस्टम
- विशेष अनुप्रयोगों जैसे ग्राइंडिंग मशीन, इलेक्ट्रिक डिस्चार्ज मशीन, इलेक्ट्रॉन बीम वेल्डिंग आदि के लिए CNC सिस्टम।

इन CNC प्रणालियों में कई विशेषताएं हैं—

**1. Absolute and Incremental Programming**—चित्र 4.16 एक प्लेट दिखाता है जिसमें 3 छेद ड्रिल किए जाने हैं। छेद के स्थानों को घटक के ड्राइंग में इंगित किया गया है। प्रोग्रामिंग के उद्देश्य के लिए, इन आयामों (Dimensions) को वर्कपीस कोऑर्डिनेट सिस्टम के संबंध में निर्दिष्ट किया जाना है।  $X$  और  $Y$  अक्षों को पहले परिभाषित किया जाना है। चित्र 4.16 प्लेट के किनारे से दूरी पर  $X$  और  $Y$  अक्षों को दर्शाता है। इन अक्षों के संबंध में तीन छेद स्थानों के निर्देशांक की गणना की जानी है।

निरपेक्ष निर्देशांक प्रणाली (absolute coordinate system) के मामले में सभी निर्देशांक, वर्कपीस के डेटम के संबंध में निर्दिष्ट होता है। वृद्धिशील निर्देशांक प्रणाली के मामले में, शून्य डेटा एक अस्थायी है। प्रत्येक को-ऑर्डिनेट पिछली स्थिति के संबंध में निर्दिष्ट होता है।

मशीनिंग के लिए तीन छेदों को स्लाइड 1, 2 और 3 के पदों पर क्रमिक रूप से ड्रिल स्पिंडल के नीचे स्थित किया जाना चाहिए। संदर्भ अक्ष आंकड़े में चिह्नित हैं। इस प्रकार कार्यक्रम में उपयोग किए जाने वाले पूर्ण निर्देशांक निम्न होंगे—

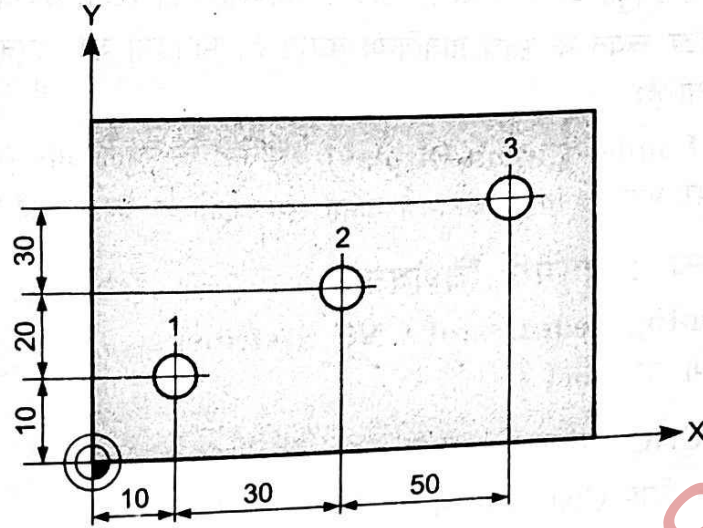
#### 2. For Absolute Coordinate System For Hole

| Position | X  | Y  |
|----------|----|----|
| 1        | 10 | 10 |
| 2        | 30 | 20 |
| 3        | 50 | 30 |

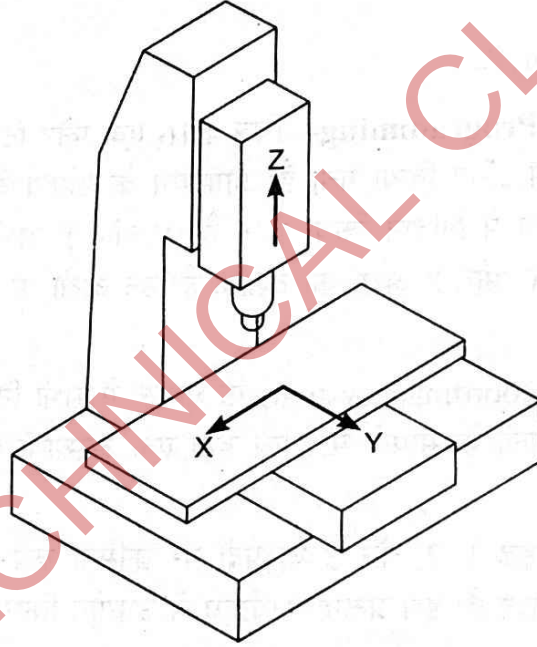
#### 3. For Incremental Coordinate System For Hole

| Position | X              | Y              |
|----------|----------------|----------------|
| 1        | $10 - 0 = 10$  | $10 - 0 = 10$  |
| 2        | $30 - 10 = 20$ | $20 - 10 = 10$ |
| 3        | $50 - 30 = 20$ | $30 - 20 = 10$ |





चित्र 4.16—ड्रिलिंग मशीनिंग केंद्र के अक्ष



चित्र 4.17—एक ऊर्ध्वाधर मशीनिंग केंद्र के अक्ष

#### 4.26 तैयारी कोड और विविध कोड (Preparatory Codes and Miscellaneous Codes)

CNC प्रोग्राम की एक विशिष्ट रेखा (जिसे ब्लॉक कहा जाता है) नीचे दी गई है—

**N 0040 G01 X100.05 Y180.95 S450 M08;**

प्रत्येक ब्लॉक एक ब्लॉक नंबर (3 या 4 अंक), N शब्द से शुरू होता है; एक ब्लॉक में एक या एक से अधिक G फ्रंक्शन हो सकते हैं। G code जैसे (G01) यदि पहले परिभाषित किए गए हैं। और यदि मान समान हैं तो उन्हें दोहराया नहीं जाना चाहिए। ऐसे G फ्रंक्शन को मोडल G फ्रंक्शन कहा जाता है। ब्लॉक में लक्ष्य बिंदु के X, Y और Z निर्देशांक होते हैं।

जिस फीड पर स्लाइड मूवमेंट होता है वह फीड वैल्यू (F) में निर्दिष्ट होता है। (जैसे F 400 mm / min के बराबर)। यदि फीड पिछले ब्लॉक में निर्दिष्ट है, तो इसे फिर से दोहराया जाने की आवश्यकता नहीं है। स्पिंडल की गति S द्वारा निर्दिष्ट की गई है। (जैसे गति 800 RPM है)। M शब्द एक विविध कार्य का प्रतिनिधित्व करता है। इस मामले में M08 कूलेंट मोटर चालू करता है।

इस प्रकार प्रत्येक शब्द का एक अनूठा वर्णनात्मक पता है। इसलिए इस प्रकार के प्रोग्राम को शब्द पता प्रारूप के रूप में संदर्भित किया जाता है। अन्य आमतौर पर इस्तेमाल किए जाने वाले शब्द पते tool के लिए 'T', गति के लिए 'V', कोण के लिए 'A' आदि हैं।

#### 4.26.1. G-कोड या G फ़ंक्शन

यह मुख्य रूप से NC फ़ंक्शन हैं। इन्हें प्रिपरेटरी फ़ंक्शन (preparatory functions) भी कहा जाता है। इनमें से कुछ को मानक फ़ंक्शन (Standard Function) सौंपे गए हैं। लेथ मशीन के लिए एक CNC प्रणाली में सामान्य प्रारंभिक फ़ंक्शन (FANUC 0) में शामिल हैं—

##### 1. Interpolation Functions

- Positioning (G00)
- Linear interpolation (G01)
- Circular interpolation (G02, G03)
- Polar co-ordinate interpolation (G112, G113)
- Cylindrical interpolation (G107)

##### 2. Thread cutting (G32, G34)

##### 3. Feed functions

- Feed per minute (G98)
- Feed per revolution (G99)
- Dwell (G04)

##### 4. Reference point

- Automatic reference point return (G28)
- 2nd, 3rd and 4th reference point (G30)

##### 5. Co-Ordinate System Setting (G50)

##### 6. Inch-Metric Conversion (G20, G21)

##### 7. Constant Surface Speed Control (G96, G97)

##### 8. Canned Cycles

- Outer diameter cutting cycle (G90)
- Thread cutting cycle (G92)
- End face turning cycle (G94)

##### 9. Multiple Repetitive Cycle

- Stock removal in longitudinal turning (G71)
- Contour parallel turning (G73)
- Finishing cycle (G70)
- Thread cutting (G76)

##### 10. Canned Cycles

- Front drilling (G83)
- Side drilling (G87)
- Front tapping (G84)
- Front boring (G85)



**11. Compensation Function**

- Tool Nose radius compensation (G40–G42)
- Changing tool offset amount (G10)

**12. Measurement Functions**

- Automatic tool offset (G36, G37)

**4.26.2. M-फ़ंक्शंस (M-Functions)**

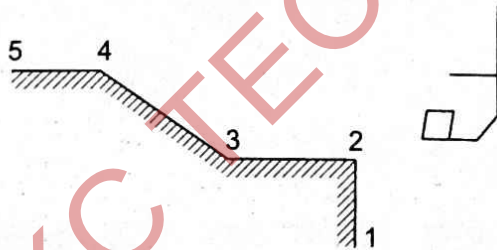
M-फ़ंक्शंस मुख्य रूप से स्विचिंग फ़ंक्शन हैं। इनमें स्पिंडल ऑन/ऑफ, स्पिंडल रोटेशन (क्लॉकवाइज या एंटीक्लॉकवाइज) कूलेंट ऑन/ऑफ, टूल चेंज, पैलेट चेंज, बुर्ज इंडेक्सिंग आदि शामिल हैं।

इससे पहले, इन कार्यों को NC नियंत्रण में ही शामिल किया गया था। आजकल, एक अलग प्रोग्रामेबल लॉजिक कंट्रोलर (PLC) इंटरफ़ेस प्रदान किया जाता है ताकि मशीन टूल डिज़ाइनर अपने PLC प्रोग्राम को विशिष्ट अनूठी विशेषताओं को शामिल करने के लिए डिज़ाइन कर सके। यह डिज़ाइनर के लिए काफी लचीलापन होता है। कन्वेयर, रोबोट, पैलेट लोडर, बार फीड सिस्टम, चक जॉ के त्वरित परिवर्तन, ऑटोमैटिक डोर ओपन/क्लोज, मशीनिंग कम्प्लीट बजर, ऑटोमैटिक चक ऑपरेशन, चक एयर ब्लास्ट आदि जैसे सहायक उपकरणों का नियंत्रण मशीन टूल्स में आसानी से एकीकृत किया जा सकता है।

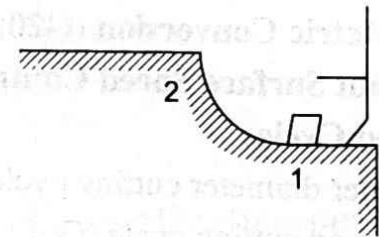
**4.27 प्रक्षेप (Interpolation)**

क्रमिक बिंदु तक पहुंचने के लिए स्लाइड स्थिति में क्रमिक वृद्धि की गणना को प्रक्षेप कहा जाता है। प्रक्षेप के सामान्य तरीके रैखिक, परिपत्र और पेचदार हैं। (A) लंबाई 1-2 X-अक्ष के समानांतर एक रैखिक प्रक्षेप का प्रतिनिधित्व करती है। खंड 2-3 और 4-5 Z-अक्ष के समानांतर प्रक्षेप हैं। खंड 3-4 में X और Z दिशाओं में एक साथ प्रक्षेप शामिल है। ब्लॉक में निर्दिष्ट फीड के आधार पर CNC प्रणाली स्लाइड की व्यक्तिगत गति की गणना करेगी ताकि वर्कपीस की सतह पर टेपर कट सके। B खंड 1-2 को दक्षिणावर्त परिपत्र प्रक्षेप का उपयोग करके चालू किया जाता है।

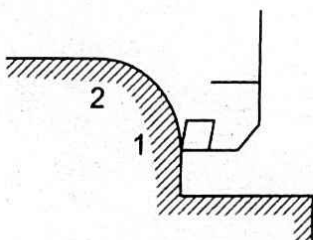
मशीनिंग केंद्रों में धागे काटने के लिए उपयोग किए जाने वाले पेचदार प्रक्षेप को चित्र में चित्रित किया गया है।



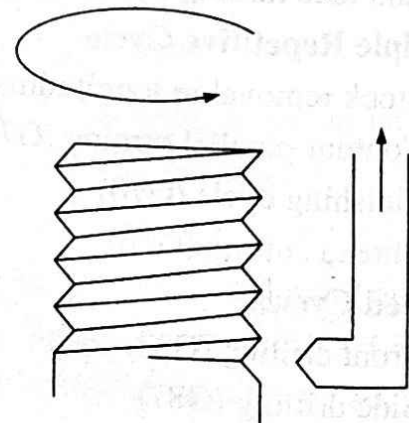
(A) रैखिक प्रक्षेप (Linear Interpolation)



(B) वृत्तीय प्रक्षेप (Circular Interpolation) CW



(C) वृत्तीय प्रक्षेप (Circular Interpolation) CCW



(D) कुंडलित प्रक्षेप (Helical Interpolation)



#### 4.28 कैन्ड चक्र (Canned Cycles)

एक कैन्ड चक्र मशीनिंग मूवमेंट का एक संयोजन है जो ड्रिलिंग, मिलिंग, बोरिंग और टैपिंग जैसे मशीनिंग संचालन करते हैं। उदाहरण के लिए, एक ड्रिलिंग चक्र में टूल के निम्नलिखित मूवमेंट होते हैं—

- वर्कपीस के लिए तेजी से पहुंचे
- फीड दर पर ड्रिल करें
- प्रारंभिक स्थिति में या तीव्र स्तर पर तीव्र वापसी।

सामान्यतः 3 ब्लॉक इस ड्रिलिंग ऑपरेशन को प्रोग्राम करने के लिए आवश्यक हैं। कैन्ड चक्र का उपयोग इसे एक ब्लॉक तक कम करता है। एक बार एक कैन्ड चक्र को प्रारम्भ करने के बाद, सिस्टम प्रत्येक बाद की तालिका स्थिति में कैन्ड चक्र को कार्यान्वित करेगा। इसलिए कैन्ड चक्र को बंद करना बहुत महत्वपूर्ण है। कोड G80 सभी कैन्ड चक्रों को बंद करता है। ड्रिलिंग के लिए कैन्ड चक्र G81 है।

CNC लेथ में टर्निंग चक्र (G71), फेस टर्निंग चक्र (G72), थ्रेडिंग चक्र (G76), पेक ड्रिलिंग चक्र (G83), समोच्च समानांतर चक्र (G73) जैसे दोहराव वाले मोड़ चक्र उपलब्ध हैं। कैन्ड चक्र का उपयोग प्रोग्रामिंग को कम करता है। यह प्रोग्राम की लंबाई को भी बचाता है, इस प्रकार प्रोग्राम को स्टोर करने के लिए आवश्यक स्थान की बचत करता है।

कैन्ड चक्र का उपयोग करते समय निम्नलिखित बातों को ध्यान में रखा जाना चाहिए—

1. प्रत्येक बार तालिका X- और Y-अक्षों के साथ स्थित होने पर कैन्ड चक्र किया जाता है।
2. मशीनिंग ऑपरेशन (ड्रिलिंग, टैपिंग, बोरिंग आदि) तेजी से X-स्तर से क्रमादेशित Z-स्तर तक किया जाता है।
3. तब उपकरण तेजी से ट्रैवर्स फीड दर पर या मैनुअल रूप से कैन्ड चक्र के आधार पर वापस ले लिया जाता है।
4. कैन्ड चक्र को निर्दिष्ट करने से पहले, धुरी को घुमाने के लिए एक विविध फंक्शन कोड (M03) का उपयोग किया जाना चाहिए।
5. जब एक उपकरण ऑफसेट (G43, G44 या G49) को कैन्ड चक्र में निर्दिष्ट किया जाता है, तो ऑफसेट को R-स्तर पर स्थिति के समय लागू किया जाता है।

| G code | Description                                       |
|--------|---------------------------------------------------|
| G00    | Positioning (Rapid feed)                          |
| G01    | Linear Interpolation                              |
| G02    | Circular Interpolation/helical CW                 |
| G03    | Circular Interpolation/helical CCW                |
| G04    | Dwell                                             |
| G09    | Exact stop check                                  |
| G10    | Setting offset amount and work zero offset amount |
| G17    | Selection of XY plane                             |
| G18    | Selection of ZX plane                             |
| G19    | Selection of YZ Plane                             |
| G28    | Return to zero                                    |
| G29    | Return from zero                                  |
| G74    | Reverse tapping cycle                             |
| G76    | Fine boring cycle                                 |
| G80    | Fixed cycle, cancel                               |



|               |                               |
|---------------|-------------------------------|
| G81           | Drilling cycle, spot drilling |
| G82           | Drilling cycle, counter       |
| G86           | Boring cycle                  |
| G87           | Back boring cycle             |
| G88           | Boring cycle                  |
| G90           | Absolute command              |
| G91           | Incremental command           |
| G94           | Feed rate, mm/min mode        |
| G95           | Feed rate, mm/rev. mode       |
| <b>M code</b> | <b>Discription</b>            |
| M00           | Program stop                  |
| M01           | Optional stop                 |
| M02           | End of program                |
| M03           | Spindle CW                    |
| M04           | Spindle CCW                   |
| M05           | Spindle stop                  |
| M06           | Tool change                   |
| M07           | Tap Oil on                    |
| M08           | Coolant on                    |
| M09           | Coolant/Tap Oil off           |
| M23           | Detection of contact in -X    |
| M24           | Detection of contact in +X    |
| M25           | Detection of contact in -Y    |
| M26           | Detection of contact in +Y    |
| M30           | End of program and rewind     |
| M53           | Tool length Offset execution  |
| M54           | Tool length Offset cancel     |
| M80           | Rotary table CW rotation      |
| M81           | Rotary table CCW rotation     |
| M82           | Step mode tool removal        |
| M83           | Step mode tool change cycle   |
| M90           | Pallet change                 |
| M92           | Pallet unclamp                |
| M98           | Call of sub program           |
| M99           | End of sub program            |

#### 4.29 CNC मशीन टूल्स की प्रोग्रामिंग (Programming of CNC Machine Tools)

CNC प्रोग्रामिंग एक शब्द है जो CNC मशीन टूल को चलाने वाले निर्देशों को उत्पन्न करने के तरीकों को संदर्भित करता है। थोड़ा ज्यामितीय जटिलता वाले दो आयामी घटकों के लिए, CNC निर्देश मैनुअल रूप से लिखे जाते हैं। ज्यामितीय जटिलता बढ़ जाने पर, विशेष रूप से 3-अक्ष, 4-अक्ष और 5-अक्ष CNC मशीनिंग के लिए अधिक परिष्कृत तकनीकों की आवश्यकता होती है।

CNC कार्यक्रम बनाने के लिए तीन विशिष्ट तकनीकों को अपनाया गया है—

1. मैनुअल CNC प्रोग्रामिंग

2. CAM सॉफ्टवेयर (CAD/CAM आधारित प्रोग्रामिंग सिस्टम) का उपयोग करके प्रोग्रामिंग

मैनुअल प्रोग्रामिंग सरल वर्कपीस के लिए होती है जिसके लिए प्रोग्राम की कुछ ही पंक्तियों की आवश्यकता होती है। जटिल वर्कपीस के प्रोग्रामिंग को CAM सॉफ्टवेयर की मदद की आवश्यकता होती है। CAD/CAM आधारित सिस्टम हाल ही में लोकप्रिय हो गए हैं और अब व्यापक रूप से अपनाए जा रहे हैं। इन तकनीकों का विस्तृत विवरण निम्नलिखित अनुभाग में दिया गया है।

#### 4.30 मानवीय भाग प्रसंस्करण (Manual Part Programming)

यह तकनीक अपेक्षाकृत सरल ज्यामिति के वर्कपीस के लिए व्यापक रूप से उपयोग की जाती है। मैनुअल प्रोग्रामिंग में चरण हैं—

- घटक ड्राइंग—सामग्री, टॉलेरेंस, सतह आदि का सावधानीपूर्वक अध्ययन।
- निर्दिष्ट नहीं होने पर कच्चे माल या रिक्त का चयन करें।
- आवश्यक सेट अप की संख्या का चयन करें।
- प्रत्येक सेट अप के लिए वर्कपीस डेटम तय करना।
- फिक्सचर्स की डिजाइनिंग या वर्कपीस को पकड़ना।
- वांछित सटीकता और टॉलेरेंस प्राप्त करने के लिए प्रक्रियाओं की प्रक्रिया और अनुक्रम का निर्णय करना।
- उपकरण का चयन करना और मापदंडों को काटना।
- प्रोग्राम लिखें।
- प्रोग्राम को इनपुट करें और यदि कोई हो तो सही गलतियों को सुधारें।
- पहले भाग का निर्माण करें और निरीक्षण करें।
- यदि आवश्यक हो और अत्यधिक उत्पादन के लिए प्रगति के साथ कार्यक्रम को ठीक करें।
- भविष्य के संदर्भ के लिए प्रलेखन बनाएं।

यह पहले उल्लेख किया गया था कि एक NC प्रोग्राम में कई लाइनें शामिल होंगी जिन्हें ब्लॉक कहा जाता है। प्रत्येक ब्लॉक में कई शब्द होंगे। प्रत्येक शब्द के दो घटक होंगे—एक शब्द पता और एक संख्यात्मक कोड जो सूचना का प्रतिनिधित्व करता है।

सामान्य शब्द निम्नलिखित हैं—

N - G - X - Y - Z - A - B - C - F - S - T - M

जहां पर

N = sequence number of instructions

G = preparatory function

XYZABC = co-ordinate and angular data

F = feed rate

S = spindle speed

T = tool code

M = miscellaneous function

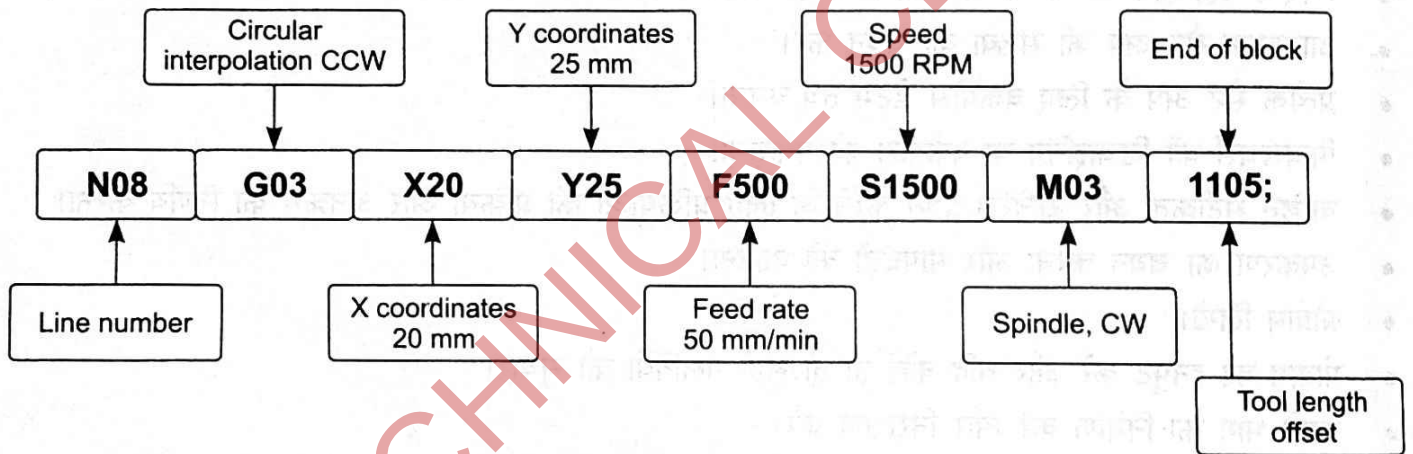


प्रोग्राम निम्नलिखित तरीकों के माध्यम से मशीन की मेमोरी में सीधे इनपुट है—

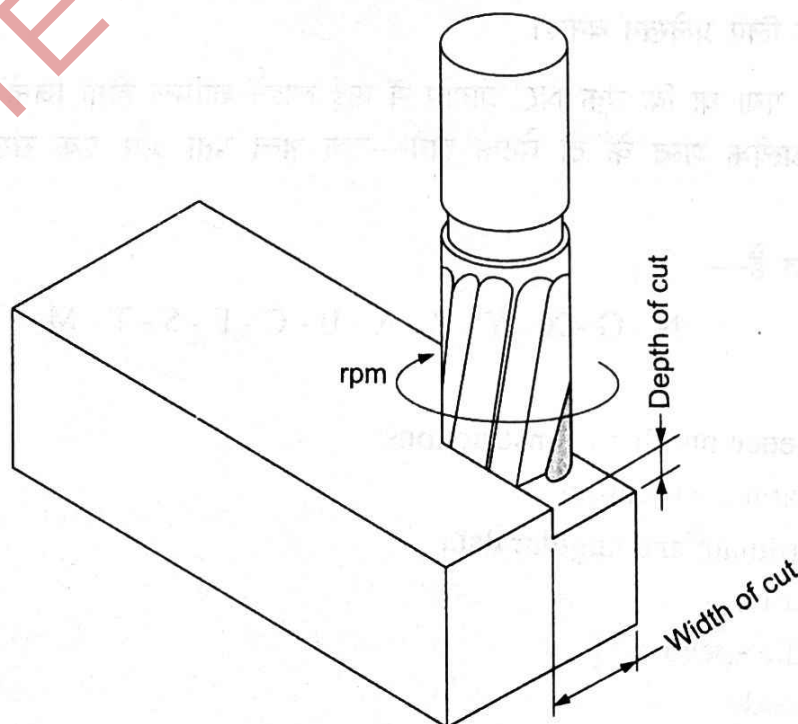
1. NC कंसोल के कीबोर्ड के माध्यम से मैनुअल डेटा इनपुट।
2. एक फ्लॉपी डिस्क और डिस्क ड्राइव या चुंबकीय टेप।
3. DNC मोड—सीधे कंप्यूटर से प्रोग्राम के लिए उपयोग किया जाता है या CNC मशीन की मेमोरी में प्रोग्राम के स्टोरेज के लिए उपयोग किया जाता है।
4. प्रोग्राम को लैन या इंटरनेट के माध्यम से मशीन में स्थानांतरित किया जा सकता है।

आज, CNC नियंत्रण में निर्मित प्रोग्रामिंग का एक और रूप स्वीकृति प्राप्त कर रहा है। CNC प्रोग्रामिंग सॉफ्टवेयर का उपयोग करके, प्रोग्रामर मशीन नियंत्रण में स्वयं निर्देशों का एक सेट उत्पन्न कर सकता है। कैन्ड चक्र और उपयोगकर्ता परिभाषित मैक्रोज़ के साथ संयुक्त टूल मोशन कमांड का उपयोग करके प्रोग्रामर फ्रंट पैनल CRT पर घटक ज्यामिति की जानकारी दर्ज कर सकता है, टूल पथ के बारे में पूरक जानकारी प्रदान करता है और मशीन टूल कंट्रोल के भीतर CNC प्रोग्राम को स्वचालित रूप से उत्पादित करता है।

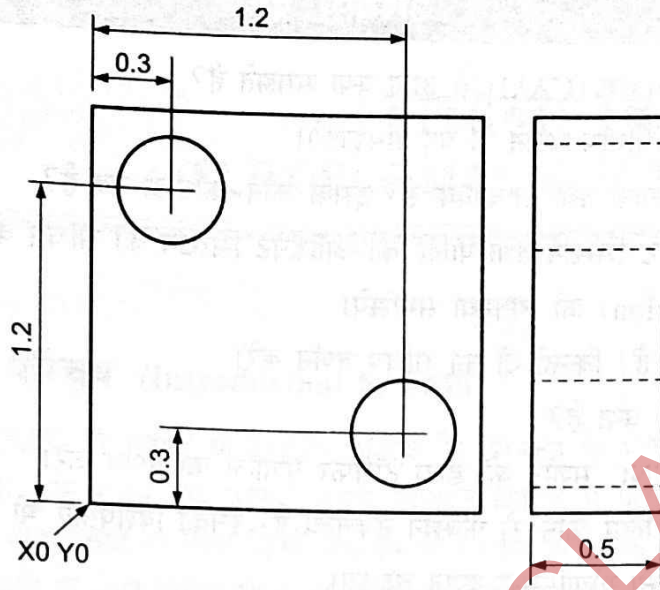
### Example of a Program Block



चित्र 4.19



चित्र 4.20

**Example of CNC Drilling**

चित्र 4.21

```

N01 G00 X0 Y0 Z1 T1 M01;
N02 G90 G02 X 0.3 Y1.2 Z1;
N03 S1200 M03 M08;
N04 G43 Z1;
N05 G81 Z-0.6 R 0.1 F10
N06 X1.2 Y0.3 Z1;
N07 G80 G00 Z1 M09;
N08 G28 G91 Z0 M05;
N09 M30;

```

**Explanation**

एक बार G81 ड्रिलिंग कैंड चक्र को परिभाषित करने के बाद, अनुक्रमित ब्लॉकों में प्रत्येक X-Y स्थिति पर कैंड चक्र दोहराया गया है, G80 कोडिंग चक्र को रद्द करने के लिए उपयोग किया गया है।

N01—टूल चेंज टू टूल नंबर 1

N02—टूल तेजी से पहली ड्रिलिंग स्थिति X0.3 Y1.2 Z1 पर जाता है, ऑफसेट को जीरो रखते हैं।

N03—ड्रिल 1200 RPM के साथ दक्षिणावर्त घूर्णन शुरू होता है।

N04—ड्रिल में Z1 की गहराई होती है। उपकरण की लंबाई क्षतिपूर्ति (G43 H01) को ध्यान में रखते हुए, शीतलक चालू किया जाता है।

N05—ड्रिलिंग चक्र पैरामीटर, ड्रिल डेप्थ और कटिंग फीड दी गई है, इस कमांड के साथ पहली ड्रिल वर्तमान स्थिति (X0.3 Y1.2) पर की गई है।

N06—चूंकि ड्रिलिंग चक्र हर अक्ष गति के साथ काम करता है इसलिए अगली ड्रिल X1.2 Y0.3 पर की जाती है

N07—ड्रिलिंग चक्र को G80 कमांड के साथ रद्द कर दिया जाता है, कूलेंट को बंद कर दिया जाता है।

N08—चूंकि इस घटक का संचालन समाप्त हो गया है, इसलिए कटिंग टूल को प्रारंभिक स्थिति में ले जाया जाता है, और कटर रोटेशन को रोक दिया जाता है।

N09—CNC पार्ट-प्रोग्राम समाप्त हो गया है।



## अभ्यास प्रश्न

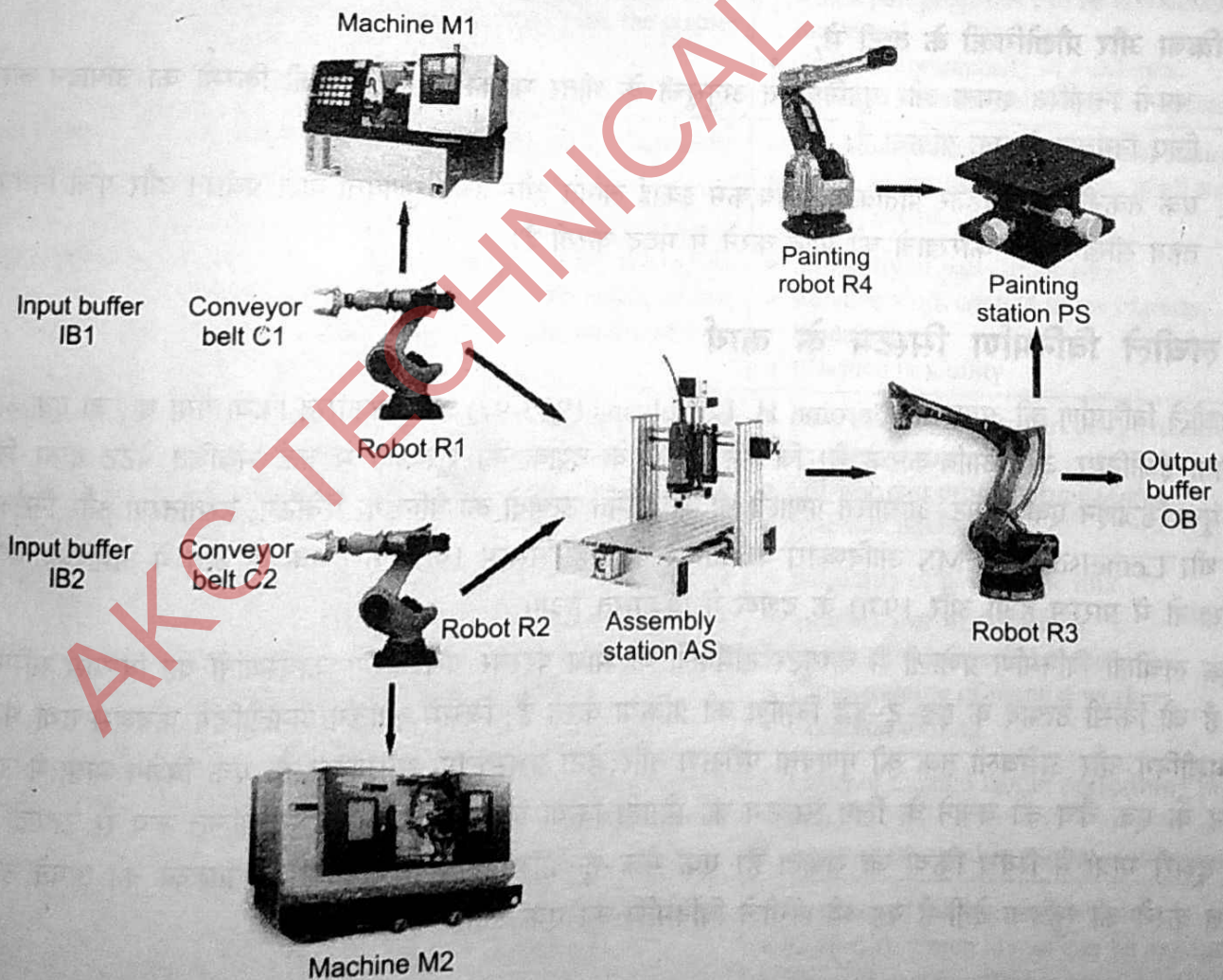
1. कम्प्यूटर एडेड मैनुफैक्चरिंग (CAM) से आप क्या समझते हैं?
2. CAM प्रणाली में NC प्रोग्राम बनाने के पद समझाइये।
3. कार्यखण्ड की सेटिंग बनाना क्यों आवश्यक है? इसके कौन-कौन से पद हैं?
4. कार्टिसियन को-ऑर्डिनेट सिस्टम तथा पोलर को-ऑर्डिनेट सिस्टम को सचित्र वर्णन करें।
5. दिशा-निर्देश (Orientation) की व्यवस्था समझिये।
6. NC ओपरेशन कौन से हैं? किन्ही दो का सचित्र वर्णन करें।
7. NC Post Processing क्या है?
8. CAD सॉफ्टवेयर से CNC मशीन को डाटा ट्रांसफर प्रणाली का वर्णन करें।
9. एक CNC प्रणाली के लिए कौन-से फंक्शन उपलब्ध हैं? इनकी विशेषताएं भी बताएं।
10. CNC प्रणाली में सामान्य प्रोग्रामिंग फंक्शन बताइए।
11. G-फंक्शन और M फंक्शन क्या हैं?
12. प्रक्षेप (Interpolation) से आप का क्या अभिप्राय है?
13. कैड चक्र समझाइये।
14. CNC मशीन औज़ार की प्रोग्रामिंग कीजिये।



## लचीली विनिर्माण प्रणाली (FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM)

### 5.1 एफ.एम.एस. का परिचय (Introduction to FMS)

लचीली विनिर्माण प्रणाली (FMS) में उत्पाद या उत्पादन प्रक्रिया के परिवर्तन के प्रति विनिर्माण प्रणाली में लचीलापन होता है। अर्थात् यदि उत्पादन के कुछ समय बाद उत्पाद अथवा उत्पादन प्रक्रिया में परिवर्तन की आवश्यकता होती है तो भी पुरानी विनिर्माण प्रणाली को थोड़ा बहुत या बिना किसी बदलाव के उपयोग किया जा सकता है। एक लचीली विनिर्माण प्रणाली (FMS) एक उत्पादन विधि है जिसे निर्मित किए जा रहे उत्पाद के प्रकार और मात्रा में परिवर्तन के लिए आसानी से परिवर्तन करने के लिए डिज़ाइन किया जाता है। मशीनों और कम्प्यूटरीकृत प्रणालियों को विभिन्न कार्यखंडों के निर्माण और उत्पादन के बदलते स्तरों को नियंत्रित करने के लिए FMS के उपयोग किया जा सकता है।



चित्र 5.1



एक लचीली विनिर्माण प्रणाली (FMS) उत्पादन दक्षता में सुधार कर सकती है और इस प्रकार कंपनी की उत्पादन लागत को कम कर सकती है। लचीले विनिर्माण भी एक मेक-टू-ऑर्डर रणनीति का एक प्रमुख घटक होता है जो ग्राहकों को उनके इच्छित उत्पादों को बनाने में सहायता प्रदान करता है। इस तरह के लचीलेपन से उच्च वास्तविक लागत आ सकती है। क्योंकि विशेष उपकरणों की खरीदना और स्थापित करना, जो FMS के लिए आवश्यक है, अधिक पारंपरिक प्रणालियों के तुलना में महंगा होता है।

Kearney और Trecker के अनुसार—‘FMS, NC मशीन टूल्स का एक समूह है जो यादृच्छिक रूप से कार्यखण्ड (parts) के एक समूह का निर्माण कर सकता है, जिसमें स्वचालित रूप से सामग्री हैंडलिंग और केंद्रीय कंप्यूटर नियंत्रण को गतिशील रूप से संसाधन उपयोग के लिए रखा जाता है ताकि सिस्टम कार्यखण्ड के उत्पादन, मिश्रण और उत्पादन के स्तर में स्वचालित रूप से बदलावों को अनुकूलित कर सके।’

FMS प्रणाली के दृष्टिकोण से, ‘FMS एक यादृच्छिक रूप से भरी हुई स्वचालित प्रणाली है जो एकीकृत कंप्यूटर नियंत्रण और स्वचालित रूप से निरंतर प्रसंस्करण के लिए कार्यखंडों व मशीनों के एक समूह को जोड़ने और नियंत्रित करने वाले समूह प्रौद्योगिकी विनिर्माण पर आधारित है।’

FMS माइक्रोइलेक्ट्रॉनिक इंजीनियरिंग और मैकेनिकल इंजीनियरिंग को जोड़ती है, जिससे बैच कार्य के पैमाने को अर्थशास्त्र में लाया जा सके। एक केंद्रीय ऑन-लाइन कंप्यूटर मशीन टूल्स, अन्य कार्य-स्टेशन, घटकों और औज़ार के हस्तांतरण को नियंत्रित करता है। कंप्यूटर निगरानी और सूचना नियंत्रण भी प्रदान करता है। लचीलापन और समग्र नियंत्रण का यह संयोजन कम संख्या और कम समय में उत्पादों की एक विस्तृत श्रृंखला का उत्पादन संभव बनाता है।

### प्रक्रिया और प्रौद्योगिकी के दृष्टि से,

1. अपनी निर्धारित क्षमता और पूर्वनिर्धारित अनुसूची के भीतर घटकों या उत्पादों की किस्मों का उत्पादन करने के लिए नियंत्रण में एक प्रक्रिया है।
2. एक तकनीक जो बेहतर प्रतिक्रिया समय, कम इकाई लागत और उच्च गुणवत्ता वाले प्रबंधन और पूंजी नियंत्रण के तहत सीखने वाले कारखानों को प्राप्त करने में मदद करती है।

## 5.2 लचीले विनिर्माण सिस्टम के कार्य

लचीले विनिर्माण की अवधारणा Jerome H. Lemelson (1923-97) द्वारा विकसित किया गया था, जो एक अमेरिकी औद्योगिक इंजीनियर और आविष्कारक थे। जिन्होंने 1950 के दशक की शुरुआत में कई संबंधित पेटेंट दायर किए थे। उनकी मूल डिज़ाइन एक रोबोट-आधारित प्रणाली थी जो निर्मित उत्पादों का वैल्विंग, रिबेटिंग, हस्तांतरण और निरीक्षण कर सकती थी। Lemelson के FMS आविष्कारों के आधार पर यह सिस्टम 1960 के दशक के अंत में अमेरिका और यूरोप में कारखानों में प्रारम्भ हुआ और 1970 के दशक में विकसित हुआ।

एक लचीली विनिर्माण प्रणाली में कंप्यूटर टर्मिनलों के साथ परस्पर प्रसंस्करण कार्यस्थानों का विन्यास सम्मिलित हो सकता है जो किसी उत्पाद के इंड-टू-इंड निर्माण की प्रक्रिया करते हैं, जिसमें लोडिंग/अनलोडिंग फ़ंक्शंस तथा भंडारण से लेकर मशीनिंग और असेंबली तक की गुणवत्ता परीक्षण और डेटा प्रसंस्करण सम्मिलित है। एक विशेष मात्रा में उत्पादों के एक सेट के एक बैच को बनाने के लिए सिस्टम को प्रोग्राम किया जाता है और फिर स्वचालित रूप से उत्पादों के दूसरे सेट में दूसरी मात्रा में स्विच किया जा सकता है। एक मेक-टू-ऑर्डर उत्पादन प्रक्रिया जो ग्राहकों को अपने उत्पादों को परिवर्तित करने की सुविधा देती है वह भी लचीले विनिर्माण का एक उदाहरण है।



### 5.3 FMS के मुख्य बिन्दु (Key Takeaways of FMS)

- (a) एक लचीली विनिर्माण प्रणाली (FMS) को तैयार किए जा रहे सामानों के प्रकार और मात्रा में परिवर्तन के लिए आसानी से अपनाया जा सकता है।
  - (b) उत्पादन काफी हद तक स्वचालित है, तथा समग्र श्रम लागत को कम करता है।
  - (c) यद्यपि, एक FMS प्रणाली डिज़ाइन करने और लगाने के लिए अधिक महंगी होती है, और इसे चालू रखने के लिए कुशल तकनीशियनों की आवश्यकता होती है। फिर भी कार्य प्रणाली सस्ती होने से कुल खर्च कम आती है।
- विनिर्माण लचीलेपन को समान्यतः दो श्रेणियों में विभाजित किया जाता है।

1. पहली श्रेणी में राउटिंग फ्लेक्सिबिलिटी, नए प्रकार के उत्पाद को बनाने के लिए सिस्टम की क्षमता और किसी विशेष हिस्से पर निष्पादित संचालन के क्रम को बदलने की क्षमता आदि आते हैं।
2. दूसरी श्रेणी को मशीन लचीलापन कहा जाता है, जिसमें एक हिस्से पर एक ही ऑपरेशन करने के लिए कई मशीनों का उपयोग करने की क्षमता होती है तथा साथ ही सिस्टम बड़े पैमाने पर परिवर्तन करने में सक्षम होता है।

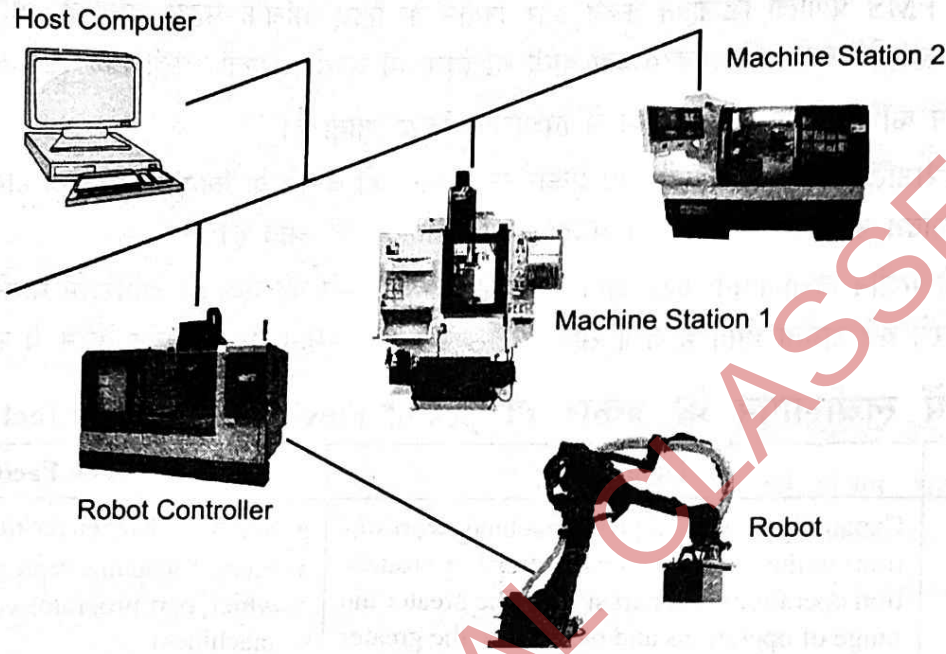
### 5.4 विनिर्माण में लचीलापन के प्रकार (Types of Flexibility in Manufacturing)

| Flexibility Type              | Definition                                                                                                                                                                                                          | Depends on Factors Such As                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Machine flexibility</b>    | Capability to adapt a given machine (workstation) in the system to a wide range of production operations and part styles. The greater the range of operations and part styles, the greater the machine flexibility. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Setup or changeover time.</li> <li>• Ease of machine reprogramming (ease with which part programs can be downloaded to machines).</li> <li>• Tool storage capacity of machines.</li> <li>• Skill and versatility of workers in the system.</li> </ul> |
| <b>Production flexibility</b> | The range or universe of part styles that can be produced on the system.                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Machine flexibility of individual stations.</li> <li>• Range of machine flexibilities of all stations in the system.</li> </ul>                                                                                                                       |
| <b>Mix flexibility</b>        | Ability to change the product mix while maintaining the same total production quantity; that is, producing the same parts only in different proportions.                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Similarity of parts in the mix.</li> <li>• Relative work content times of parts produced.</li> <li>• Machine flexibility.</li> </ul>                                                                                                                  |
| <b>Product flexibility</b>    | Ease with which design changes can be accommodated. Ease with which new products can be introduced.                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• How closely the new part design matches the existing part family.</li> <li>• Off-line part program preparation.</li> <li>• Machine flexibility.</li> </ul>                                                                                            |
| <b>Routing flexibility</b>    | Capacity to produce parts through alternative workstation sequences in response to equipment breakdowns, tool failures, and other interruptions at individual stations.                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Similarity of parts in the mix.</li> <li>• Similarity of workstations.</li> <li>• Duplication of workstations.</li> <li>• Cross-training of manual workers.</li> <li>• Common tooling.</li> </ul>                                                     |
| <b>Volume flexibility</b>     | Ability to economically produce parts in high and low total quantities of production, given the fixed investment in the system.                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Level of manual labour performing production.</li> <li>• Amount invested in capital equipment.</li> </ul>                                                                                                                                             |
| <b>Expansion flexibility</b>  | Ease with which the system can be expanded to increase total production quantities.                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Expense of adding workstations.</li> <li>• Ease with which layout can be expanded.</li> <li>• Type of part handling system used.</li> <li>• Ease with which properly trained workers.</li> </ul>                                                      |



FMS सिस्टम में तीन मुख्य सिस्टम होते हैं—

1. कंप्यूटर नियंत्रित मशीनें या न्यूमेरिकल नियंत्रित मशीनें।
2. सामग्री स्थानांतरण प्रणाली।
3. केंद्रीय नियंत्रण कंप्यूटर जो सामग्री आंदोलनों और मशीन प्रवाह को नियंत्रित करता है।



चित्र 5.2

एक औद्योगिक लचीली विनिर्माण प्रणाली (FMS) में रोबोट, कंप्यूटर नियंत्रित मशीनें, न्यूमेरिकल नियंत्रित मशीनें (CNC), इंस्ट्रूमेंटेशन डिवाइस, कंप्यूटर, सेंसर, और अन्य स्टैंड-अलोन सिस्टम होते हैं। विनिर्माण उद्योगों के उत्पादन में रोबोट का उपयोग वस्तुओं के स्थानांतरण के लिए किया जाता है। सामग्री स्थानांतरण के लिए कन्वेयर या स्वचालित निर्देशित वाहन का भी उपयोग किया जाता है। कंप्यूटर नियंत्रित मशीनों को कम्प्यूटर की सहायता से आदेश दे कर उत्पादन प्रक्रिया को पूर्ण किया जाता है।

## 5.5 FMS के मूल तत्व

### 1. हार्डवेयर (Hardware)

हार्डवेयर दृश्यमान (visible) और छूने योग्य (Touchable) होते हैं जो निम्नलिखित प्रकार के हो सकते हैं।

- (i) CNC मशीन टूल्स
- (ii) पार्ट पार्किंग लॉट्स
- (iii) सामग्री हैंडलिंग उपकरण (रोबोट या स्वचालित निर्देशित वाहन)
- (iv) चिप हटाने और शीतलक प्रणाली
- (v) टूलींग प्रणाली
- (vi) समन्वय मापने वाली मशीनें (CMM)
- (vii) पार्ट्स सफाई स्टेशन
- (viii) निरीक्षण हार्डवेयर
- (ix) कंप्यूटर हार्डवेयर उपकरण
- (x) निर्देश योग्य तर्क नियंत्रक

## 2. सॉफ्टवेयर (Software)

सॉफ्टवेयर तत्व अदृश्य और अमूर्त होते हैं। सॉफ्टवेयर को F.M.S. के लिए दो व्यापक श्रेणियों में विभाजित किया जा सकता है—

- (i) बाह्य कार्य और
- (ii) आंतरिक कार्य

(i) **बाह्य कार्य**—बाहरी कार्यों के लिए सॉफ्टवेयर का उपयोग F.M.S की भौतिक सीमाओं के बाहर होने वाले कार्यों की योजना और नियंत्रण के लिए किया जाता है।

बाहरी कार्यों में निम्नलिखित कार्य शामिल हैं—

- (A) उत्पादन कार्यक्रम (Production Program)
- (B) प्रक्रिया योजना (Process Planning)
- (C) उपकरण प्रबंधन (Tool Management)
- (D) रख रखाव की योजना (Maintenance Management)

(ii) **आंतरिक कार्य**—आंतरिक कार्यों के लिए सॉफ्टवेयर का उपयोग F.M.S की भौतिक सीमाओं के भीतर घटकों को लोड और नियंत्रित करने के लिए किया जाता है।

आंतरिक कार्यों में निम्नलिखित ऑपरेशन सम्मिलित हैं—

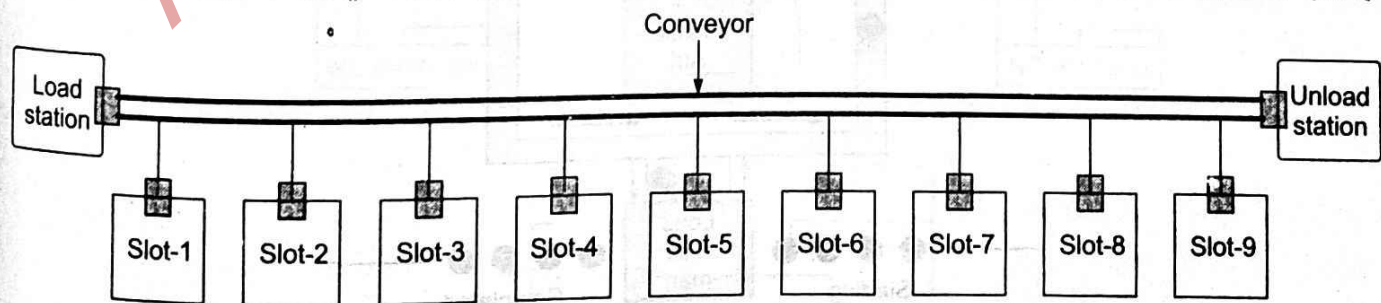
- (A) प्रोडक्शन नियंत्रण (Production Control)
- (B) उत्पादन की निगरानी/रिपोर्टिंग (Reporting of Production)
- (C) मशीन/प्रक्रिया नियंत्रण (Machine/Process Control)
- (D) मशीन निदान (Machine End)

## 3. लेआउट (Layout)

लेआउट उत्पादों के उत्पादन या सेवाओं के वितरण के लिए आवश्यक हर चीज की व्यवस्था है। विनिर्माण सुविधाओं को डिज़ाइन करना FMS के महत्वपूर्ण मुद्दों में से एक है। अच्छी लेआउट व्यवस्था उत्पादन और सामग्री स्थानांतरण के लिए एक आवश्यक आधार प्रदान करती है।

लेआउट व्यवस्था निम्नलिखित प्रकार की होती है—

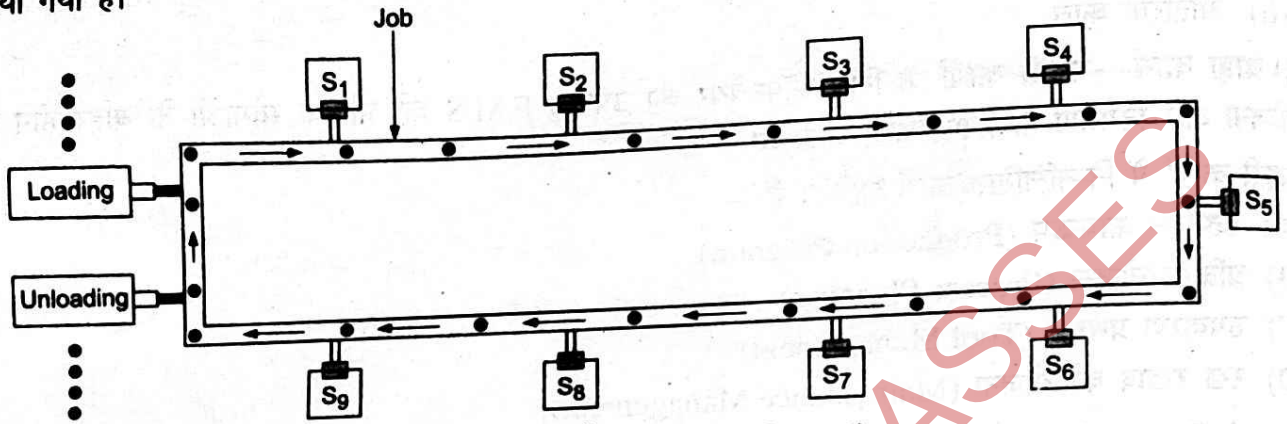
(A) **इन-लाइन लेआउट (Inline Layout)**—सभी मशीन टूल्स को एक सीधी रेखा में रखा जाता है जैसा कि चित्र 5.3 में दिखाया गया है। यह लेआउट सबसे सरल रूप है और समान्यतः इस प्रणाली में छोटी संख्या में मशीनों का उपयोग किया जाता है। कार्यखंड अच्छी तरह से परिभाषित अनुक्रमों में चलते हैं और वर्क फ्लो समान्यतः दोनों दिशाओं में होता है। अलग-अलग वर्क स्टेशनों पर काम करने वाले हिस्सों का स्थानांतरण वाहन द्वारा किया जाता है। भाग रूटिंग की समस्या को कम करने के लिए, अक्सर ऐसी प्रणाली में उपयोग किए जाने वाले मशीन उपकरण समान प्रकार के होते हैं।



चित्र 5.3—इन-लाइन लेआउट (Inline Layout)

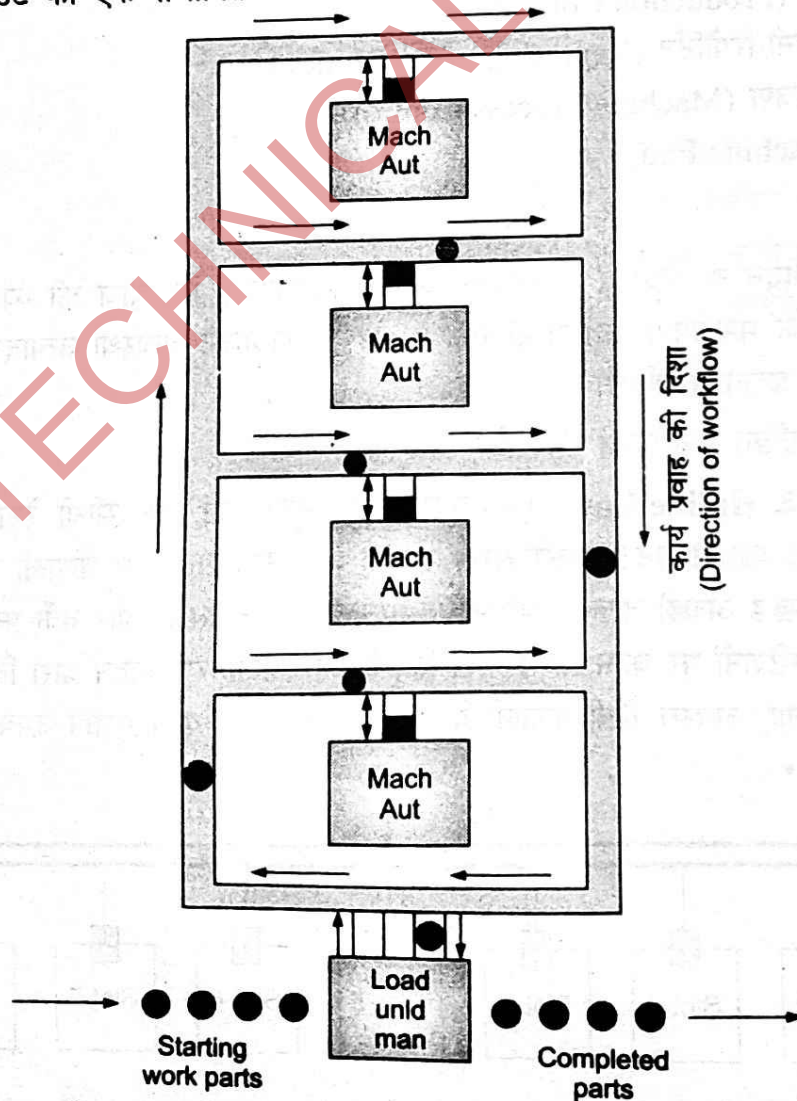


(B) लूप लेआउट (Loop Layout)—लूप लेआउट कन्वेयर सिस्टम का उपयोग करता है जो लूप के चारों ओर के एकदिशीय प्रवाह की अनुमति देता है। एक कार्यस्थल पर एक माध्यमिक सामग्री हैंडलिंग प्रणाली प्रदान की जाती है जो बिना किसी बाधा के कार्यखण्ड (parts) के प्रवाह की अनुमति देती है। इस लेआउट की एक संभावित व्यवस्था को चित्र 5.4 में दिखाया गया है।



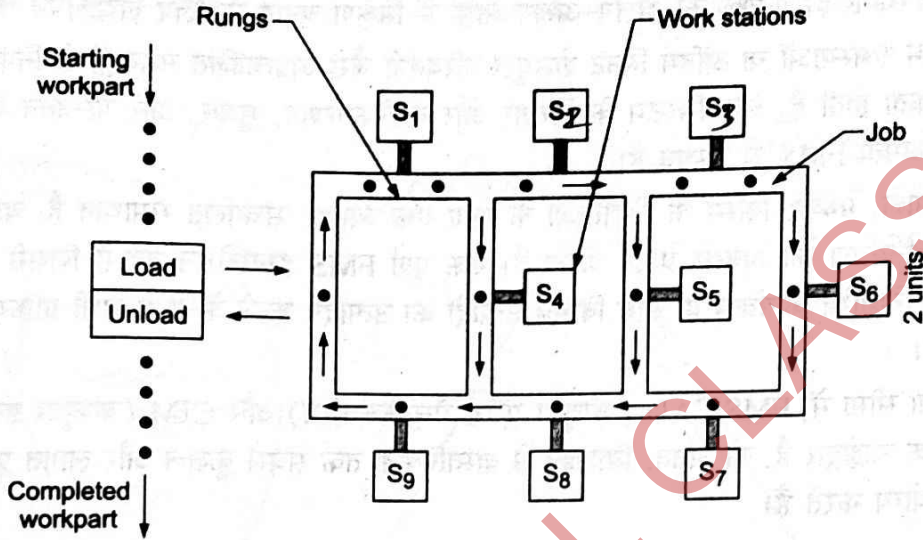
चित्र 5.4—लूप लेआउट (Loop Layout)

(C) लैडर टाइप लेआउट (Ladder Type Layout)—लैडर प्रकार के लेआउट में पायदान होते हैं, जिस पर वर्कस्टेशन स्थित होते हैं। यह औसत पाटर्स यात्रा दूरी को कम करता है जिससे कार्यस्थानों के बीच स्थानांतरण का समय कम हो जाता है। इस लेआउट की एक संभावित व्यवस्था को चित्र 5.5 में दिखाया गया है।



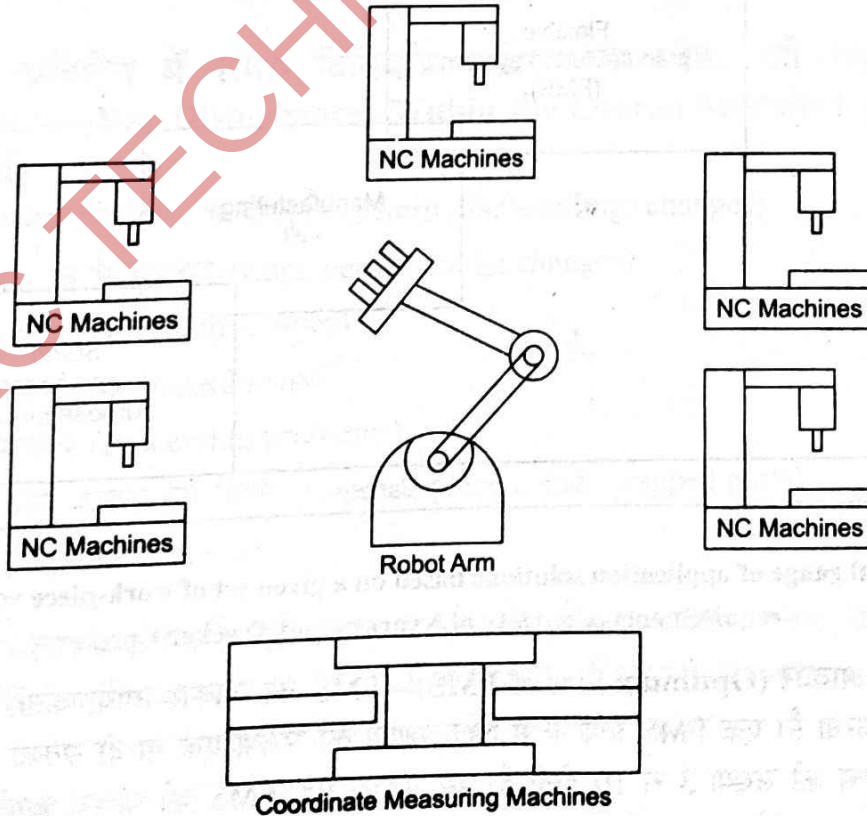
चित्र 5.5—लैडर टाइप लेआउट (Ladder Type Layout)

(D) खुले क्षेत्र के लेआउट (Open Field Type)—खुले क्षेत्र के लेआउट में कई लूप और लैडर होते हैं और इसमें साइडिंग्स भी शामिल हो सकते हैं। जैसा कि चित्र 5.6 में दिखाया गया है। इस प्रकार का लेआउट सामान्यतः कार्यखण्ड के एक बड़े परिवार के प्रसंस्करण के लिए उपयुक्त है। विभिन्न मशीन प्रकारों की संख्या सीमित हो सकती है, और कार्यखण्ड को पहले उपलब्ध मशीनों के आधार पर अलग-अलग कार्यस्थानों में रूट किया जाता है।



चित्र 5.6—खुला क्षेत्र के लेआउट (Open Field Type)

(E) रोबोट केंद्रित प्रकार (Robot Centered Type)—इस प्रणाली में वस्तु स्थानांतरण के लिए रोबोट का उपयोग किया जाता है, मशीनों को एक सर्कल के परिधि पर रखा जाता है, इस प्रकार के लेआउट को परिपत्र लेआउट भी कहा जाता है। इस लेआउट की एक संभावित व्यवस्था चित्र 5.7 में दिखाया गया है।

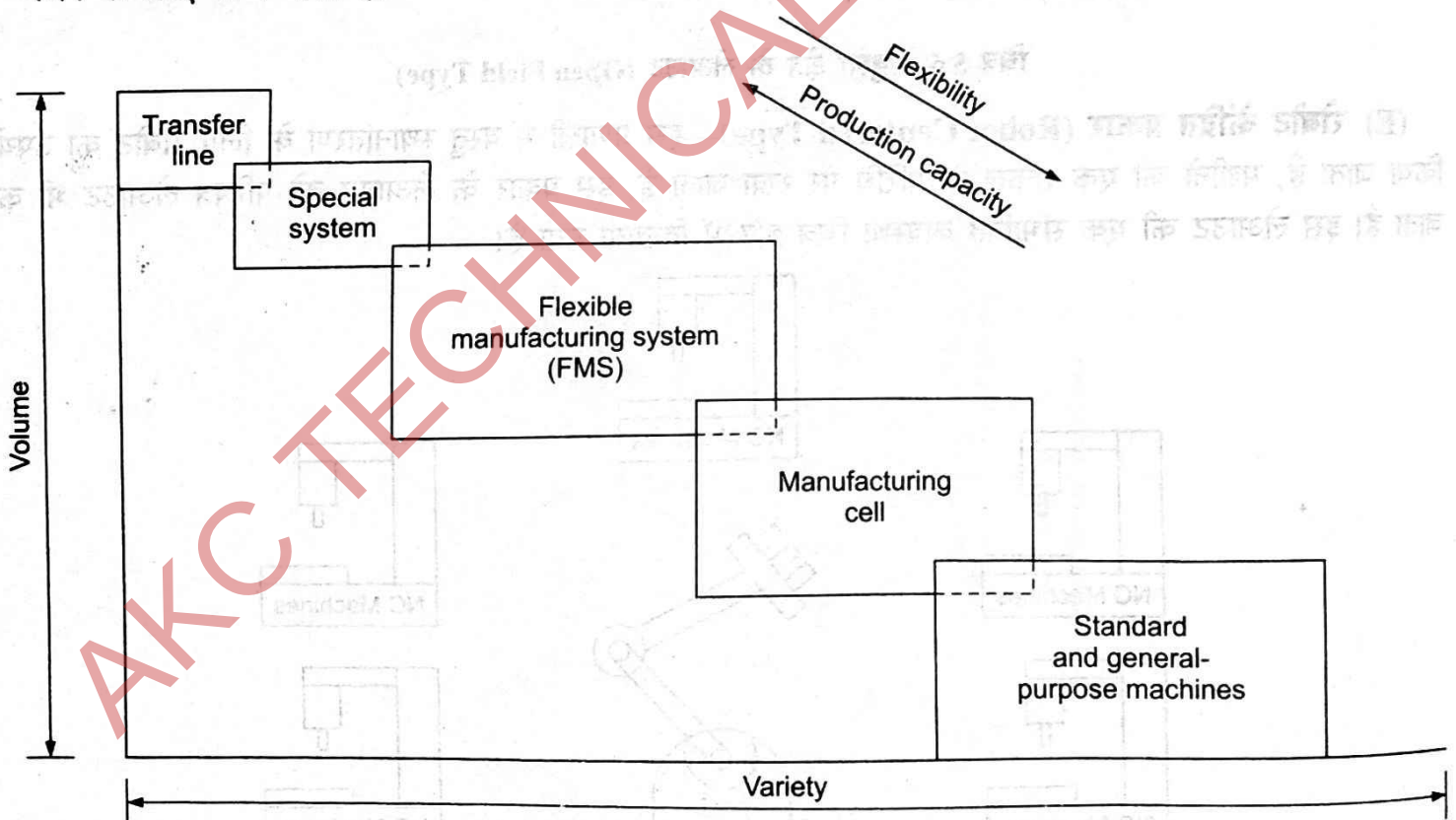


चित्र 5.7—रोबोट केंद्रित प्रकार (Robot Centered Type)



### 5.5.1. सत्य FMS (True FMS)

- सत्य FMS विभिन्न प्रकार के अलग-अलग कार्यखंडों को नियंत्रित कर सकता है। उन्हें आवश्यकतानुसार (बहुत कम तथाकथित FMS इस सख्त परिभाषा को पूरा करते हैं) एक बार में किसी भी क्रम में उत्पादित कर सकता है। यह अलग-अलग मात्रा की आवश्यकताओं और नए कार्यों को स्वीकार करने, डिज़ाइन और इंजीनियरिंग संशोधनों को समायोजित करने के लिए उपयोगी है। पदार्थों की अलग-अलग मात्रा में मिश्रण बनाने के लिए लचीलेपन की आवश्यकता है।
- मशीन डाउनटाइम समस्याओं या अंतिम मिनट शेड्यूल परिवर्तनों जैसे अप्रत्याशित गड़बड़ी से निपटने के लिए लचीलेपन की भी आवश्यकता होती है; और सिस्टम के विस्तार और कॉन्फिगरेशन, सुधार, और परिवर्तन के माध्यम से समय के साथ बढ़ने की क्षमता FMS से सम्भव है।
- FMS मध्यम-मात्रा, मध्यम-किस्म के निर्माताओं के लिए एक व्यापार-संचालित समाधान है; यह विनिर्माण प्रक्रिया के लिए अनुमानित नियंत्रण का अवसर प्रदान करता है। एक पूर्ण FMS इंस्टॉलेशन वह है जिसमें सिस्टम की परिभाषित क्षमता और पूर्व-निर्धारित कार्यक्रम के साथ विभिन्न उत्पादों का उत्पादन करने के लिए सभी प्रक्रिया को कंप्यूटर नियंत्रण में रखा जाता है।
- एक लंबी प्रक्रिया सीमा में, FMS CAD (कंप्यूटर एडेड मैनुफैक्चरिंग) और CIM (कंप्यूटर इंटीग्रेटेड मैनुफैक्चरिंग) के लिए प्राकृतिक साझेदार है, जो अंततः डिज़ाइन से वास्तविकता तक सबसे कुशल और लागत प्रभावी साधनों से उत्पाद करने के लिए योग्य करते हैं।



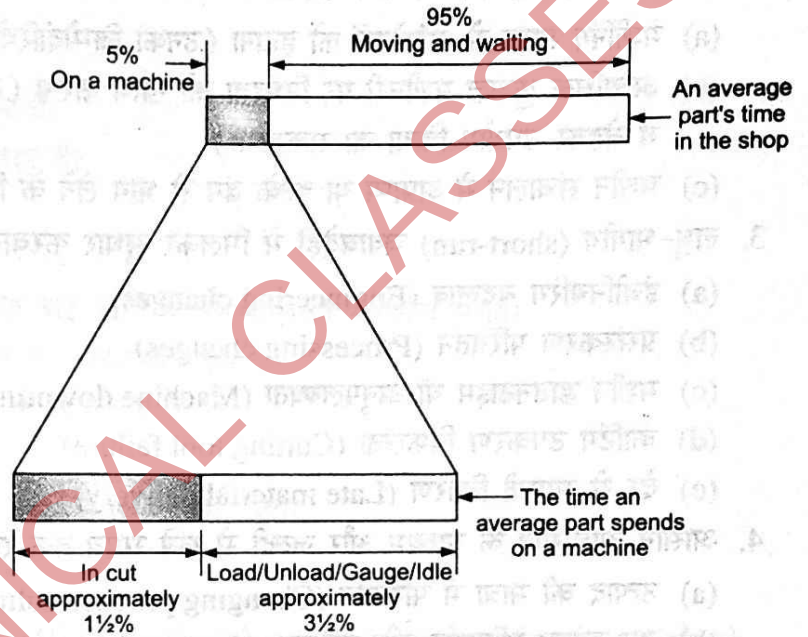
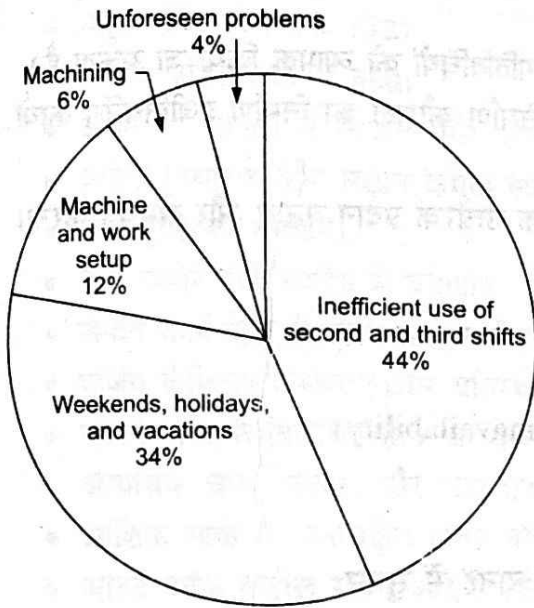
चित्र 5.8—General range of application solutions based on a given set of work-piece volume and variety requirements (Courtesy of Kearney and Trecker Corp.)

- **FMS का इष्टतम आकार (Optimum Size of FMS)**—FMS का आकार उपयोगकर्ता, उसकी आवश्यकता और संसाधन पर निर्भर करता है। एक FMS प्रणाली में NC मशीनों की संख्या एक या दो सकती है। समान्यतः, प्रसंस्करण मशीनों या मशीन टूल्स की संख्या 3 से 10 होती है। इस प्रकार, एक FMS की योजना बनाने, परियोजना इंजीनियरिंग स्थापित करने, कार्यान्वयन और प्रबंधन के लिए सम्मिलित प्रयास लागत अधिक है।



## 5.6 FMS की आवश्यकता (Need for FMS)

- विनिर्माण में FMS का उद्देश्य सही समय पर सही मशीनों को प्राप्त करना है। यह बहुत अधिक या बहुत जल्द इन-प्रोसेस इन्वेंट्री का बैकअप बनाता है। बहुत कम उपकरण या देर से कार्य शेड्यूल और निष्क्रिय मशीनों के कारण कार्य में देरी हो सकती है। अतिरिक्त प्रक्रिया इन्वेंट्री और उपकरणों के उपयोग के जैसे कई मामलों का परिणाम, पूंजी की हानि होना है।



चित्र 5.9

## 5.7 सामान्य दिन-प्रतिदिन में समग्र विनिर्माण प्रक्रिया के भीतर की गड़बड़ी (Common Day-to-Day Disturbances Within the Overall Manufacturing Process Consisting of)

1. प्राथमिकता (समय-निर्धारण) में परिवर्तन (Priority (scheduling) changes)
2. इंजीनियरिंग डिजाइन में बदलाव (Engineering design changes)
3. टूलिंग कठिनाइयाँ (Tooling difficulties)
4. मशीन टूटना (Machine breakdowns)
5. प्रसंस्करण समस्याएँ (Processing problems)
6. गायब, गलत, और कबाड़ हुए हिस्से (Lost, misplaced, and scrapped parts)
7. वेंडर की देरी (Vendor lateness)

## 5.8 ग्राहकों की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए आज FMS का वातावरण (Today's FMS Environment to Meet Customers Requirements)

1. ऑर्डर प्लेसमेंट और ऑर्डर डिलीवरी के बीच न्यूनतम विलंब होना चाहिए।
2. गुणवत्ता और विश्वसनीयता अधिक होनी चाहिए।
3. परिचालन लागत अनुमानित और नियंत्रण में होनी चाहिए।
4. प्रतिस्थापन भागों को एक त्वरित टर्नअराउंड आधार पर सुलभ उपलब्ध होना चाहिए।



## 5.9 FMS के सैद्धान्तिक उद्देश्य (The Principle Objectives of FMS)

1. इसके माध्यम से परिचालन नियंत्रण में सुधार:
  - (a) अनियंत्रित चर की संख्या में कमी
  - (b) निर्माण योजना में विचलन पहचानने और प्रतिक्रिया करने के लिए उपकरण प्रदान करना
  - (c) मानव संचार पर निर्भरता कम करना
2. प्रत्यक्ष श्रम के माध्यम को कम करना:
  - (a) मशीनिंग साइट से ऑपरेटरों को हटाना (उनकी जिम्मेदारियों और गतिविधियों को व्यापक किया जा सकता है)
  - (b) अत्यधिक कुशल मशीनरी पर निर्भरता को खत्म करना (उनके निर्माण कौशल का निर्माण इंजीनियरिंग कार्यों में बेहतर उपयोग किया जा सकता है)
  - (c) मशीन संचालन में अप्राप्य या हल्के ढंग से भाग लेने के लिए एक उत्प्रेरक प्रदान करना और समर्थन करना।
3. लघु-भागीय (short-run) जवाबदेही में मिलकर सुधार करवाना:
  - (a) इंजीनियरिंग बदलाव (Engineering changes)
  - (b) प्रसंस्करण परिवर्तन (Processing changes)
  - (c) मशीन डाउनटाइम या अनुपलब्धता (Machine downtime or unavailability)
  - (d) काटिंग उपकरण विफलता (Cutting tool failure)
  - (e) देर से सामग्री वितरण (Late material delivery)
4. आसान आत्मसात के माध्यम और जल्दी से लंबे समय तक रहने की जगह में सुधार:
  - (a) उत्पाद की मात्रा में परिवर्तन (Changing product volumes)
  - (b) नए उत्पाद परिवर्धन और परिचय (New product additions and introductions)
  - (c) अलग-अलग भाग मिलाते हैं (Different part mixes)
5. मशीन का उपयोग बढ़ाना (Increase machine utilization by):
  - (a) मशीन सेटअप को खत्म करना (Eliminating machine setup)
  - (b) मैनुअल हस्तक्षेप को बदलने के लिए स्वचालित सुविधाओं का उपयोग (Utilizing automated features to replace manual intervention)
  - (c) काटने के प्रक्रिया चक्र में मशीन रखने के लिए त्वरित हस्तांतरण उपकरण प्रदान करना (Providing quick transfer devices to keep machine in the cutting cycle)
6. सूची को कम करके (Reduce inventory by):
  - (a) आकार बहुत कम करना (Reducing lot sizes)
  - (b) इन्वेंट्री टर्नओवर में सुधार (Improving inventory turnovers)
  - (c) समय पर विनिर्माण के लिए नियोजन उपकरण प्रदान करना (Providing the planning tools for just-in-time manufacturing)

## 5.10 विनिर्माण उद्योगों के सामने समस्याएं (Problems Facing Manufacturing Industries)

1. बाहरी दबाव (External pressures):
  - प्रौद्योगिकी प्रगति।
  - दुनिया भर में प्रतिस्पर्धा तेज होने के परिणामस्वरूप लागत, गुणवत्ता और वितरण दबाव में वृद्धि हुई है। विनिर्माण दर में उतार-चढ़ाव (निर्णय लेने की करीबी जांच)।

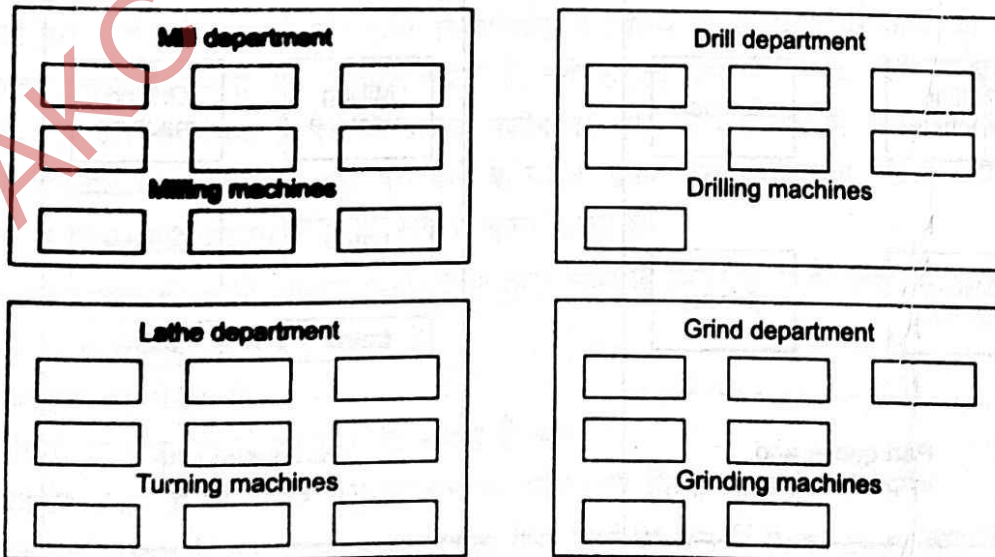


- आर्थिक स्थितियों की अनिश्चितता और अस्थिरता।
  - विनिर्माण में कैरियर चुनने वाले व्यक्तियों का प्रतिशत घटना।
2. आंतरिक समस्याएं और अक्षमताएं (Internal problems and inefficiencies):
- वर्क-इन-प्रोसेस इन्वेन्टरी के उच्च स्तर।
  - जटिल सामग्री प्रवाह पैटर्न।
  - बहुत लंबे समय तक लीड।
  - उत्पाद जटिलताओं में वृद्धि।
  - अत्यधिक सामग्री से निपटने और क्षतिग्रस्त भागों।
  - जटिल निर्धारण और मशीन क्षमता लोड हो रहा है।
  - कम पूंजी का उपयोग।
  - शॉप फ्लोर इंजीनियरिंग में बदलाव
  - समान कार्य केंद्र के लिए प्रतिस्पर्धा करने वाले कई भागों के परिणामस्वरूप मशीन समूह।
  - एजिंग कैपिटल उपकरण और प्रतिस्थापन धन का अपर्याप्त आवंटन।
  - सामने वाले के विलंबित होने के परिणामस्वरूप अत्यधिक तेजी।
  - अत्यधिक चाल, कतार, और भाग का सेटअप समय।
  - आंशिक भागों से अनधिकृत कतार क्षेत्रों के परिणामस्वरूप गलत भाग।
  - आउट ऑफ कंट्रोल स्क्रेप और रीवर्क लागत।

### 5.11 विनिर्माण के लिए पारंपरिक दृष्टिकोण (Conventional Approaches to Manufacturing)

विनिर्माण में पारंपरिक दृष्टिकोण समान्यतः एक विनिर्माण सुविधा में तार्किक व्यवस्था में रखी गई मशीनों के साथ केंद्रित। इन मशीन लेआउट निम्नलिखित द्वारा वर्गीकृत किया गया है:

1. कार्य (Function)—कार्य द्वारा आयोजित मशीनें समान्यतः एक ही प्रकार के कार्य करती हैं, और इन विभागों के स्थान एक दूसरे के सापेक्ष सामान्य रूप से व्यवस्थित होते हैं ताकि आश्रित पदार्थ हस्तांतरण कम से कम हो सके। कार्यात्मक लेआउट विभागों और कारखानों में उत्पादित कार्यखंड समान्यतः पचास टुकड़ों (भागों की एक बड़ी विविधता) तक छोटे बैचों में निर्मित होते हैं।

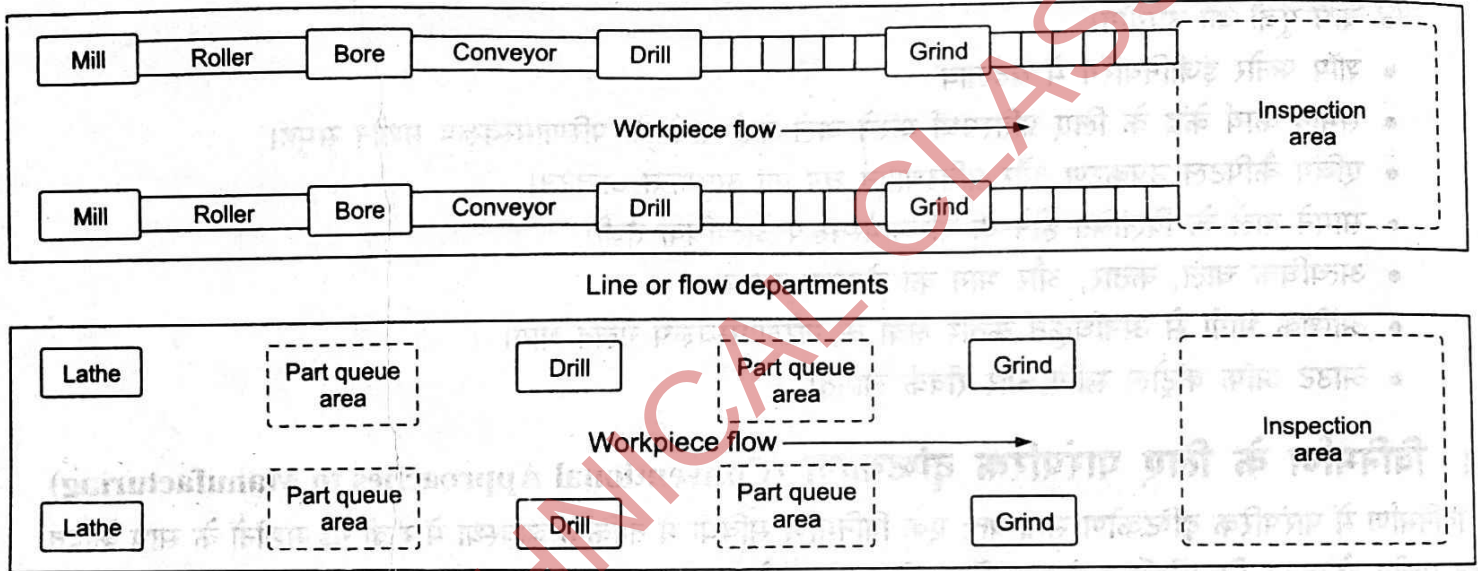


Machine layout by function

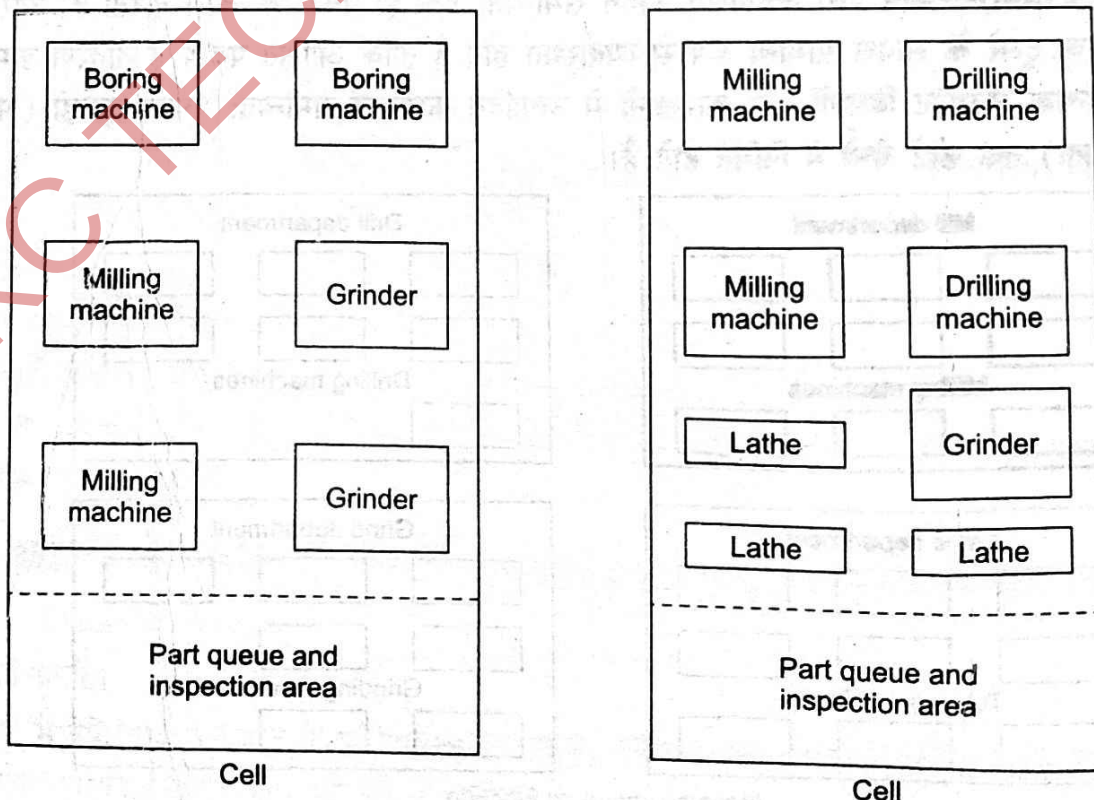
चित्र 5.10—Machine Layout by Function



2. **लाइन या प्रवाह लेआउट (Line or Flow Layout)**—आवश्यक प्रसंस्करण क्रम या अनुक्रम में मशीनों की व्यवस्था प्रवाह लेआउट कहलाता है। एक ट्रांसफर लाइन, लाइन लेआउट का एक उदाहरण है। कार्यखंड उत्तरोत्तर एक मशीन से दूसरे में एक पंक्ति या प्रवाह लेआउट में एक रोलर कन्वेयर के माध्यम से या मैनुअल सामग्री हैंडलिंग के माध्यम से चलते हैं। समान्यतः, एक या बहुत कम अलग-अलग कार्यखंड हिस्सों को एक लाइन या प्रवाह प्रकार के लेआउट पर उत्पादित किया जाता है, क्योंकि संसाधित किए गए सभी भागों को संचालन के समान प्रसंस्करण अनुक्रम की आवश्यकता होती है। सभी मशीनिंग एक क्रम में की जाती है, जिससे आश्रित मैटेरियल हैंडलिंग कम हो जाता है।
3. **सेल (Cell)**—यह दोनों लेआउट की क्षमता को एक बहु-कार्यात्मक इकाई में जोड़ती है। इसे एक समूह प्रौद्योगिकी सेल के रूप में संदर्भित किया जाता है, प्रत्येक अलग-अलग सेल या विभाग में विभिन्न मशीनों का समावेश होता



चित्र 5.11—Line or Flow Machine Layout



चित्र 5.12—Machine layout by cell based on part families to be processed



है जो समान या असमान हो सकती हैं। प्रत्येक सेल अनिवार्य रूप से एक कारखाने के भीतर एक छोटा कारखाना है, और प्रसंस्करण आदेश की परवाह किए बिना, भागों को एक ही प्रकार की प्रक्रियाओं की आवश्यकता वाले समूहों में वर्गीकृत या व्यवस्थित किया जाता है। सेलुलर लेआउट फ़ंक्शन और लाइन मशीन लेआउट दोनों पर अत्यधिक लाभप्रद हैं क्योंकि वे सेल के भीतर मशीन से मशीन तक जटिल सामग्री प्रवाह पैटर्न और समेकन सामग्री को समाप्त कर सकते हैं।

### 5.12 लचीले विनिर्माण में निवेश के लाभ और सीमाएं (Benefits and Limitations of Invest in Flexible Manufacturing)

1. 60 से 80 प्रतिशत की इन्वेंटरी कटौती—यह एक महत्वपूर्ण लाभ है क्योंकि कार्यखंड के भागों का उपयोग किसी मशीन पर होने के इंतजार में लगभग 95 प्रतिशत कार्यकर्ता खाली नहीं बैठते हैं। FMS, कार्यखण्ड भाग श्रृंखला को बढ़ाने की क्षमता प्रदान करता है, इस प्रकार प्रक्रिया और तैयार इन्वेंट्री के समीप कार्यखण्ड भागों के रुकने के अवसर को कम करता है।
2. 30 से 50 प्रतिशत की अप्रत्यक्ष श्रम बचत—प्रत्यक्ष विनिर्माण कार्य, जैसे कि ऑपरेटिंग मशीन और असेंबली, में बहुत कम कार्यकर्ता की आवश्यकता होती है। FMS के लिए मुख्य तथ्य यह है कि, अस्वीकार्य किए गए या हल्के ऑपरेशन वाले कार्यों के लिए सरल विधि और लचीलापन उपलब्ध कराता है। जैसे सेटअप और वर्कपीस को ठीक किया जा सकता है और ऑफ लाइन लेआउट बनाया जाता है जबकि मशीन टूल्स धातु काट रहे होते हैं।
3. परिसंपत्ति का 80 से 90 प्रतिशत तक उपयोग में वृद्धि—परिसंपत्ति उपयोग में वृद्धि होता है क्योंकि उपकरण विपरीत ऑपरेटिंग परिस्थितियों और सही उपकरण संतुलन के आधार पर, दिन में सात दिन, तीन शिफ्टों के लिए हल्के कार्य संचालित कर सकते हैं। FMS से स्वचालित, नियंत्रित कंप्यूटर 24 घंटे प्रति दिन ऑपरेशन करने में सक्षम होता है।
4. 40 से 50 की फर्श की जगह में कमी—फर्श की जगह को कम किया जा सकता है और इस प्रकार एक नए प्लांट का वास्तविक आकार और लागत बहुत कम किया जा सकता है। इसके अतिरिक्त, प्रक्रिया और पूर्ण सूची में काम करने के लिए आवश्यक स्थान की मांग कम हो जाता है।

### 5.13 लचीला विनिर्माण प्रणाली का अनुसूचन (Scheduling of Flexible Manufacturing System)

‘लचीला विनिर्माण प्रणाली’ में अनुसूचन पूर्ण रूप से कार्य को प्रारम्भ और समाप्त करने की प्रक्रिया बनाना है। अनुसूचन प्रक्रिया को उस आदेश के रूप में परिभाषित किया जाता है जिसमें किसी मशीन पर कार्य को संसाधित किया जाता है। इस प्रकार प्राप्त अनुक्रम अनुसूची को निर्धारित करता है, क्योंकि यह मान लेते हैं कि जैसे ही मशीन ने पहले के सभी कार्यों को अनुक्रमों में पूरा कर लिया है वैसे ही प्रत्येक मशीन पर अन्य कार्य प्रारम्भ हो जाता है। यह एक अर्ध-सक्रिय अनुसूची के रूप में संदर्भित किया जाता है और पूरा होने के समय, प्रवाह समय, विलंबता, मंदता और प्रदर्शन के अन्य उपायों को कम करने के लिए एक इष्टतम नीति के रूप में कार्य करता है।

शेड्यूलिंग समस्याओं को अक्सर N/M/F/P द्वारा निरूपित किया जाता है। जहाँ,

N नियत होने वाली कार्य की संख्या है;

M मशीनों की संख्या है;

F नौकरी के प्रवाह पैटर्न को संदर्भित करता है और

P प्रदर्शन उपाय है जो उचित रूप से कम या अधिकतम किया जाना है।

शेड्यूलिंग समस्याओं का समाधान सामान्यता गैन्ट-चार्ट के रूप में प्रस्तुत किया जाता है जो विभिन्न कार्य केंद्रों और उस कार्य केंद्र पर कुल प्रसंस्करण समय के बीच प्लॉट किया जाता है।



“विनिर्माण के लिए लचीले सामग्री-हैंडलिंग सिस्टम में विभिन्न अनुक्रमों में प्रक्रिया स्टेशनों के बीच लेखों को ले जाने या सामग्री ले जाने की क्षमता होती है। वाहक के अग्रिम राउटिंग को नियंत्रित करने के लिए पारंपरिक विधि, सिस्टम के सभी उपयोगी रास्तों को निर्धारित करता है, और आवश्यक होने तक केंद्रीय कंप्यूटर में जानकारी संग्रहीत करता है।”

“लचीली विनिर्माण प्रणाली समयबद्धन को एक स्थिर समय-निर्धारण समस्या के रूप में माना जाता है, जहाँ आदेशों का एक निश्चित सेट या तो अनुकूलन या प्राथमिकता निर्धारण समय-सीमा का उपयोग करके निर्धारित किया जाता है। वैकल्पिक रूप से इसे एक डायनामिक शेड्यूलिंग समस्या के रूप में भी देखा जाता है, जहाँ समय-समय पर ऑर्डर करने के लिए आदेश आते हैं, क्योंकि दैनिक ऑर्डर सामग्री आवश्यकता योजना प्रणाली से या व्यक्तिगत ग्राहक के आदेश के रूप में जारी किए जाते हैं।” इस प्रकार के शेड्यूलिंग के लिए, प्रदर्शन मानदंड औसत माँग विलंबता और शिथिलता को कम करता है। साथ ही इन तथ्यों को भी ध्यान दिया जाता है—

- (i) FMS में एक कार्य का भाग कब लोड करना है।
- (ii) किस प्रकार का कार्य का भाग FMS में लोड किया जाना है।
- (iii) भाग का डिस्पैच करना।

पहले निर्णय के लिए, प्रणाली संकुचन (system congestion) और पार्ट फिक्सचर (part fixture) उपलब्धता जैसे कारकों पर विचार किया जाता है। दूसरे निर्णय की चिंता का विषय लोडिंग स्टेशन पर FMS में प्रवेश करना है। सिस्टम में नए कार्य भाग को प्रवेश करते समय ऐसे कारकों को कार्य भाग की विशेषताओं और मशीन वर्कलोड की स्थिति को देखते हुए निर्णय लिया जाता है। प्रेषण निर्णय वास्तविक उत्पादन के समय FMS के माध्यम से मशीन भागों पर निर्भर होता है।

## 5.14 अनुसूचन के कार्य (Functions of Scheduling)

5.14.1. एक प्रभावी उत्पादन समयबद्धन प्रणाली को डिज़ाइन करने के लिए, निम्नलिखित कार्यों को सबसे व्यवस्थित और कुशल तरीके से किया जाना चाहिए:

1. आवंटन (लोडिंग) की व्यवहार्यता पर विचार करने के बाद विभिन्न कार्य को विभिन्न सुविधाओं के लिए सौंपना।
2. सुविधाओं पर गतिविधियों के अनुक्रम के लिए प्राथमिकताओं के नियमों का एक सेट स्थापित करना। (अनुक्रमण)
3. कार्य के आदेशों के सुविधाओं के अनुसार कार्यशाला तक कार्य आदेशों को पहुंचाना।
4. कार्य की स्थिति की समीक्षा करना, अर्थात् उपलब्धि की निगरानी करना और विचलन को ठीक करने के लिए कार्य की प्राथमिकताएं या समय-निर्धारण बदलना।

## 5.14.2. FMS अनुसूचन के उद्देश्य (The Objectives of FMS Scheduling)

1. मशीनों और उपकरणों का बेहतर उपयोग करके संचालन की उच्च दक्षता प्राप्त करना।
2. प्रक्रिया और कच्चे माल में कम आविष्कारों को बनाए रखना।
3. उत्पादों के कम प्रवाह समय को बनाए रखना।

## 5.14.3. अनुसूचन के तत्व नियम (Elements of Scheduling)

उत्पादन आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए संसाधनों के उपयोग को अनुसूचित करके संचालन का समय और क्रम निर्धारित करते हैं। अनुसूचन के तत्व निम्नलिखित हैं—

- (a) कार्य आने का पैटर्न
- (b) मशीनों और संचालन की संख्या और विविधता
- (c) मशीनों/संचालन के लिए श्रमिकों का अनुपात
- (d) कार्य का प्रवाह पैटर्न
- (e) कार्य आवंटित करने के लिए प्राथमिकता नियम



#### 5.14.4. अनुसूचन प्राथमिकता के नियम (Scheduling Priority Rules)

“प्राथमिकता नियमों का एक नमूना सेट नीचे प्रस्तुत किया गया है” इस काम में, दिए गए अनुमत सेट से संचालन के लिए छह प्रकार के नियम हैं—

1. **लघु प्रसंस्करण समय (Short Processing Time (SPT))**: न्यूनतम प्रसंस्करण समय के साथ संचालन की प्रक्रिया करें।
2. **अधिकांश कार्य शेष (Most Work Remaining (MWR))**: अधिकतम कुल प्रसंस्करण समय के साथ कार्यों के बीच संचालन की प्रक्रिया करें।
3. **यादृच्छिक चयन नियम (Random Selecting Rule)**: बेतरतीब तरीके से दिए गए सेट से एक ऑपरेशन का चयन करें।
4. **लंबी प्रसंस्करण समय (Long Processing Time (LPT))**: अधिकतम प्रसंस्करण समय के साथ संचालन की प्रक्रिया करें।
5. **अधिकांश ऑपरेशन शेष (Most Operation Remaining (MOR))**: अधिकांश शेष ऑपरेशन के साथ कार्यों के बीच संचालन की प्रक्रिया करें।
6. **नियत तारीख नियम (Earliest due date Rule (EDD))**: नियत तिथि नियम अधिकतम कार्य की विलंबता, या कार्य की मांग को जल्द से जल्द कम करता है। लेकिन इसमें अधिक कार्यों की आवश्यकता होती है और थकावट बढ़ जाती है। कुछ प्राथमिकता वाले नियमों जैसे कि अधिकांश कार्य शेष (MWR, लघु प्रसंस्करण) पर एक प्रयास किया जा सकता है।

#### 5.15 लचीलेपन का सिद्धांत (Principles of Flexibility)

**परिभाषा:** “किसी प्रणाली को कंपनी में अपनी आवश्यकताओं, संचालन और प्रबंधन के आधार पर परिवर्तनों के लिए अनुकूल बनाने में सक्षम होना चाहिए।” दूसरे शब्दों में, लचीलापन सिद्धांत एक अवधारणा है जो किसी व्यवसाय द्वारा उपयोग की जाने वाली किसी भी प्रणाली को कंपनी के साथ बदलने और विकसित करने में सक्षम होना चाहिए।

लचीलेपन का उपयोग दो अलग-अलग संदर्भों में किया जाता है

1. **कार्रवाई लचीलापन**—क्षेत्रीय योजना और संयंत्र विस्तार जैसी स्थितियों से संबंधित है, इसमें निर्णय क्रमिक रूप से किए जाते हैं और यह जाने बिना कि भविष्य में क्या बदलाव होने वाला है नई परिस्थितियों को पूरा करने के लिए नई कार्रवाई की आवश्यकता होती है। उदाहरण के लिए प्लांट के उत्पाद की मांग कितनी तेजी से बढ़ेगी या घटेगी। किसी प्रणाली के शुरुआती दौर में कुछ विकल्पों को खुला छोड़ देते हैं जिससे कि भविष्य में होने वाले परिवर्तन में निर्माण प्रणाली को और विकसित किया जा सके।
2. **अवस्था लचीलापन**—दूसरे प्रकार के संदर्भ में सिस्टम में बिना किसी बदलाव के या थोड़ा बहुत बदलाव के साथ कई अलग-अलग परिस्थितियों में अच्छी तरह से संचालित करने की क्षमता से होता है। इसे चरण (स्टेज) लचीलापन कहा जाता है। उदाहरण के लिए यदि भविष्य में प्लांट में उत्पाद की मांग बढ़ती या घटती है तो बड़े स्तर में संयंत्र विस्तार की आवश्यकता नहीं होती है।



## 5.16 निर्माण प्रणाली में परिवर्तन (Changes in Manufacturing System)

एक निर्माण प्रणाली के लचीलेपन का मूल्यांकन परिवर्तन और बाधा की प्रकृति को ध्यान में रखते हुए किया जाना चाहिए। निर्माण प्रणाली में विभिन्न प्रकार के वर्क स्टेशन, मशीनें, सामग्री हैंडलिंग सुविधों, उपकरण, फिक्स्चर आदि सम्मिलित होते हैं जिनमें बदलाव करके उत्पादन प्रक्रम को आवश्यकता अनुसार नियंत्रित किया जा सकता है।

विनिर्माण प्रणाली में होने वाले परिवर्तन को दो श्रेणी में विभाजित किया जा सकता है—

- A. **सक्रिय परिवर्तन (Active Change)**—ऐसा परिवर्तन, जहां ऑपरेटर और प्रबंधन सक्रिय रूप से उत्पादन प्रणाली को बदलते हैं, सक्रिय परिवर्तन कहलाती है।
- B. **निष्क्रिय परिवर्तन (Passive Change)**—ऐसा परिवर्तन जहां प्रणाली में ही परिवर्तन की अंतर्निहित क्षमता है, निष्क्रिय परिवर्तन कहलाती है। इसमें ऑपरेटर या प्रबंधन द्वारा सिस्टम को समायोजित (adjust) किए बिना भी सिस्टम स्वचालित रूप से प्रतिक्रिया करता है।

सामान्यतः जब संभव हो तब स्वाभाविक रूप से, एक निष्क्रिय परिवर्तन बेहतर होता है। निष्क्रिय प्रणाली कार्य को प्रगति में सीमित करती है। इस तरह के दृष्टिकोण (approach) का उपयोग करने पर, उत्पादन प्रणाली कभी भी अतिभारित (overloaded) नहीं होती है, लेकिन जहां हर आदेश जल्दी में जोर देकर दिया जाता है ऐसी कोई भी प्रणाली बहुत अधिक लचीली (smoother) हो सकती है।

### 5.16.1 परिवर्तन के स्रोत (Sources of Change)

एक उत्पादन प्रणाली में कुछ समय उपरान्त परिवर्तन होना निश्चित है। किसी भी परिवर्तन के विभिन्न स्रोत हैं, इसके प्रभाव का प्रतिकार (counteract) करने या न मानने के लिए विभिन्न प्रतिक्रियाओं की आवश्यकता होती है। परिवर्तन में बहुत कम से लेकर सब कुछ तक बदल जाता है। परिवर्तन स्रोत हमारे द्वारा दिये जाने वाले विवरण के स्तर पर निर्भर करता है। नीचे अधिक विस्तारपूर्वक से परिवर्तन के संभावित स्रोतों की एक सूची दी गई है।

- A. **आंतरिक परिवर्तन (Internal Changes)**—इस प्रकार के सिस्टम में मशीन और सामग्री हैंडलिंग प्रणाली, ब्रेकडाउन, प्रसंस्करण समय, अनुपस्थिति प्रचालक और गुणवत्ता आदि आते हैं।
- B. **बाहरी परिवर्तन (External Changes)**—इस प्रकार के सिस्टम में प्रसंस्करण के प्रकार (type of processing), संसाधन मात्रा, ऑपरेटरों का प्रशिक्षण और कौशल, ग्राहक, प्रतियोगिता, तथा कार्य आवंटन प्रणाली आदि आते हैं।

## 5.17 लचीला विनिर्माण और लचीलापन (Flexible Manufacturing and Flexibility)

लचीलापन एक विशेषता है जो एक मिश्रित प्रकार की निर्माण प्रणाली के लिए अनुप्रयोगी है। यह उत्पाद चक्र में एक निश्चित स्तर की भिन्नता के साथ समान रूप से कार्य करने में सक्षम है। एफ०एम०एस० (FMS) में उत्पादन प्रक्रिया के बीच कार्यखंड के प्रारूप (modal) में हुये परिवर्तन के कारण उत्पादन में किसी भी रुकावट के बिना उत्पादन प्रक्रिया में परिवर्तन करने की क्षमता को लचीलापन कहा जाता है। एफ०एम०एस० वर्कस्टेशन पर विभिन्न प्रकार की विभिन्न शैलियों के उत्पाद (different part styles) को एक साथ संसाधित (processing) करने में सक्षम है और इसके साथ बदलती मांग पैटर्न पर उत्पादन की मात्रा समायोजित (adjusted) की जा सकती है। विनिर्माण प्रणाली द्वारा प्रदर्शित लचीलेपन का उल्लेख निम्नलिखित प्रकार से हैं—



## 1. मशीन लचीलापन (Machine Flexibility)

यह सिस्टम में दिए गए मशीन को उत्पादन संचालन और कार्यखण्ड शैलियों (part style) की एक विस्तृत श्रृंखला के लिए अनुकूलित करने में सक्षम है। संचालन और भाग शैलियों की सीमा जितनी अधिक होगी मशीन लचीलापन उतना ही अधिक होता है। मशीन का लचीलापन विभिन्न कारकों पर निर्भर करता है—

- (A) सेटअप या परिवर्तन का समय।
- (B) मशीनों के साथ आसानी से डाउनलोड किये जा सकने वाले पार्ट-प्रोग्राम का प्रकार।
- (C) मशीनों की उपकरण भंडारण क्षमता।
- (D) सिस्टम में श्रमिकों की कुशलता और बहुमुखी प्रतिभा।

## 2. उत्पादन लचीलापन (Production Flexibility)

यह एफ०एम०एस० सिस्टम पर निर्मित किए जा सकने वाले उत्पाद शैलियों (product styles) की श्रेणी है। मध्यम लागत और समय पर एक निर्माण प्रणाली द्वारा उत्पादित की जा सकने वाले भाग शैलियों की श्रेणी एक प्रक्रिया समूह द्वारा निर्धारित की जाती है। यह निम्नलिखित कारकों पर निर्भर करता है—

- (A) अलग-अलग स्टेशनों की मशीन लचीलापन।
- (B) सिस्टम में सभी स्टेशनों के मशीन लचीलेपन की सीमा (Range)।

## 3. मिक्स फ्लेक्सिबिलिटी (Mix Flexibility)

मिक्स फ्लेक्सिबिलिटी में उत्पाद की एक समान कुल उत्पादन मात्रा को बनाए रखते हुए उत्पाद मिश्रण को बदलने की क्षमता द्वारा परिभाषित किया जाता है। इसमें एक ही भाग को अलग-अलग अनुपात में उत्पादित करते हैं। इसे प्रक्रिया लचीलापन भी कहा जाता है। मिक्स लचीलापन साझा संसाधनों (shared resources) के सहायता से उत्पाद मिश्रण में परिवर्तन करके बाजार की परिवर्तनशीलता से सुरक्षा प्रदान करता है। उच्च मिश्रण भिन्नताएं (high mix variations) होने पर उपकरण, फिक्सचर और अन्य संसाधनों की अधिक संख्या की आवश्यकता हो सकती है। मिश्रित लचीलापन निम्नलिखित कारकों पर निर्भर करता है—

- (A) मिश्रण में कार्यखण्ड की समानता।
- (B) मशीन का लचीलापन।
- (C) उत्पादित कार्यखण्ड के सापेक्ष कार्य सामग्री समय।

## 4. उत्पाद लचीलापन (Product Flexibility)

उत्पाद लचीलापन में बदलते बाजार की आवश्यकताओं के विपरीत आर्थिक रूप से और जल्दी से उत्पादों के एक नए सेट को बदलने की क्षमता होती है। विनिर्माण लाइन-अप में समय के साथ बदलाव में मांग किए गए नए उत्पादों को डिज़ाइन करने, योजना बनाने, टूलिंग करने और उन्हें ठीक करने का समय उत्पाद लचीलापन में कम लगता है। यह निम्नलिखित कारकों पर निर्भर करता है—

- (A) मौजूदा भाग समूह के साथ नए भाग के डिज़ाइन की प्रासंगिकता (Relatedness)।
- (B) ऑफ-लाइन पार्ट प्रोग्राम तैयारी।
- (C) मशीन का लचीलापन।



### 5. रूटिंग लचीलेपन (Routing Flexibility)

किसी विशेष स्टेशन पर उपकरण के टूटने, उपकरण की विफलता और अन्य रुकावटों के विषय में वैकल्पिक कार्य केंद्र पर कार्यखंडों का उत्पादन करने की क्षमता रूटिंग लचीलेपन में है। यह उत्पाद परिवर्तन, इंजीनियरिंग परिवर्तन या नए उत्पाद परिचय जैसे बाहरी परिवर्तनों की उपस्थिति में प्रवाह क्षमता को बढ़ाने में मदद करता है। रूटिंग लचीलेपन को तय करने के निम्नलिखित कारक हैं—

- (A) मिश्रण में कार्यखण्ड की समानता।
- (B) कार्यस्थानों की समानता।
- (C) सामान्य टूलिंग।

### 6. वॉल्यूम लचीलेपन (Volume Flexibility)

यह विभिन्न उत्पादों के उत्पादन संस्करणों को अलग-अलग रखने के एफ०एम०एस० प्रणाली की क्षमता है। जबकि शेष लाभदायक मांग में परिवर्तन को समायोजित किया जाता है। इसे क्षमता लचीलेपन भी कहा जा सकता है। वॉल्यूम लचीलेपन को प्रभावित करने वाले कारक निम्नलिखित हैं—

- (A) मैनुअल श्रम प्रदर्शन उत्पादन का स्तर।
- (B) पूंजी उपकरण में निवेश की गई राशि।

### 7. विस्तार लचीलेपन (Expansion Flexibility)

यह सिस्टम को कुल उत्पादन मात्रा को बढ़ाने के लिए विस्तारित कर सकती है। विस्तार लचीलेपन निम्नलिखित कारकों पर निर्भर करता है—

- (A) नए वर्कस्टेशन और प्रशिक्षित श्रमिकों को जोड़ने में लागत।
- (B) लेआउट के विस्तार में आसानी।
- (C) उपयोग किए जाने वाले भाग हैडलिंग प्रणाली का प्रकार।

## 5.18 FMS की विशेषताएं (Features of FMS)

पारंपरिक उत्पादन प्रणालियों की अपेक्षा लचीले उत्पादन प्रणाली में कुछ विशेषताएं FMS को उन्नत बनाती हैं—

### 1. तकनीकी लचीलेपन—

- (a) मिश्रण (mixing),
- (b) मार्ग परिवर्तन (routing),
- (c) संचालन के क्रम (sequence of operations) को जल्दी-जल्दी बदलने की क्षमता,
- (d) FMS के द्वारा एकीकरण (integration)।

### 2. मशीनीकरण की पुनः प्रोग्रामिंग योग्यता—

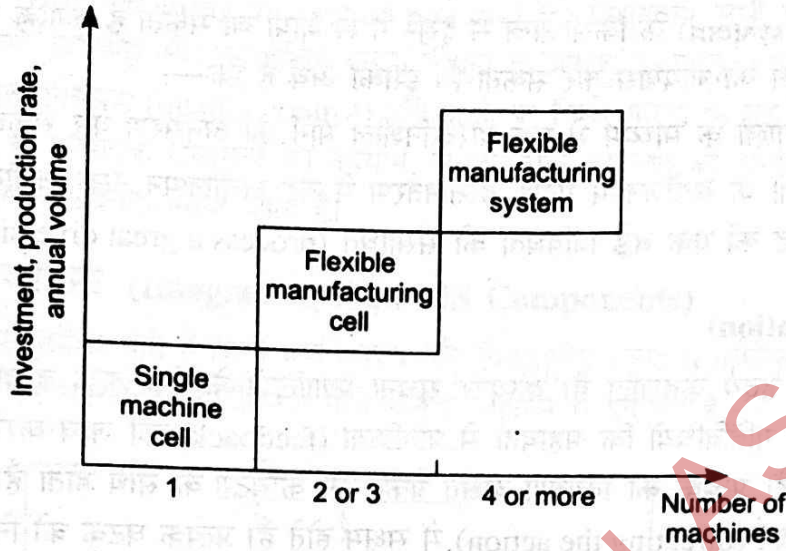
- (a) कार्यखंड की मशीनिंग,
- (b) औज़ार मार्गदर्शन।

### 3. संचालन के लिए पुनः प्रोग्रामिंग योग्यता—

- (a) पदार्थ हास्तांतरण,
- (b) उपकरण परिवर्तन को कम करना।



तीन प्रकार के FMS तुलना चित्र 5.13 में दर्शाई गई है, जहां मशीनों की संख्या को निवेश, उत्पादन दर और वार्षिक मात्रा के मैट्रिक्स के संबंध में वर्णन किया गया है।

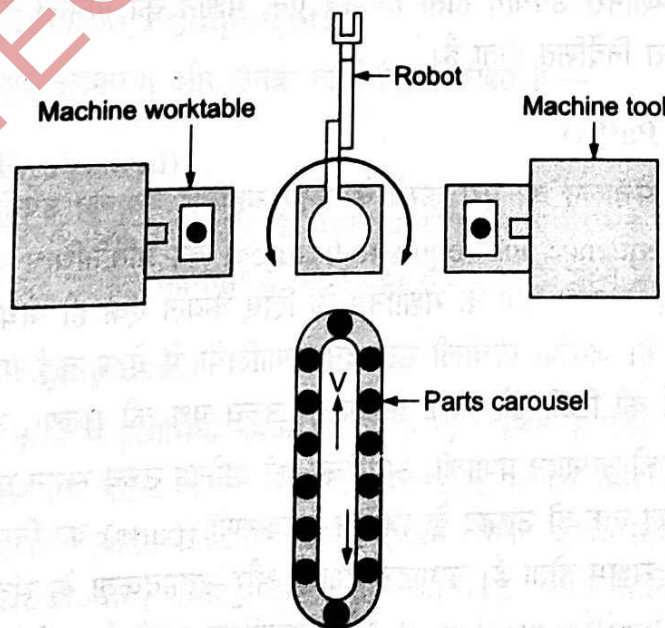


चित्र 5.13—लचीली कोशिकाओं और प्रणालियों की तीन श्रेणियों की विशेषताएं

FMS प्रक्रिया की कुछ प्रमुख विशेषताएं निम्नलिखित दी गई हैं—

#### (1) सेल (Cell)

सेल में एक कंपनी के अन्दर दो या दो से अधिक स्वचालित मशीनों के कई समूह होते हैं। प्रत्येक समूह को एक सेल कहा जाता है। कंपनी में सभी मशीनों को एक कंप्यूटर द्वारा नियंत्रित किया जाता है। उन्हें एक उत्पादन विधि (production method) से दूसरे विधि में जल्दी बदलने के लिए प्रोग्राम किया जाता है। एफ०एम०एस० की एक प्रमुख विशेषता सेल को पदार्थ का स्वचालित प्रवाह और फिनिश आइटम का स्वचालित निष्कासन है। एक स्वचालित पदार्थ हस्तान्तरण प्रणाली के माध्यम से कई कोशिकाओं (cells) को एक साथ जोड़ा जाता है, और सामानों (उत्पाद) के प्रवाह को एक कंप्यूटर द्वारा नियंत्रित किया जाता है।



चित्र 5.14—दो मशीन टूल्स और रोबोट के साथ स्वचालित विनिर्माण सेल  
(Automated Manufacturing Cell with Two Machine Tools and Robot)



## (2) यादृच्छिक उपमार्ग क्षमता (Random Bypass Capability)

एफ०एम०एस० के पदार्थ हस्तान्तरण प्रणाली में यादृच्छिक उपमार्ग क्षमता होती है, अर्थात् एक हिस्से को परस्पर जुड़ी प्रणाली (interconnected system) के किसी यन्त्र से दूसरे में ले जाया जा सकता है क्योंकि परिवहन व्यवस्था (transport system) पर किसी भी टूल को बायपास कर सकता है। इसका अर्थ है कि—

- प्रत्येक भाग इस प्रणाली के माध्यम से एक परिवर्तनशील मार्ग का अनुसरण कर सकता है।
- बहुउद्देशीय उपकरणों के संयोजन में पदार्थ हस्तान्तरण में यह लचीलापन, एक लचीली उत्पादन प्रणाली के लिए, उत्पाद के कार्यखण्ड की एक बड़े विविधता को संसाधित (process a great diversity) करना संभव बनाता है।

## (3) स्वचालन (Automation)

कंप्यूटर, स्वचालन का हृदय कहलाता है। कंप्यूटर सूचना प्रणालियों के लिए एक ढांचा प्रदान करते हैं। यह प्रत्यक्ष क्रिया करते हुये मशीन की गतिविधियों की सहायता से प्रतिक्रिया (feedback) की जांच करते हैं। FMS में विभिन्न प्रकार के घटक सम्मिलित होते हैं। प्रत्येक का नियंत्रण वंक्षित प्रकार के कंप्यूटर के साथ होता है। प्रत्येक कंप्यूटर नियंत्रण के साथ-साथ जांच और निर्देशन (directing the action) में सक्षम होते हैं। प्रत्येक घटक को नियंत्रित करने के लिए कंप्यूटर नियंत्रण में आवश्यक डेटा की मात्रा के आधार पर अपने स्वयं के संचार आदिलेख (communication protocol) होते हैं। कंप्यूटर सॉफ्टवेयर समय पर और सटीक स्थिति (accurate status) की जानकारी प्रसारित कर सकता है और FMS में अन्य कंप्यूटरों से संचारित जानकारी का उपयोग करने में सक्षम होते हैं।

## (4) घटक अतिरेक (Component Redundancy)

लचीले उत्पादन प्रणाली में उपकरण अत्यधिक एकीकृत (highly integrated) होते हैं इसलिए एक घटक (component) के व्यवधान से अन्य घटक भी प्रभावित होते हैं। जिसके परिणाम स्वरूप पृथक घटकों के साथ तुलना करने पर समस्या का पता लगाने के लिए अधिक समय लगता है। कभी-कभी रुकावट कुछ अन्य एकीकरण प्रभाव के कारण हो सकती है और समस्या के वास्तविक कारण का पता चलने से पहले अधिक से अधिक रुकना (downtime) हो सकता है। इस स्थिति में, घटक अतिरेक (Component redundancy), अवसर के साथ-साथ लचीलापन प्रदान करता है। लचीले उत्पादन प्रणाली में कार्यात्मक रूप से समतुल्य मशीनरी उपयोग होती है। तब एक मशीन की विफल होने की दशा में प्रक्रिया प्रवाह एक कार्यात्मक समकक्ष मशीन के द्वारा निर्देशित होता है।

## (5) बहुविध पथ (Multiple Paths)

लचीला निर्माण में आवश्यक संचालन को पूरा करने के लिए बहुविध पथ का उपयोग होता है। यह एक भाग अनुक्रम और अपेक्षित फिक्सचर (part sequence and requisite fixtures) का प्रतिनिधित्व करता है। पारंपरिक मशीन औजारों (machine tools) में एक उत्पाद के एक भाग के मशीनिंग के लिए केवल एक ही पाथ बना होता है क्योंकि एकल मशीन में एक ही फिक्सचर बनी रहती है। जबकि लचीली उत्पादन प्रणालियों में ऐसा कई पाथ बनाए जाते हैं। लचीले उत्पादन में बने पथों की संख्या लचीलेपन की डिग्री को व्यक्त करता है। उच्च पथ की संख्या, उच्च लचीलापन की डिग्री होती है।

लचीलापन उत्पादन में जापान की उत्पादन प्रणाली, अमेरिका की अपेक्षा उच्च स्थान पर है। एक अच्छा लचीला कारखाना एक ही उत्पादन लाइन पर न केवल एक ही उत्पाद के विभिन्न संस्करणों (parts) का निर्माण करेगा, बल्कि एक पूरी तरह से अलग उत्पाद निर्माण करने में भी सक्षम होता है। उत्पादन दक्षता और उत्पादकता के संदर्भ में, उच्च उत्पादन दर हस्तांतरण मशीनों (high production rate transfer machines) और अत्यधिक लचीली मशीनों के बीच बहुत अंतर है। FMS की सहायता से इस अंतर का समाधान किया जाता है।

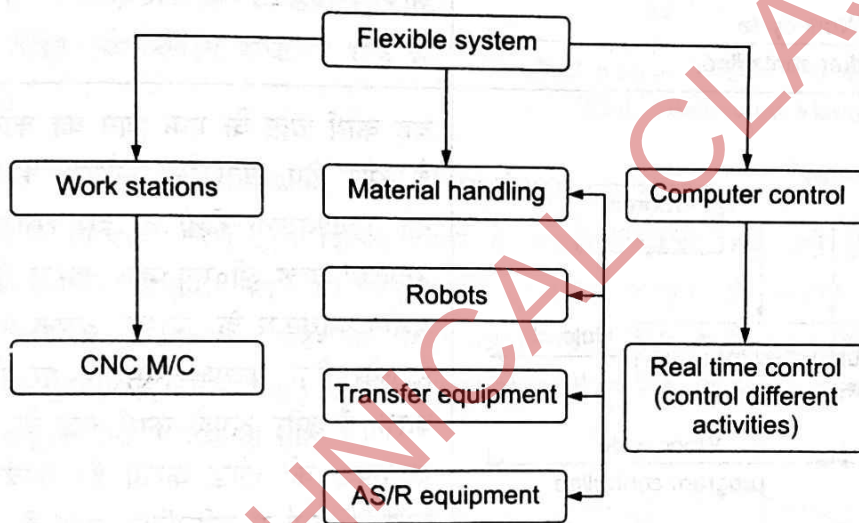


## (6) प्रक्रिया (The Process)

इस उत्पादन नवाचार प्रक्रिया (manufacturing innovation process) की विशेषताएं सभी प्रकार की कारखानों के लिए समान हैं। एफ०एम०एस० को अपनाना और कार्यान्वित करना उत्पाद के प्रकार, उत्पादन, रखरखाव, प्रक्रिया नियोजन (process planning) और गुणवत्ता नियंत्रण (quality control) प्रक्रियाओं पर निर्भर करता है। यह इन प्रक्रियाओं को करने वाले लोगों के लिए भी मददगार है। उत्पादक संसाधनों का उपयोग, संगठनात्मक व्यवस्था को अलग करने और प्रक्रियाओं को समन्वय करने के लिए भी इसका उपयोग किया जाता है।

### 5.19 FMS घटकों का जोड़ना (Integrating the FMS Components)

एक FMS में हार्डवेयर और सॉफ्टवेयर होते हैं जिन्हें एक कुशल और विश्वसनीय इकाई में एकीकृत किया जाता है। इसमें मानव कर्मचारी भी सम्मिलित हैं। इन घटकों का एकीकरण नीचे ब्लॉक डाइग्राम में प्रदर्शित है—



चित्र 5.15—FMS घटकों का जोड़ना (Integrating the FMS Components)

### 5.20 उत्पादन उपकरण (Production Equipment)

FMS के लिए आवश्यक दो महत्वपूर्ण उपकरण और उनके कार्य निम्नलिखित हैं—

#### 1. प्राथमिक उपकरण (Primary Equipment)

यह निर्मित किए जा रहे उत्पाद कार्यखण्ड तथा कार्य केंद्र के महत्व प्रदर्शित करता है। यह भौतिक रूप से एक कार्यखंड की मशीन करता है, और प्रक्रिया केंद्र पर उत्पाद कार्यखण्ड को इकट्ठा तथा उनकी जांच करता है।

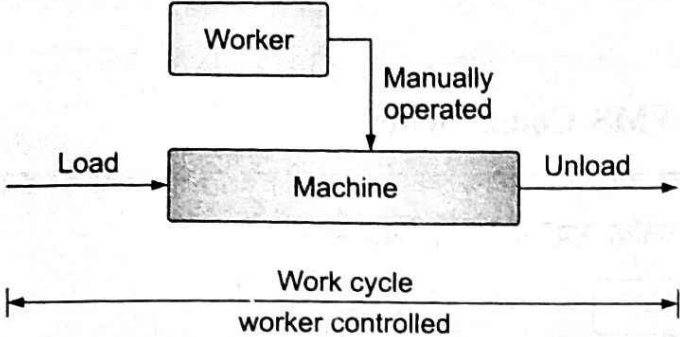
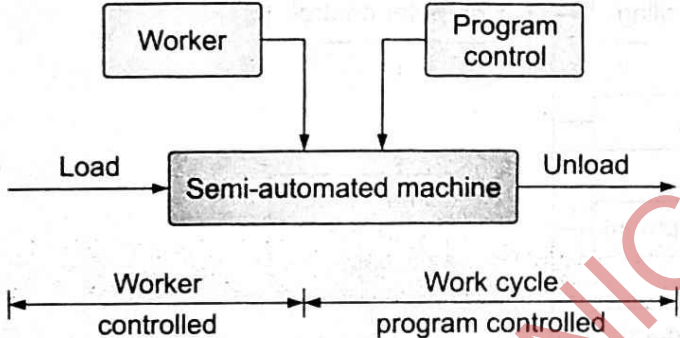
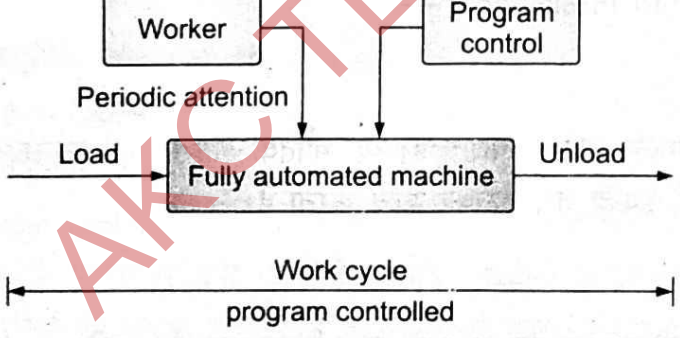
#### 2. द्वितीयक उपकरण (Secondary Equipment)

इसका उपयोग अमूक लक्ष्य को प्राप्त करने में प्राथमिक उपकरणों का समर्थन करने के लिए किया जाता है। इसके अंतर्गत समर्थन स्टेशन (support stations) जैसे कि पैलेट/फिक्सचर, लोड-अनलोड स्टेशन और टूल चालू करने या स्थापना क्षेत्र (setting area) आदि शामिल हैं। इसमें रोबोट, पैलेट/फिक्सचर/भण्डार, पैलेट बफर स्टेशन, टूल स्टोर, रॉ मैटेरियल स्टोर, परिवहन प्रणाली (ए०जी०वी०, आर०जी०वी०, रोबोट) टूलिंग और कार्यखंड, आदि के लिए सहायक उपकरण भी हैं।

आधुनिक-उत्पादन प्रणालियों में अधिकांश निर्माण मशीनों द्वारा किसी एक प्रारूप या अन्य कई प्रारूपों में किया जाता है। कार्य में श्रमिकों की भागीदारी के अनुसार मशीनों को वर्गीकृत किया जा सकता है जैसे: मानवीय रूप से संचालित, अर्धस्वचालित व पूरी तरह से स्वचालित। ये तीन प्रकार का वर्णन तालिका में उल्लिखित हैं—



तालिका 5.1—उत्पादन मशीनों का वर्गीकरण (Classification of Production Machines)

| वर्गीकरण (Classification)                                                                                              | विवरण (Description)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>मैन्युअल रूप से संचालित मशीनें</p>  | <p>एक कार्यकर्ता या ऑपरेटर द्वारा नियंत्रित या पर्यवेक्षण, श्रम का एक स्पष्ट विभाजन है, जिससे मशीन, संचालन के लिए शक्ति प्रदान करती है और कार्यकर्ता, मशीन को नियंत्रण प्रदान करता है। पारंपरिक मशीन औजार (जैसे लेथ, मिलिंग मशीन, ड्रिल प्रेस आदि) इस श्रेणी में आते हैं। कार्यकर्ता को काम चक्र के समय लगातार मशीन के साथ उपस्थित होना चाहिए।</p>                                                                                                                                            |
| <p>अर्ध-स्वचालित मशीनें</p>           | <p>यह कार्य चक्र के एक भाग का कार्यक्रम नियंत्रण करता है और शेष चक्र के नियंत्रण के लिए एक कार्यकर्ता की आवश्यकता होती है। इस क्षमता में एक मशीन का उदाहरण एक सी०एन०सी० खराद है, जहां सी०एन०सी० मशीन कार्यक्रम के अनुसार अपना प्रसंस्करण कार्य करती है और फिर कार्यकर्ता मशीन पर से कार्यखंड अनलोड करता है और अगले कार्य चक्र के लिए पुनः मशीन पर कार्यखंड को लोड करता है। कार्यकर्ता प्रत्येक चक्र में मशीनन कार्य में सम्मिलित रहता है, परन्तु लगातार मौजूद रहने की जरूरत नहीं होती है।</p> |
| <p>पूरी तरह से स्वचालित मशीनें</p>   | <p>यह एक से अधिक कार्य चक्र के समय मानव के बिना काम करने में सक्षम होती है। यद्यपि समय-समय पर मशीन पर कच्चे माल आदि को फिर से भरने के लिए कुछ कार्यकर्ताओं की आवश्यकता होती है।</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

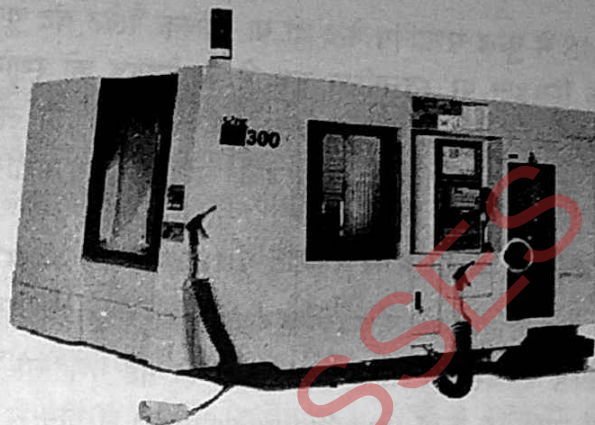
### 3. मशीनिंग स्टेशन (Machining Stations)

लचीली विनिर्माण प्रणाली में सबसे सामान्य अनुप्रयोगों में से एक मशीनिंग संचालन है। इन प्रणालियों में डिज़ाइन किए गए वर्कस्टेशन, मुख्यतः CNC मशीन टूल्स और सहायक उपकरण से मिलकर बने होते हैं। सबसे सरल CNC मशीनों के उपकरणों में CNC मशीनिंग केंद्र, विशेष रूप से, क्षैतिज मशीनिंग मोड़ केंद्र सम्मिलित हैं। इन CNC मशीन टूल्स में वे सभी विशेषताएं हैं जो उन्हें FMS के साथ संगत बनाती हैं। इन विशेषताओं में स्वचालित उपकरण बदलना और भंडारण, पैलेटाइज्ड कार्य कार्यखंड का उपयोग आदि सम्मिलित होते हैं।



#### 4. सी०एन०सी० मशीनिंग केंद्र (CNC Machining Center)

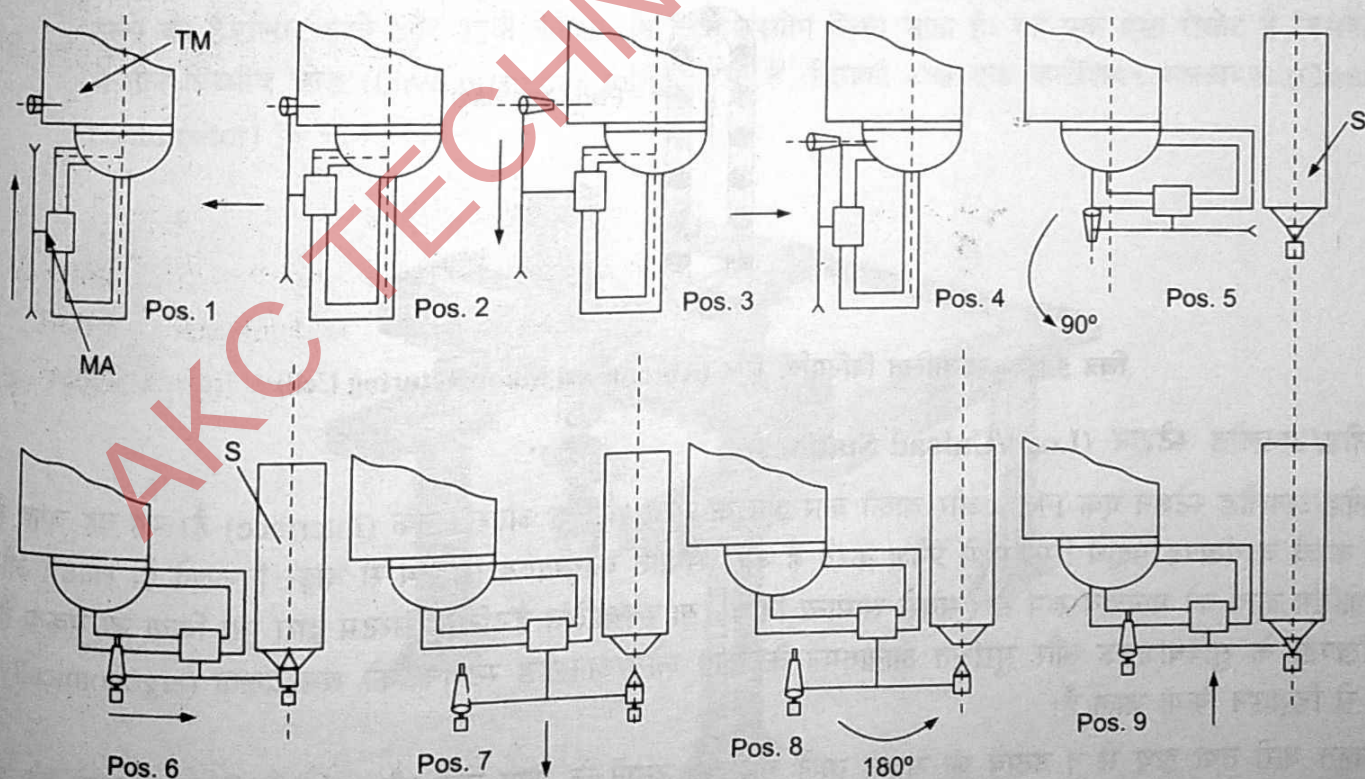
एक CNC मशीनिंग केंद्र एक उच्च स्वचालित मशीन उपकरण है। यह कम से कम मानव ध्यान के साथ एक सेटअप में सी०एन०सी० नियंत्रण के साथ कई मशीनिंग संचालन करने में सक्षम है। FMS में मशीनिंग केंद्रों में समान्यतः स्वचालित पैलेट परिवर्तक का उपयोग, मशीन में काम करने वाले हिस्से को लोड करने के लिए और, तैयार हिस्से को उतारने के लिए स्वचालित हैंडलिंग प्रणाली का उपयोग किया जाता है। एक CNC मशीनिंग केंद्र एक परिष्कृत CNC मशीन है जो विभिन्न प्रकार के उपकरणों के साथ मिलिंग, ड्रिलिंग, टैपिंग और बोरिंग संचालन एक ही स्थान पर कर सकता है।



चित्र 5.16—सी०एन०सी० क्षैतिज मशीनिंग केंद्र (CNC Horizontal Machining Center)

#### 5. स्वचालित उपकरण-परिवर्तन (Automatic Tool-changing)

चूंकि FMS प्रणाली में विभिन्न मशीनों द्वारा विभिन्न प्रकार के मशीनिंग क्रियाएँ किए जाते हैं, इसलिए एक मशीनिंग ऑपरेशन से दूसरे ऑपरेशन में परिवर्तित करने के लिए कटिंग टूल्स को बदलने की आवश्यकता होती है। यह मशीन टूल, स्पिंडल और टूल स्टोरेज ड्रम के बीच कटर का आदान-प्रदान करने के लिए डिज़ाइन किए गए होते हैं। ये क्रियाएँ एक स्वचालित टूल-चेंजर द्वारा, NC प्रोग्राम कंट्रोल के सहायता से मशीनिंग केंद्र पर किया जाता है। इन ड्रमों की क्षमता समान्यतः 16 से 80 उपकरण तक काटने के होती है।



TM—उपकरण पत्रिका डिवाइस (tool magazine device), MA—यांत्रिक हाथ (mechanical arm), S—धुरी (spindle)

चित्र 5.17—योजनाबद्ध उपकरण क्रमिक चक्र बदलते हैं (Schematic Tool Change Sequential Cycle)

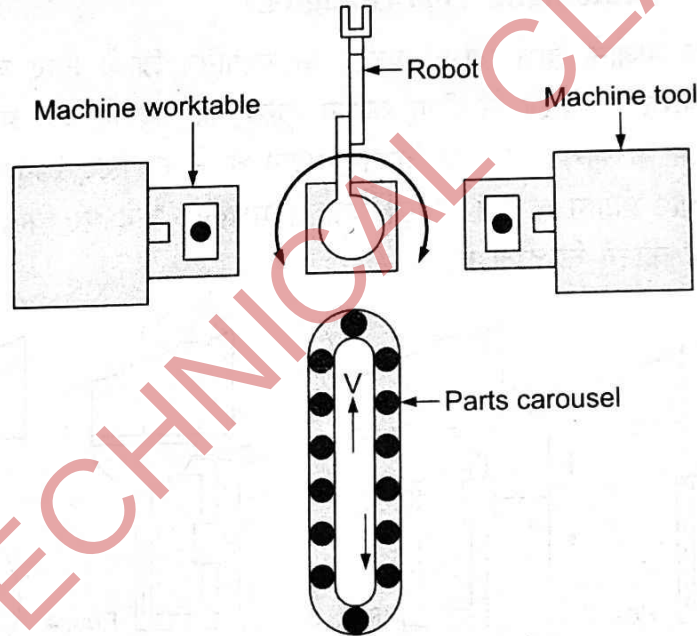


## 6. पैलेट बंद (Pallet Shuttles)

FMS में कुछ मशीनिंग केंद्र दो या अधिक पैलेट बंद युक्त होते हैं, जो उस पर मशीनिंग ऑपरेशन करने के लिए मशीनिंग केंद्र के स्पिंडल पर स्वचालित रूप से कार्यखण्ड को स्थानांतरित कर सकते हैं। दो शटल की सहायता से, ऑपरेटर तैयार भाग को उतार सकता है और अगले कच्चे हिस्से को लोड/अनलोड स्टेशन पर लोड कर सकता है जबकि मशीन टूल वर्तमान भाग के मशीनिंग में लगा हुआ रहता है। यह मशीन पर अनुत्पादक (nonproductive) समय को कम करता है।

## 7. स्वचालित कार्य भाग स्थिति (Automatic Work Part Positioning)

एक मशीन टूल की उत्पादकता बढ़ाने और प्रोडक्शन लीड टाइम को कम करने के लिए, FMS में मशीन टूल्स स्वचालित कार्यखण्ड पोजिशनिंग सिस्टम युक्त होते हैं। यह मशीनिंग संचालन शुरू होने से पहले कार्य के हिस्से को ठीक से बाँध देते हैं। कई मशीनिंग केंद्रों (machining centers) में तीन से अधिक अक्ष होते हैं। अतिरिक्त अक्षों में से एक को रोटरी टेबल के रूप में डिजाइन किया जाता है। रोटरी टेबल धुरी अक्ष के सापेक्ष कुछ निर्दिष्ट कोण (specified angle) पर कार्यखण्ड की स्थिति निर्धारण के लिए उपयोग करते हैं। रोटरी टेबल पर कटर को एक एकल सेटअप में कार्यखण्ड के चार किनारों पर मशीनिंग करने के लिए लगाया जाता है।



चित्र 5.18—स्वचालित विनिर्माण सेल (Automated Manufacturing Cell)

## 8. लोड/अनलोड स्टेशन (Load/Unload Stations)

लोड/अनलोड स्टेशन एक FMS और बाकी कारखाने के बीच भौतिक अंतराफलक (interface) है। यह वह जगह है जहां कच्चे कार्यखण्ड पदार्थ सिस्टम में प्रवेश करते हैं और समाप्त कार्यखण्ड सिस्टम से बाहर निकलते हैं। लोडिंग और अनलोडिंग कार्य को मानवीय रूप से (सबसे सामान्य विधि) या स्वचालित हैंडलिंग सिस्टम द्वारा पूरा किया जा सकता है। कार्यखण्डों के सुविधाजनक और सुरक्षित आवागमन के लिए लोड/अनलोड स्टेशनों को श्रम-दक्षता (ergonomically) रूप से डिजाइन किया जाता है।

बहुत भारी तथा हाथ से न उठाये जा सकने वाले भार को उठाने के लिए क्रेन और अन्य हैंडलिंग उपकरणों को ऑपरेटर के साथ स्थापित किया जाता है। कार्यस्थल पर स्वच्छता का एक निश्चित स्तर बनाए रखा जाना चाहिए, और हवा के घरों और अन्य धोने की सुविधाओं (air houses and other washing facilities) का उपयोग सदैव चिप्स को दूर करने और स्वच्छता करने के लिए किया जाता है। स्टेशन को समान्यतः फर्श स्तर से थोड़ा ऊपर उठाकर बनाया जाता है। जिसे



ओपन-ग्रिड प्लेटफॉर्म के रूप में चिप्स और तरल पदार्थ की रीसाइक्लिंग या निपटान (recycling or disposal) करने के लिए उपयोग किया जा सके।

## 9. रोबोट (Robots)

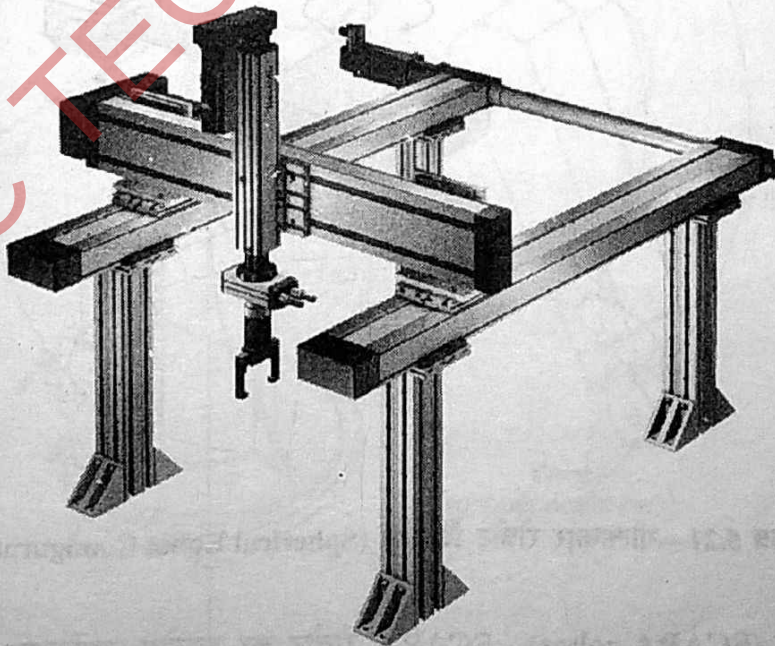
एक सामान्य उद्देश्य के लिए औद्योगिक रोबोट प्रोग्रामेबल मशीन है जिसमें कुछ नृविज्ञान (मानव जैसी) विशेषताएं होती हैं। एक औद्योगिक रोबोट की सबसे स्पष्ट मानवशास्त्रीय (obvious anthropomorphic) विशेषता इसकी यांत्रिक भुजा है। जिसका उपयोग विभिन्न औद्योगिक कार्यों को करने के लिए किया जाता है। अन्य मानव-जैसी विशेषताएं जैसे—संवेदी आदानों (sensory inputs) का जवाब देने, अन्य मशीनों के साथ संवाद (communicate) करने और निर्णय लेने की क्षमताएं हैं।

ये क्षमताएं रोबोट को औद्योगिक क्षेत्र में कई प्रकार के उपयोगी कार्य करने योग्य बनाती हैं। FMS में रोबोट के सबसे सामान्य अनुप्रयोग कच्चे कार्यखण्ड को लोड करना और लोडिंग/अनलोडिंग स्टेशनों पर तैयार कार्यखण्ड को उतारना है। रोबोट का बहुतायत अनुप्रयोग उत्पादन उद्योग (manufacturing industry), सैन्य (military), अंतरिक्ष अन्वेषण (space exploration), परिवहन और चिकित्सा में पाया जाता है।

## 10. रोबोट के प्रकार (Types of Robots)

विशिष्ट औद्योगिक रोबोट कठिन व खतरनाक काम आसानी से कर सकते हैं। वे भारी वस्तुओं को उठाते हैं, पेंट करते हैं, रसायनों को संभालते (handle) हैं और संयोजन का कार्य करते हैं। ये कई दिनों तक सटीक रूप से एक ही काम कर सकते हैं। ये थकते नहीं हैं और वे थकान से जुड़ी त्रुटियां नहीं करते हैं। इसलिए आदर्श रूप से दोहराव वाले कार्य करने के लिए उपयुक्त हैं। यांत्रिक संरचना द्वारा औद्योगिक रोबोटों की प्रमुख श्रेणियां निम्नलिखित हैं—

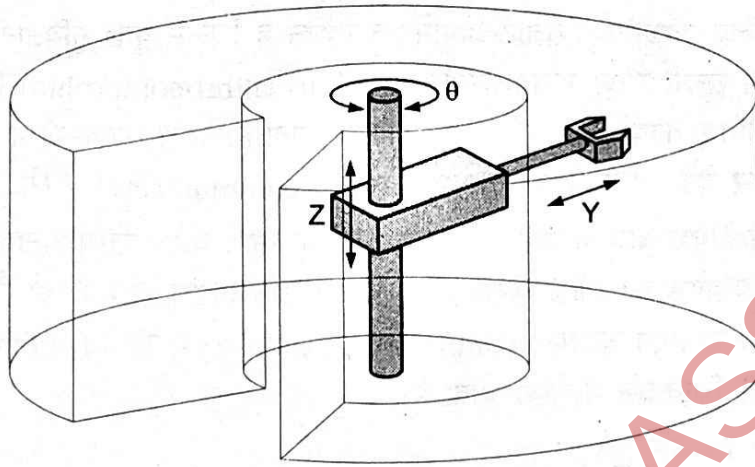
- A. कार्टेशियन रोबोट/गैन्ट्री रोबोट (Cartesian robot /Gantry robot)—इन रोबोटों को कार्यखण्ड को उठाने और निश्चित जगह पर रखने (pick and place work), संयोजन क्रिया (assembly operations) और मशीन टूल्स को हैंडलिंग करने और आर्क वेल्डिंग के लिए उपयोग किया जाता है। यह एक ऐसा रोबोट है जिसके हाथ में तीन प्रिज्मीय जोड़ (three prismatic joints) होते हैं, जिनकी अक्ष एक कार्टेशियन समन्वयक (Cartesian coordinator) के साथ होती है।



चित्र 5.19—एक कार्टेशियन रोबोट (A Cartesian robot)

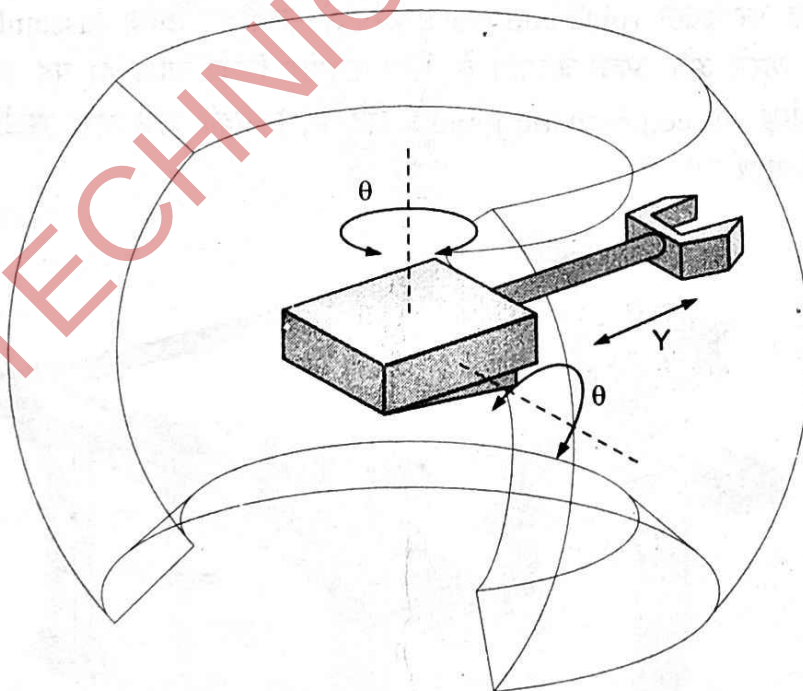


**B. बेलनाकार रोबोट (Cylindrical Robot)**—इन रोबोटों का उपयोग संयोजन क्रिया, स्पॉट वेल्डिंग और डाई-कास्टिंग मशीनों पर काम करने के लिए किया जाता है। इस रोबोट का अक्ष एक बेलनाकार समन्वय प्रणाली (cylindrical coordinate system) बनाता है।



चित्र 5.20—बेलनाकार रोबोट (Cylindrical Robot)

**C. गोलाकार/ध्रुवीय रोबोट (Spherical/Polar robot)**—गोलाकार रोबोट का उपयोग मशीन टूल्स, स्पॉट वेल्डिंग, डायकॉस्टिंग, फेटलिंग मशीन, गैस वेल्डिंग और आर्क वेल्डिंग में कार्यखण्ड को संभालने (handling) के लिए किया जाता है। यह एक ऐसा रोबोट है जिसकी अक्ष एक ध्रुवीय समन्वय प्रणाली (polar coordinate system) बनाती हैं।

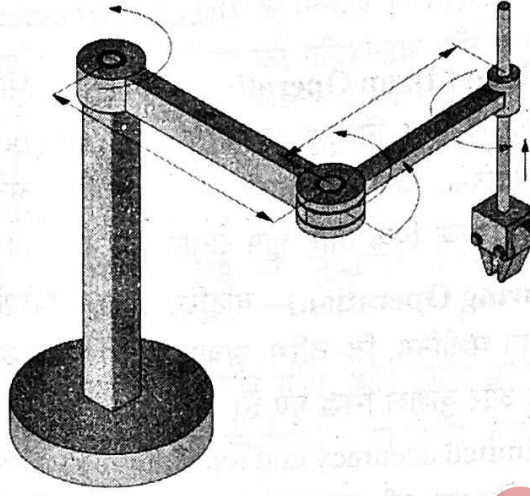


चित्र 5.21—गोलाकार रोबोट विन्यास (Spherical Robot Configuration)

**D. SCARA रोबोट (SCARA robot)**—SCARA रोबोट का उपयोग कार्यखण्ड को उठाने और निश्चित जगह पर रखने (pick and place work), संयोजन क्रिया (assembly operations) और मशीन टूल्स को हैंडलिंग करने

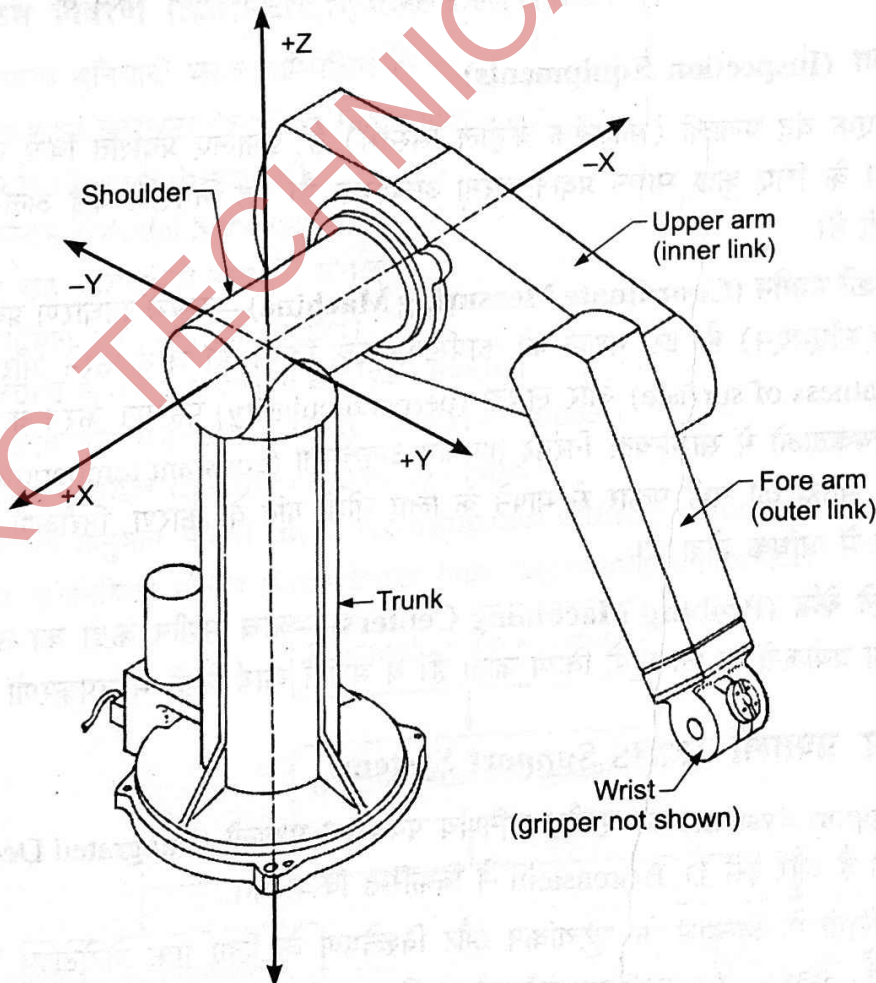


के लिए किया जाता है। यह एक ऐसा रोबोट है जिसमें एक विमान में अनुपालन (compliance) प्रदान करने के लिए दो समानांतर रोटरी जोड़ लगे होते हैं।



चित्र 5.22—SCARA रोबोट विन्यास (SCARA Robot Configuration)

**E. व्यक्त रोबोट (Articulated Robot)**—असेंबलीकृत रोबोट का उपयोग संयोजन क्रियों (assembly operations), डाई-कास्टिंग, फेटलिंग मशीन (fettling machine), गैस वेल्डिंग, आर्क वेल्डिंग और स्प्रे पेंटिंग के लिए किया जाता है। यह एक रोबोट है जिसके हाथ में कम से कम तीन रोटरी जोड़ होते हैं।



चित्र 5.23—व्यक्त रोबोट विन्यास (Articulated Robot Configuration)



## 11. रोबोट अनुप्रयोग (Robot Applications)

रोबोट की विविध प्रकृति और गति में लचीलेपन के कारण, लचीली निर्माण प्रणाली में इसके अनुप्रयोगों के विभिन्न रूप हैं। जैसे—

(i) **पिक एंड ड्रॉप ऑपरेशन (Pick and Drop Operation)**—FMS के भीतर रोबोट का सबसे साधारण अनुप्रयोग पिक एंड ड्रॉप ऑपरेशन है, जहां बिंदु से बिंदु नियंत्रण उपकरण (point to point control devices) उपयोग करना पर्याप्त है। इन अनुप्रयोगों में उपकरण बदलना, बिना बंधे कार्यखण्ड की लोडिंग/अन-लोडिंग क्रिया को कार्य तालिकाओं में सम्मिलित करना है। निम्नलिखित आंकड़ा एक पिक और ड्रॉप रोबोट बांह (robot arm) दिखाता है।

(ii) **कंटूरिंग ऑपरेशन (Contouring Operation)**—कंटूरिंग टाइप ऑपरेशन में, रोबोट के लिए एक दूसरा प्रमुख एप्लिकेशन क्षेत्र है। इनमें वेल्डिंग, सीमित मशीनिंग, डि-बरिंग, संयोजन/असंयोजन और निरीक्षण कार्य किये जाते हैं। वेल्डिंग के मामले में, रोबोट विश्वसनीय, प्रभावी और कुशल सिद्ध हुए हैं। अन्य क्षेत्रों जैसे कि मशीनिंग, डिबेरिंग और निरीक्षण रोबोट की सीमित सटीकता और पुनरावृत्ति (limited accuracy and repeatability) के कारण उनके अनुप्रयोग सीमित है। इसके अतिरिक्त, जब भी किसी उपकरण में बदलाव की आवश्यकता होती है, जैसे कि डिबेरिंग में, रोबोट परिवर्तन की लागत लगभग तीन-अक्ष मशीनिंग केंद्र (three-axis machining center) की तरह महंगी होती है। सरल मशीनिंग ऑपरेशन के लिए कई टूल की आवश्यकता होती है। मशीनिंग केंद्रों में सबसे अधिक कुशलता से ये क्रियाएँ करना संभव है।

(iii) **असेम्बली/डिसएम्बलेशन**—FMS में रोबोट का व्यापक रूप से उपयोग संयोजन और असंयोजन होता है। छोटे कार्यखंडों और मुद्रित सर्किट बोर्ड (PCB) के संयोजन के लिए रोबोट प्रभावी कार्य करते हैं

## 12. निरीक्षण उपकरण (Inspection Equipments)

चूंकि एक FMS एक बंद प्रणाली (फीडबैक कंट्रोल सिस्टम) है, इसलिए प्रदर्शित किए जा रहे संचालन क्रियाओं की गुणवत्ता की देखरेख के लिए कुछ साधन प्रदान करना आवश्यक है। यह निगरानी कई अलग-अलग जगहों पर और विभिन्न घटकों द्वारा जाती है।

**A. समन्वय मापने की मशीन (Coordinate Measuring Machine)**—सबसे साधारण प्रकार के निरीक्षण उपकरण समन्वय मशीन (सीएमएम) है। इस मशीन को कार्यखण्ड एक हिस्से की जांच करने और छिद्रों की गहराई, सतहों की सपाटता (flatness of surface) और लंबता (perpendicularity) पहचान करने के लिए प्रोग्राम किया जाता है। विशेष आवश्यकताओं में सामान्यतः निरंतर तापमान अनुरूपता (constant temperature congruity) होती है। इसके अतिरिक्त, सतहों को सही प्रकार से मापने के लिए धीमी गति के कारण, निरीक्षण समय सामान्यतः मशीनिंग समय की तुलना में अधिक होता है।

**B. जांच करने वाले केंद्र (Probing Machining Centers)**—जांच मशीन केंद्रों का उपयोग CMM स्टेशन के अतिरिक्त निरीक्षण प्रयोजनों के लिए भी किया जाता है। ये मशीनें कार्य केंद्रों में उपकरणों का निरीक्षण करती हैं।

## 5.21 FMS समर्थन प्रणाली (FMS Support System)

समर्थन प्रणाली (Support System) को एकीकृत निर्णय पर्यवेक्षण प्रणाली (Integrated Decision Support System (IDSS)) भी कहा जाता है और इसे D. Borenstein ने विकसित किया था।

IDSS उत्पादन प्रणालियों के विन्यास के मूल्यांकन और विश्लेषण के लिए एक प्रोटोटाइप 'बुद्धिमान (Intelligent)' निर्णय समर्थन प्रणाली है। IDSS एक एकीकृत सॉफ्टवेयर सिस्टम में परिचालन अनुसंधान (operational research), सिस्टम विश्लेषण (systems analysis) और आर्टिफिशल इंटेलिजेंस (artificial intelligence (AI)) के कई विधियों को



जोड़ती है तथा इस तरह के एक जटिल प्रणाली के डिजाइन में सम्मिलित कई गतिविधियों के लिए एक अनुकूल वातावरण तैयार करती है।

FMS के वर्णनात्मक मॉडल (descriptive model) के निर्माण से सिस्टम को 'बुद्धिमान' बनाया जाता है। परिभाषित वस्तुओं की प्रक्रिया के माध्यम से निर्णय लेने की प्रक्रिया की गतिशीलता और परिणामी व्यवहार की जांच करना सम्भव है। दिए गए कार्यों को करने के लिए तकनीकों को एकीकृत करके इस वर्णनात्मक निर्णय नियमों का विस्तार भी किया गया था। इसके विकास का मुख्य कारण एक FMS कार्यान्वयन के वांछनीय चरण में सम्मिलित जटिल निर्णय हैं, जो इस तकनीक के सफल कार्यान्वयन के लिए एक मौलिक गतिविधि है।

इस मुख्य उद्देश्य के साथ-साथ सिस्टम में किसी भी 'बुद्धिमान' निर्णय समर्थन प्रणाली के लिए सामान्य उद्देश्य निम्नलिखित हैं—

1. कार्रवाई के वैकल्पिक डिजाइन में सहायता करने के लिए, और उनके परिणामों की व्याख्या में।
2. किसी परियोजना की विशेष परिस्थितियों में सर्वोत्तम विकल्प का चयन करने के लिए उपयोग किए जाने वाले मानदंड (criteria) का उपयोग करना।
3. एक व्यवस्थित बहु मापदंड मूल्यांकन (multi criteria evaluation) में सहायता करने के लिए अध्ययन किए गए और उत्पन्न विकल्पों की तुलना करना।
4. उपलब्ध डेटा, सांख्यिकी और वैज्ञानिक साक्ष्यों के आधार पर तथ्यात्मक जानकारी की आपूर्ति करने के लिए।

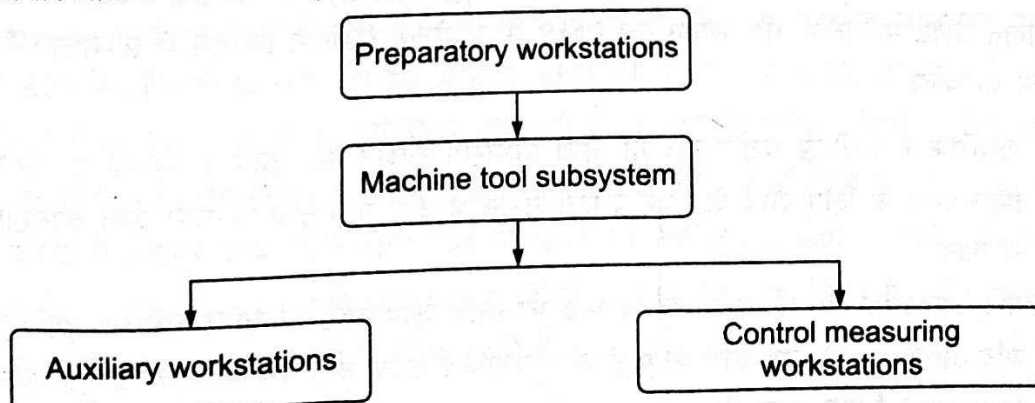
## 1. सॉफ्टवेयर सिस्टम विवरण (Software System Description)

IDSS में तीन सामान्य बुनियादी घटक सम्मिलित हैं—

- (a) उपयोगकर्ता-सिस्टम इंटरफ़ेस (System Interface)
- (b) डेटा सबसिस्टम (Data Subsystem)
- (c) मॉडल सबसिस्टम (Model Subsystem)

मॉडल सबसिस्टम छह मॉडलों से बना है, अर्थात्—

- (i) सिमुलेशन मॉडल (simulation model)
- (ii) निर्णय विश्लेषण मॉडल (decision analysis model)
- (iii) लचीलापन आकलन मॉडल (flexibility estimation model)
- (iv) गुणवत्ता अनुमान मॉडल (quality estimation model)
- (v) विनिर्माण लागत अनुमान मॉडल (manufacturing cost estimation model)
- (vi) ज्ञान-आधार प्रतिनिधित्व मॉडल (knowledge-base representation model)



चित्र 5.24—FMS संरचना में मशीन टूल सबसिस्टम (Machine Tool Subsystem in the FMS Structure)



## 5.22 पदार्थ हैंडलिंग प्रणाली (Material Handling System)

FMS का दूसरा मुख्य घटक पदार्थ हैंडलिंग और भंडारण प्रणाली है। FMS पदार्थ हैंडलिंग में भाग परिवहन, कच्चा माल और अंतिम उत्पाद परिवहन और भंडारण प्रणाली में कार्यखण्ड का भंडारण, खाली औज़ार, सहायक पदार्थ, अपशिष्ट, फिक्सचर और उपकरण सम्मिलित हैं।

### 1. पदार्थ हैंडलिंग प्रणाली के कार्य (Functions of the Material Handling System)

- (A) **दो स्टेशनों के बीच कार्य के हिस्सों का अनियमित, स्वतंत्र संचालन करना**—इसका अर्थ यह है कि पदार्थ हैंडलिंग प्रणाली एक कार्य केंद्र से किसी अन्य स्टेशन पर कार्य के हिस्सों को स्थानांतरित करने में सक्षम होता है। यह विभिन्न कार्यखण्ड के संचालन के लिए विभिन्न क्रम विकल्प प्रदान करता है।
- (B) **कार्य भाग विन्यास (part configurations) की एक किस्म को संभालना**—पदार्थ हैंडलिंग प्रणाली किसी भी कार्य भाग विन्यास, (जैसे—प्रिज्मीय या घूर्णी कार्यखण्ड) को संभालने में सक्षम होना चाहिए।
- (C) **अस्थायी भंडारण**—पदार्थ हैंडलिंग अस्थायी रूप से कार्यखण्ड को संग्रहीत (storing) करने में सक्षम होना चाहिए, जिससे कार्यस्थानों पर पदार्थ की छोटी कतार बने। अस्थायी भंडारण मशीन के उपयोग को बढ़ाने में मदद करता है।
- (D) **कार्यखण्ड के लोडिंग और अनलोडिंग के लिए सुविधाजनक पहुंच**—पदार्थ हैंडलिंग प्रणाली को FMS की सहायता से कार्यखण्ड को लोड और अनलोड करने का साधन प्रदान करना चाहिए। यह FMS सिस्टम में एक या अधिक लोडिंग और/या अनलोडिंग स्टेशनों का पता लगाकर प्राप्त किया जा जाता है।
- (E) **कंप्यूटर नियंत्रण के साथ संयोज्य**—पदार्थ हैंडलिंग प्रणाली को कंप्यूटर द्वारा नियंत्रित करने योग्य होना चाहिए जिससे इसे विभिन्न कार्यस्थानों, लोड/अनलोड स्टेशनों और भंडारण क्षेत्रों में आसानी से निर्देशित किया जा सके।

### 2. पदार्थ हैंडलिंग उपकरण के प्रकार (Types of Material Handling Equipment)

एक FMS में पदार्थ हैंडलिंग प्रक्रिया दो प्रणालियों में विभाजित किया जाता है—

- (i) **प्राथमिक हैंडलिंग प्रणाली (Primary Handling System)**
  - (ii) **द्वितीयक हैंडलिंग प्रणाली (Secondary Handling System)**
- (i) **प्राथमिक हैंडलिंग प्रणाली (Primary Handling System)**—यह FMS के मूल अभिन्यास (layout) की स्थापना करता है और सिस्टम में वर्कस्टेशन के बीच कार्य के हिस्सों को स्थानांतरित करने के लिए उत्तरदायी होता है।
  - (ii) **द्वितीयक हैंडलिंग सिस्टम (Secondary Handling System)**—कार्यस्थानों पर स्थित स्थानांतरण उपकरण, स्वचालित पैलेट परिवर्तक और समान तंत्र FMS के द्वितीयक हैंडलिंग सिस्टम में सम्मिलित हैं। द्वितीयक हैंडलिंग सिस्टम के कार्य हैं—
    - (a) प्राथमिक प्रणाली से मशीन टूल या अन्य प्रोसेसिंग स्टेशन तक कार्य के हिस्सों को स्थानांतरित करना।
    - (b) प्रसंस्करण के लिए कार्य केंद्र पर पर्याप्त सटीकता और पुनरावृत्ति के साथ कार्य कार्यखण्ड को सही स्थिति में लाना।
    - (c) यदि आवश्यक हो, तो प्रत्येक कार्य केंद्र पर कार्य कार्यखण्ड के बफर भंडारण प्रदान करना।
    - (d) यदि आवश्यक हो, तब कार्य के पुर्जों को पुनर्जीवित करना तथा उस सतह को प्रस्तुत करना है जिसे संसाधित (process) किया जाना है।



## 5.23 कंप्यूटर नियंत्रण प्रणाली (Computer Control System)

कंप्यूटर नियंत्रण प्रणाली, FMS का तीसरा प्रमुख घटक है। लचीली उत्पादन प्रणालियों में, कंप्यूटरों को स्वचालित और अर्ध-स्वचालित उपकरणों को नियंत्रित करने और उत्पादन प्रणाली के समग्र समन्वय और प्रबंधन (overall coordination and management) में भाग लेने की आवश्यकता होती है। एक विशिष्ट FMS कंप्यूटर नियंत्रण प्रणाली में एक केंद्रीय कंप्यूटर और माइक्रो कंप्यूटर के समूह होते हैं जो व्यक्तिगत मशीनों और अन्य घटकों को नियंत्रित करते हैं। केंद्रीय कंप्यूटर, एफ०एम०एस० सिस्टम को सुचारू रूप से समग्र संचालन करने के लिए घटकों की गतिविधियों का समन्वय करता है।

### 1. FMS योजना और नियंत्रण FMS योजना (FMS Planning and Control FMS Planning)

एफ०एम०एस० नियोजन स्तर, समयबद्धन स्तर (scheduling level) पर एक उच्च स्तर स्थिति निर्धारित करता है। इसके लिए दिन के दो संभावित प्रकारों का उल्लेख किया जाता है जो एक अच्छी अनुसूची (schedule) बनाते हैं, वे निम्नलिखित हैं—

- (A) दिन की पहली सूची जिसके लिए कम से कम एक मशीन की क्षमता को रेखांकित किया गया है। यह समयबद्धन स्तर (scheduling level) पर निष्क्रिय समय में परिणाम देगा।
- (B) दिन की दूसरी सूची, जहां मशीनिंग गतिविधियां बड़ी संख्या में मशीन औजार का उपयोग करती हैं। यह टरेट खराद पर समय के साथ उच्च परिवर्तन को प्रेरित करता है। इसके अलावा, कई उपकरण लोडिंग और अनलोडिंग गतिविधियां के लिए आवश्यक होती हैं। इसके द्वारा, इन गतिविधियों को करने वाले ऑपरेटरों का उपयोग अस्थायी रूप से इतना अधिक हो सकता है, कि देरी और मशीन निष्क्रिय समय का परिणाम प्रदर्शित होता है।

यह प्रक्रिया निम्नलिखित उद्देश्य को प्राप्त करने हेतु की जाती है—

- (a) एक दिन की नियोजित सूची के लिए आवश्यक उपकरणों की कुल संख्या को कम करने के लिए।
- (b) इस प्रक्रिया का उपयोग प्राथमिक उद्देश्य के अलावा किया जाता है।
- (c) नियोजन पत्र में देर से आने वाले आदेशों की कुल संख्या को कम करने के लिए।
- (d) इसमें एक वितरित कंप्यूटर प्रणाली सम्मिलित है जो कार्य स्टेशनों, पदार्थ हैंडलिंग प्रणाली और अन्य हार्डवेयर घटकों व कार्यों से जुड़ी हुई है।
- (e) इस प्रक्रिया को इसके परिभाषित कार्य को पूरा करने के लिए नियंत्रण प्रणाली उत्तरदायी होती है। नियंत्रण प्रणाली बंद पाश या ओपन पाश (closed loop or open loop) हो सकता है।
- (f) एक बंद पाश नियंत्रण प्रणाली वह है जिसमें आउटपुट चर (output variable) की तुलना इनपुट प्राचल (input parameter) के साथ की जाती है और दोनों के बीच किसी भी अंतर का उपयोग आउटपुट को इनपुट के साथ संबन्धित करने के लिए किया जाता है। इस प्रणाली को प्रतिक्रिया नियंत्रण प्रणाली के रूप में भी जाना जाता है। एक बंद लूप नियंत्रण प्रणाली में छह बुनियादी तत्व होते हैं जो नीचे दिए गए आंकड़े में दिखाया गया है—

- (i) यह नियंत्रक, इनपुट के साथ आउटपुट मूल्य की तुलना करता है और इस प्रक्रिया में आवश्यक समायोजन करता है जिससे उनके बीच अंतर कम हो सके। इसे प्रवर्तक (actuators) द्वारा पूरा किया जाता है।
- (ii) प्रवर्तक (actuators), हार्डवेयर उपकरण हैं जो भौतिक नियंत्रण क्रियाओं (जैसे विद्युत मोटर, विद्युत प्रशंसक (electric fan) का नियंत्रण करते हैं।



## 2. FMS योजना और नियंत्रण प्रणाली का नियंत्रण लाभ

### (FMS Planning and Control Advantage of Control System)

- (A) नियंत्रण प्रणाली द्वारा की जाने वाली क्रियों सरल हैं।
- (B) कार्यशील क्रिया (actuating function) बहुत विश्वसनीय है।
- (C) सक्रियता का विरोध करने वाली कोई भी प्रतिक्रिया बल, सक्रियता को प्रभावित करने के लिए सक्षम नहीं है।

## 3. FMS योजना और FMS कंप्यूटर नियंत्रण प्रणाली के नियंत्रण कार्य

### (FMS Planning and Control Functions of a FMS Computer Control System)

- (A) **वर्कस्टेशन/प्रोसेसिंग स्टेशन नियंत्रण**—कंप्यूटर नियंत्रण प्रणाली कारखाने में व्यक्तिगत प्रसेस्करण (individual processing) या संयोजन स्टेशनों के संचालन को नियंत्रित करती है। कार्यशाला में मशीनिंग केंद्रों (machining centres) को नियंत्रित करने के लिए, सीएनसी का उपयोग किया जाता है।
- (B) **कार्यस्थलों पर नियंत्रण निर्देशों का वितरण**—मशीनों के पार्ट-प्रोग्राम (part programs) को डाउनलोड करने के लिए एक मशीनिंग FMS में एक प्रत्यक्ष संख्यात्मक नियंत्रण (direct numerical control (DNC)) का उपयोग किया जाता है। DNC कंप्यूटर नियंत्रण प्रणाली भी कार्यक्रमों (programs) को संग्रहित करती है। कार्यक्रमों के प्रवेश और संपादन (entering and editing) करने में सक्षम होती है और अन्य DNC नियंत्रण कार्य करती है।
- (C) उत्पादन नियंत्रण के लिए कंप्यूटर नियंत्रण प्रणाली, कंप्यूटर में दर्ज डेटा के आधार पर, सिस्टम पर विभिन्न कार्यखण्ड के मिश्रण और इनपुट दर (part mix and rate of input) पर निर्णय लेने में मदद करता है।
- (D) उत्पादन नियंत्रण के एक भाग के रूप में, कंप्यूटर नियंत्रण प्रणाली अलग-अलग कई इकाइयों पर अलग-अलग कार्य करने के लिए ऑपरेटरों को निर्देश देती है।
- (E) इसके साथ-साथ कुछ उत्पादन समयबद्धन (production scheduling) कार्य कंप्यूटर नियंत्रण प्रणाली द्वारा निर्माण स्थल पर किए जाते हैं।
- (F) कंप्यूटर नियंत्रण प्रणाली पदार्थ नियंत्रण प्रणाली को नियंत्रित करती है और कार्यस्थलों के साथ अपनी गतिविधियों का समन्वय करती है। इसके दो घटक हैं—
  - (i) **ट्रैफिक कंट्रोल (Traffic Control)**—यह नियंत्रण फंक्शन प्राइमरी पदार्थ हैंडलिंग सिस्टम के प्रबंधन से संबंधित है जो वर्कस्टेशन के बीच कार्य के विभिन्न हिस्सों को स्थानांतरित करता है।
  - (ii) **शटल नियंत्रण (Shuttle Control)**—शटल नियंत्रण फंक्शन प्रत्येक कार्य केंद्र (workstation) में द्वितीयक पदार्थ हैंडलिंग प्रणाली के संचालन और नियंत्रण को संदर्भित करता है।
- (G) **कार्यखंड निगरानी (Workpiece monitoring)**—कंप्यूटर कंट्रोल सिस्टम, कार्यखंड निगरानी का कार्य भी करता है। जैसे—प्राथमिक और माध्यमिक हैंडलिंग सिस्टम में पैलेट की स्थिति ज्ञात करना, विभिन्न प्रकार के कार्यखंडों में से प्रत्येक की स्थिति ज्ञात करना।
- (H) **उपकरण नियंत्रण (Tool Control)**—FMS कंप्यूटर सिस्टम काटने के उपकरण (cutting tools) की स्थिति की निगरानी और नियंत्रण करता है। उपकरण नियंत्रण में निम्नलिखित क्रियों संबंधित हैं—
  - (i) **टूल लोकेशन (Tool Location)**—FMS कंट्रोल सिस्टम प्रत्येक वर्कस्टेशन पर कटिंग टूल्स पर नज़र रखती है और कटिंग टूल्स को आवश्यक मार्ग प्रदान करने में सक्षम होती है।



(ii) **टूल-लाइफ मॉनिटरिंग (Tool-life Monitoring)**—प्रत्येक कटिंग टूल के टूल लाइफ डेटाबेस और मशीनिंग उपयोग समय के रिकॉर्ड के आधार पर, FMS कंप्यूटर सिस्टम ऑपरेटर्स को टूल बदलने का समय (replacement time) की सूचना देने में सक्षम होती है।

- (I) **गुणवत्ता नियंत्रण (Quality Control)**—कंप्यूटर नियंत्रण प्रणाली का यह कार्य एफ०एम०एस० सिस्टम द्वारा उत्पादित दोषपूर्ण कार्य इकाइयों का पता लगाना और संभवतया अस्वीकार करना है।
- (J) **विफलता निदान (Failure Diagnosis)**—कंप्यूटर नियंत्रण प्रणाली उपकरण की खराबी का निदान करती है। निवारक रखरखाव कार्यक्रम तैयार करती है और स्पेयर पार्ट्स सूची को बनाए रखने में अग्रणी भूमिका निभाती है।
- (K) **सुरक्षा निगरानी (Safety Monitoring)**—कंप्यूटर नियंत्रण प्रणाली, कार्य प्रणाली को संचालित करने वाले उपकरण और सिस्टम को सम्मिलित करने वाले मानव श्रमिकों की रक्षा करती है।
- (L) **प्रदर्शन की निगरानी और रिपोर्टिंग (Performance Monitoring and Reporting)**—FMS कंप्यूटर सिस्टम, सिस्टम प्रदर्शन पर प्रबंधन द्वारा आवश्यक विभिन्न रिपोर्टों को उत्पन्न करने में निपूण होती है। ये रिपोर्ट, प्रबंधन को सिस्टम प्रदर्शन की निगरानी करने और आवश्यक सुधारात्मक उपायों या नियंत्रण क्रियाओं को करने में मदद करती हैं।

## 5.24 FMS के लाभ और सीमाएं (Advantages & limitations of FMS)

### 5.24.1 लाभ (Advantages)

- (A) कार्य तेजी से तथा उच्च लचीलेपन के साथ होना संभव होता है।
- (B) कम-लागत और एक भाग से दूसरे भाग में परिवर्तन आसानी से किया जा सकता है।
- (C) एक भाग से दूसरे भाग में पूंजी के उपयोग में सुधार व नियंत्रण करता है।
- (D) श्रमिकों की संख्या में कमी के कारण कम प्रत्यक्ष श्रम लागत लगता है।
- (E) नियोजन (planing) और प्रोग्रामिंग परिशुद्धता (programming accuracy) के कारण कम वस्तु-सूची बनती है।
- (F) स्वचालित नियंत्रण के कारण लगातार और बेहतर गुणवत्ता का उत्पादन होता है।
- (G) श्रमिकों की समान संख्या का उपयोग करके अधिक उत्पादकता के कारण लागत प्रति इकाई उत्पादन (production cost per unit) कम होता है।
- (H) अप्रत्यक्ष श्रम से बचत, कम त्रुटियाँ, सुधार में आसानी, मरम्मत और अस्वीकार में कम कठिनाई होती है।

### 5.24.2 सीमाएं (Limitations)

- (A) उत्पाद या उत्पाद मिश्रण में परिवर्तन के अनुकूल होने की सीमित क्षमता है।
- (B) पूर्व मशीनें सीमित क्षमता की हैं और उत्पादों के लिए आवश्यक टूलिंग सदैव दिए गए FMS में संभव नहीं है।
- (C) पर्याप्त पूर्व-नियोजन गतिविधि है।
- (D) महंगी क्रिया है।
- (E) एक प्रक्रिया को संसोधित करने के लिए सटीक अवयव स्थिति और सटीक समय की तकनीकी समस्याएँ हैं।
- (F) परिष्कृत विनिर्माण प्रणाली है।



## अभ्यास प्रश्न

- ✓ 1. FMS से आप क्या समझते हैं? विस्तारपूर्वक वर्णन करें।
- ✓ 2. FMS के मूल तत्व बताइये।
- ✓ 3. FMS सिस्टम में लेआउट का क्या अभिप्राय है? लेआउट की व्यवस्था समझाइये।
- ✓ 4. लूप लेआउट, लैडर टाइप लेआउट और खुला क्षेत्र लेआउट में अंतर स्पष्ट करें।
- ✓ 5. लचीलेपन का सिद्धांत क्या है? इनके उपयोग बताइए।
- ✓ 6. सक्रीय व निष्क्रिय परिवर्तन क्या है? उदाहरण सहित समझाइये।
7. FMS की विशेषताएं बताएं।
8. तकनीकी लचीलापन क्यों आवश्यक है?
9. उत्पादन उपकरण का वर्गीकरण दीजिये।
10. मशीनिंग स्टेशन और मशीन सेन्टर क्या है?
11. स्वचालित उपकरण परिवर्तन की आवश्यकता पर प्रकाश डालें।
12. FMS में रोबोट और उनकी उपयोगिता कितनी महत्वपूर्ण है? रोबोट कितने प्रकार के होते हैं?
13. रोबोट के अनुप्रयोग क्या हैं?
14. पदार्थ हस्तांतरण प्रणाली का वर्णन करें। आवश्यक चित्र भी दीजिये।
15. FMS योजना और नियंत्रण प्रणाली का लाभ बताएं।
16. FMS की लाभ और सीमाएं क्या हैं?
17. CNC (कंप्यूटर न्यूमेरिकल नियंत्रण) मशीन क्या है?
18. CIM सिस्टम के प्रमुख तत्व का वर्णन करो।
19. उत्पाद चक्र से आप का क्या मतलब है? CAD/CAM इसे किस प्रकार प्रभावित कर सकते हैं?
20. पारंपरिक विनिर्माण वातावरण में उत्पाद चक्र की पारंपरिक प्रक्रिया की संक्षिप्त व्याख्या करें।
21. CAM प्रक्रिया में प्रयुक्त होने वाले चरण को समझाइये।





# विनिर्माण अनुप्रयोग—तीव्र प्रतिकृति (MANUFACTURING APPLICATIONS— RAPID PROTOTYPING)

## 6.1 3D प्रिंटिंग (3D Printing):

3D प्रिंटिंग या योजक मैनुफैक्चरिंग (Additive manufacturing) एक डिजिटल फ़ाइल से तीन आयामी ठोस (three dimensional solid) वस्तु बनाने की एक प्रक्रिया है। योजक (Additive) प्रक्रियाओं का उपयोग करके 3D प्रिंटेड ऑब्जेक्ट का निर्माण किया जाता है। योजक प्रक्रिया में किसी वस्तु के निर्माण में पदार्थ की क्रमिक परतों को बिछाकर किया जाता है। इन परतों में से प्रत्येक को एक पतली कटी हुई क्षैतिज क्रॉस-सेक्शन के रूप में देखा जा सकता है। 3D प्रिंटिंग ऋणात्मक विनिर्माण के विपरीत है। 3D प्रिंटिंग पारंपरिक निर्माण विधियों की तुलना में कम पदार्थ का उपयोग करके जटिल आकृतियों का उत्पादन करने में सक्षम है।

## 6.2 3D मॉडलिंग सॉफ्टवेयर (3D Modeling Software):

कई प्रकार के अलग-अलग 3D मॉडलिंग सॉफ्टवेयर टूल उपलब्ध हैं। जब एक 3D मॉडल उपलब्ध होता है, तो अगला चरण 3D प्रिंटर के लिए फ़ाइल तैयार करना है। इस प्रक्रिया को स्लाइसिंग (slicing) कहा जाता है।

### स्लाइसिंग: 3D मॉडल से 3D प्रिंटर तक (Slicing: From 3D Model to 3D Printer):

स्लाइसिंग सॉफ्टवेयर के साथ एक 3D मॉडल को सैकड़ों या हजारों क्षैतिज परतों में विभाजित कर सकते हैं। कुछ 3D प्रिंटर में एक बिल्ट-इन स्लाइसर होता है और इसमें .stl, .obj या CAD फ़ाइल को फीड कर सकते हैं। जब फ़ाइल की स्लाइसिंग हो जाती है, तो यह 3D प्रिंटर को भेजा जा सकता है। यह USB, SD या इंटरनेट के माध्यम से किया जा सकता है। स्लाइसिंग की हुई 3D मॉडल अब परत द्वारा 3D मुद्रित परत बनने के लिए तैयार है।

**3D प्रिंटिंग के उदाहरण (Examples of 3D Printing):** 3D प्रिंटिंग में कई प्रकार की प्रौद्योगिकियों और पदार्थों को शामिल किया गया है क्योंकि 3D प्रिंटिंग का उपयोग लगभग सभी उद्योगों में किया जा रहा है। विभिन्न अनुप्रयोगों के असंख्य के साथ इसे विविध उद्योगों के समूह के रूप में देखना महत्वपूर्ण है।

#### कुछ उदाहरण :

- दंत उत्पाद (dental products)
- आईवियर (eyewear)
- वास्तु पैमाने मॉडल (architectural scale models and maquettes)
- कृत्रिम अंग (prosthetics)
- फिल्म सहारा (movie props)
- डिज़ाइन (दीपक, फर्नीचर आदि) (design (lamps, furniture etc.))
- जीवाश्म विज्ञान में जीवाश्मों का पुनर्निर्माण (reconstructing fossils in paleontology)



- पुरातत्व में प्राचीन कलाकृतियों की प्रतिकृति (replicating ancient artefacts in archaeology)
- फॉरेसिक पैथोलॉजी में हड्डियों और शरीर के अंगों का पुनर्निर्माण (reconstructing bones and body parts in forensic pathology)
- एक अपराध स्थल से पुनर्प्राप्त भारी क्षतिग्रस्त साक्ष्य का पुनर्निर्माण (reconstructing heavily damaged evidence retrieved from a crime scene)

### 6.3 तीव्र प्रतिकृति एवं तीव्र विनिर्माण (Rapid Prototyping & Rapid Manufacturing)

औद्योगिक संस्थानों में सत्तर के दशक के बाद से प्रोटोटाइप बनाने के लिए अपनी डिज़ाइन प्रक्रिया में 3D प्रिंटर का उपयोग करना प्रारम्भ किया है। इन उद्देश्यों के लिए 3D प्रिंटर का उपयोग करना तीव्र प्रोटोटाइप कहा जाता है।

#### 6.3.1 तीव्र प्रोटोटाइप के लिए 3D प्रिंटर का उपयोग (Use of 3D Printers for Rapid Prototyping)

यह तेज़ और अपेक्षाकृत सस्ती प्रक्रिया है। तीव्र प्रोटोटाइप के अलावा, 3D प्रिंटिंग का उपयोग तीव्र विनिर्माण के लिए भी किया जाता है। रैपिड मैनुफैक्चरिंग विनिर्माण (मैनुफैक्चरिंग) का एक नया तरीका है, जहां व्यवसाय कम रन या छोटे बैच कस्टम निर्माण के लिए 3D प्रिंटर का उपयोग करते हैं। जैसे—

1. **मोटर वाहन (Automotive):** कार निर्माता लंबे समय से 3D प्रिंटिंग का उपयोग कर रहे हैं। ऑटोमोटिव कंपनियां एंड-यूज पार्ट्स के साथ-साथ स्पेयर पार्ट्स, टूल्स, जिग्स और फिक्स्चर को प्रिंट कर रही हैं। 3D प्रिंटिंग ने ऑन-डिमांड विनिर्माण को सक्षम बनाया है जिससे स्टॉक रखने का स्तर कम हो गया है और डिज़ाइन और उत्पादन चक्र छोटा हो गया है।
2. **विमानन (Aviation):** उड़ान उद्योग कई अलग-अलग तरीकों से 3D प्रिंटिंग का उपयोग करता है।
3. **निर्माण (Construction):** 3D प्रिंटिंग के द्वारा दीवारों, दरवाजों, फर्श और यहां तक कि पूर्ण घरों को प्रिंट करना संभव है। 3D प्रिंटिंग को निर्माण का भविष्य कहते हैं। जैसे—

**कंटूर क्राफ्टिंग (Contour Crafting):** Behrokh Khoshnevis, कंक्रीट के साथ मुद्रण के अग्रणी (कॉन्टूर क्राफ्टिंग के रूप में भी जाना जाता है), ने एक विधि विकसित की जो निर्माण में एडिटिव विनिर्माण की शक्ति का लाभ उठाती है। कंटूर क्राफ्टिंग अनिवार्य रूप से घरों जैसे बड़े संरचनाओं के निर्माण को स्वचालित करने के लिए एक रोबोट डिवाइस का उपयोग करता है। यह उपकरण कंक्रीट को बाहर निकालकर दीवारों की परत-दर-परत छापता है।

4. **उपभोक्ता उत्पाद (Consumer Products):** जब पहली बार 3D प्रिंटिंग शुरू हुई, तब 3D प्रिंटिंग बड़े संस्करणों के लिए उत्पादन विधि के रूप में उपयोग करने के लिए तैयार नहीं थी। आजकल 3D प्रिंटेड भागों के साथ उपभोक्ता उत्पादों के अंत-उपयोग के कई उदाहरण दिखाई देते हैं

- |                             |                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| (a) जूते (Footwear)         | (b) चश्मे (Eyewear)               |
| (c) आभूषण (Jewelry)         | (d) स्वास्थ्य देखभाल (Healthcare) |
| (e) दंत चिकित्सकीय (Dental) | (f) जैव मुद्रण (Bio-printing)     |
| (g) एयरोस्पेस (Aerospace)   | (h) खाना (Food)                   |
| (i) शिक्षा (Education)      |                                   |

शिक्षक और छात्र लंबे समय से कक्षा में 3D प्रिंटर का उपयोग कर रहे हैं। 3D प्रिंटिंग छात्रों को अपने विचारों को तेज़ और सस्ती तरीके से अमल में लाने में सक्षम बनाता है। क्रिएट एजुकेशन प्रोजेक्ट जैसे कार्यक्रम स्कूलों को अनिवार्य



रूप से बिना किसी लागत के एडिटिव मैनुफैक्चरिंग टेक्नोलॉजी को अपने पाठ्यक्रम में शामिल करने में सक्षम बना रहे हैं। यह परियोजना स्कूलों के लिए एक 3D प्रिंटर उधार देती है।

जबकि एडिटिव मैनुफैक्चरिंग-विशिष्ट डिग्री के लिए विश्वविद्यालय लंबे समय से अन्य विषयों में 3D प्रिंटर का उपयोग कर रहे हैं। 3D प्रिंटिंग के साथ जुड़ने के लिए कई शैक्षिक पाठ्यक्रम हैं। विश्वविद्यालय उन चीजों पर पाठ्यक्रम प्रदान करते हैं जो 3D प्रिंटिंग से संबंधित हैं जैसे CAD और 3D डिज़ाइन, जो एक निश्चित चरण में 3D प्रिंटिंग पर लागू किया जा सकता है।

प्रोटोटाइप के संदर्भ में, कई विश्वविद्यालय कार्यक्रम प्रिंटर की ओर रुख कर रहे हैं। एडिटिव मैनुफैक्चरिंग में स्पेशलाइजेशन हैं, जो आर्किटेक्चर या इंडस्ट्रियल डिज़ाइन डिग्री के जरिए हासिल कर सकते हैं। मुद्रित प्रोटोटाइप कला, एनीमेशन और फैशन अध्ययन में भी बहुत आम हैं।

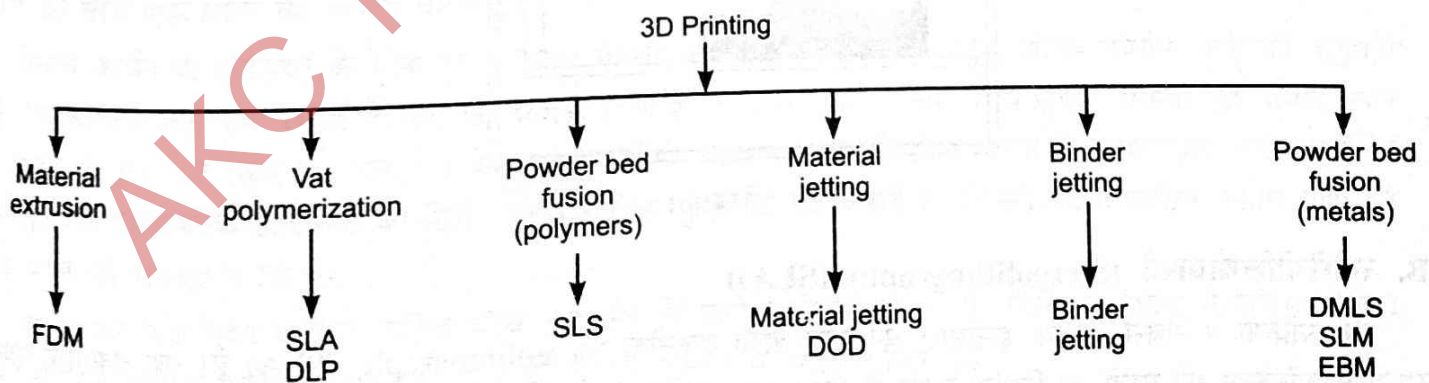
विभिन्न प्रकार के व्यवसाय में अनुसंधान प्रयोगशालाएं कार्यात्मक उपयोग के लिए 3D प्रिंटिंग का उपयोग कर रही हैं। जबकि अधिकांश अध्ययन अभी भी मॉडल के लिए प्रिंटर को नियोजित कर रहे हैं, चिकित्सा और एयरोस्पेस इंजीनियर उन्हें नई तकनीक बनाने में उपयोग करने के लिए डाल रहे हैं। प्रोस्थेटिक्स के लिए मेडिकल लैब सभी तरह के बायो-प्रिंटर और डिज़ाइन तैयार कर रहे हैं। इंजीनियर, इसी तरह, डिज़ाइनिंग ऑटोमोबाइल और हवाई जहाज में प्रिंटिंग को शामिल करते हैं।

## 6.4 3D प्रिंटिंग टेक्नोलॉजी और प्रक्रियाओं के प्रकार

### (Types of 3D Printing Technologies and Processes)

3D प्रिंट के कई तरीके हैं। ये सभी प्रौद्योगिकियां additive हैं, मुख्य रूप से अलग-अलग तरीके से परतों को एक ऑब्जेक्ट बनाने के लिए बनाया गया है। कुछ तरीकों से परतों को पिघलने या नरम करने के लिए पदार्थ का उपयोग किया जाता है। अन्य विधियों में UV लेज़र (या एक अन्य समान प्रकाश स्रोत) परत के साथ एक फोटो-प्रतिक्रियाशील राल को उपयोग करते हैं।

अधिक सटीक होने के लिए: 2010 के बाद से, अमेरिकन सोसाइटी फॉर टेस्टिंग एंड मैटेरियल्स (ASTM) समूह 'ASTM F 42-एडिटिव मैनुफैक्चरिंग' ने मानकों का एक समूह विकसित किया, जो एडिशनल मैनुफैक्चरिंग टेक्नोलॉजी के लिए स्टैंडर्ड टर्मिनोलॉजी के अनुसार एडिटिव मैनुफैक्चरिंग प्रक्रियाओं को 7 श्रेणियों में वर्गीकृत करता है। ये सात प्रक्रियाएँ हैं—



#### 1. वैट फोटोपॉलीमराइजेशन (Vat Photopolymerisation)

(a) स्टीरियोलिथोग्राफी (Stereolithography (SLA))

(b) डिजिटल लाइट प्रोसेसिंग (Digital Light Processing (DLP))

(c) सतत तरल इंटरफ़ेस उत्पादन (Continuous Liquid Interface Production (CLIP))

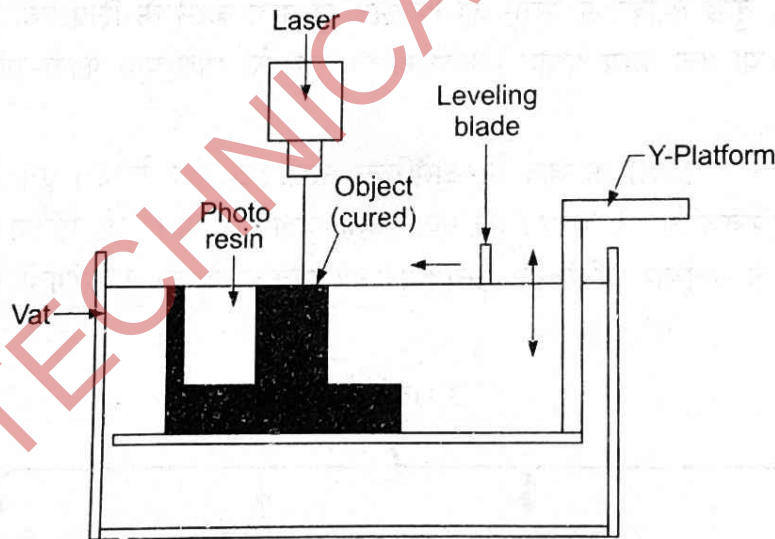


2. पदार्थ जेटिंग (Material Jetting)
3. बाइंडर जेटिंग (Binder Jetting)
4. पदार्थ बाहर निकालना (Material Extrusion)
  - (a) फ्यूज्ड डिपोजिशन मॉडलिंग (Fused Deposition Modeling (FDM))
  - (b) जुड़े फिलामेंट निर्माण (Fused Filament Fabrication (FFF))
5. पाउडर बेड फ्यूजन (Powder Bed Fusion)
  - (a) मल्टी जेट फ्यूजन (Multi Jet Fusion (MJF))
  - (b) चयनात्मक लेज़र सिंटरिंग (Selective Laser Sintering (SLS))
  - (c) डायरेक्ट मेटल लेज़र सिंटरिंग (Direct Metal Laser Sintering (DMLS))
6. चादर फाड़ना (Sheet Lamination)
7. निर्देशित ऊर्जा बयान (Directed Energy Deposition)

नीचे 3D प्रिंटिंग के लिए सभी सात प्रक्रियाओं का संक्षिप्त विवरण दिया गया है :

#### A. वैट फोटोपॉलीमराइजेशन (Vat Photopolymerisation):

वात फोटोपॉलीमराइजेशन पद्धति पर आधारित एक 3D प्रिंटर में फोटोपॉलीमर राल (resin) से भरा एक कंटेनर होता है जिसे UV प्रकाश स्रोत के साथ कठोर किया जाता है।



चित्र 6.1

#### B. स्टीरियोलिथोग्राफी (Stereolithography (SLA))

इस प्रक्रिया में सबसे अधिक इस्तेमाल की जाने वाली तकनीक Stereolithography (SLA) है। यह तकनीक एक समय में ऑब्जेक्ट की परतों का निर्माण करने के लिए तरल पराबैंगनी वक्रता योग्य एकाधिकार राल और एक पराबैंगनी लेजर की एक वैट को बनाती है। प्रत्येक परत के लिए, लेजर बीम तरल राल की सतह पर भाग पैटर्न के एक क्रॉस-सेक्शन का पता लगाता है। पराबैंगनी लेजर प्रकाश को उजागर करता है और राल पर ट्रेस किए गए पैटर्न को मजबूत करता है और इसे नीचे की परत में जोड़ता है। पैटर्न का पता लगने के बाद, SLA का एलेवेटर प्लेटफॉर्म एक 0.05 मिमी से 0.15 मिमी (0.002 से 0.006 in) परत की मोटाई के बराबर दूरी से नीचे उतरता है। फिर, एक राल से भरा ब्लेड भाग



के क्रॉस सेक्शन के पार जाता है, इसे ताजा पदार्थ के साथ फिर से कोटिंग करता है। इस नई तरल सतह पर, बाद की परत पैटर्न का पता लगाया जाता है जो पिछली परत में शामिल होता है। पूर्ण तीन आयामी वस्तु इस विधि द्वारा बनाई जाती है। स्टीरियोलिथोग्राफी को सहायक संरचनाओं के उपयोग की आवश्यकता होती है जो भाग को एलेवेटर प्लेटफॉर्म से जोड़ने और ऑब्जेक्ट को पकड़ने के लिए काम करते हैं क्योंकि यह तरल राल से भरे बेसिन में तैरता है। ऑब्जेक्ट समाप्त होने के बाद इन्हें मैनुअल रूप से हटा दिया जाता है। इस तकनीक का आविष्कार 1986 में चार्ल्स हल ने किया था, जिन्होंने उस समय कंपनी 3D सिस्टम्स की स्थापना भी की थी।

### C. डिजिटल लाइट प्रोसेसिंग (Digital Light Processing (DLP))

DLP या डिजिटल लाइट प्रोसेसिंग, मुद्रण की एक विधि है जो प्रकाश और प्रकाश संश्लेषक पॉलिमर का उपयोग करता है। यह स्टीरियोलिथोग्राफी के समान है, दोनों में मुख्य अंतर प्रकाश-स्रोत है। DLP आर्क लैंप (arc lamps) जैसे पारंपरिक प्रकाश-स्रोतों का उपयोग करता है। DLP के अधिकांश रूपों में, वांछित संरचना की प्रत्येक परत तरल राल के एक बैट पर प्रक्षेपित की जाती है जो परत द्वारा ठोस परत होती है क्योंकि बिल्ड प्लेट ऊपर या नीचे चलती है। जैसा कि प्रक्रिया प्रत्येक परत को क्रमिक रूप से करती है, यह 3D प्रिंटिंग के अधिकांश रूपों की तुलना में तेज है।

### D. सतत तरल इंटरफ़ेस उत्पादन (Continuous Liquid Interface Production (CLIP))

Vat Photopolymerisation का उपयोग करते हुए सबसे तेज़ प्रक्रियाओं में से एक को CLIP कहा जाता है। जो कार्बन द्वारा विकसित कंटीन्यूअस लिक्विड इंटरफ़ेस प्रोडक्शन का छोटा रूप है।

**डिजिटल लाइट सिंथेसिस (Digital Light Synthesis)**—CLIP प्रक्रिया का हृदय, डिजिटल लाइट सिंथेसिस तकनीक है। इस तकनीक में, कस्टम उच्च प्रदर्शन से प्रकाश LED प्रकाश इंजन UV छवियों का एक क्रम 3D मुद्रित भाग के एक क्रॉस सेक्शन को उजागर करता है, जिससे UV क्यूरेबल राल आंशिक रूप से नियंत्रित तरीके से ठीक हो जाता है। ऑक्सीजन, ऑक्सीजन पारगम्य खिड़की से गुजरता है जो खिड़की और मृत क्षेत्र के रूप में जाने वाले मुद्रित भाग के बीच अनिश्चित राल का एक पतला तरल इंटरफ़ेस बनाता है। मृत क्षेत्र दस माइक्रोन जितना पतला होता है। मृत क्षेत्र के अंदर, ऑक्सीजन खिड़की के सबसे करीब स्थित राल को ठीक करने से प्रकाश को रोकती है, इसलिए मुद्रित भाग के नीचे तरल के निरंतर प्रवाह संचारित करता है। मृत क्षेत्र के ठीक ऊपर यूवी पर प्रकाश का अनुमान लगाया जाता है जो भाग के इलाज की तरह एक झरना का कारण बनता है।

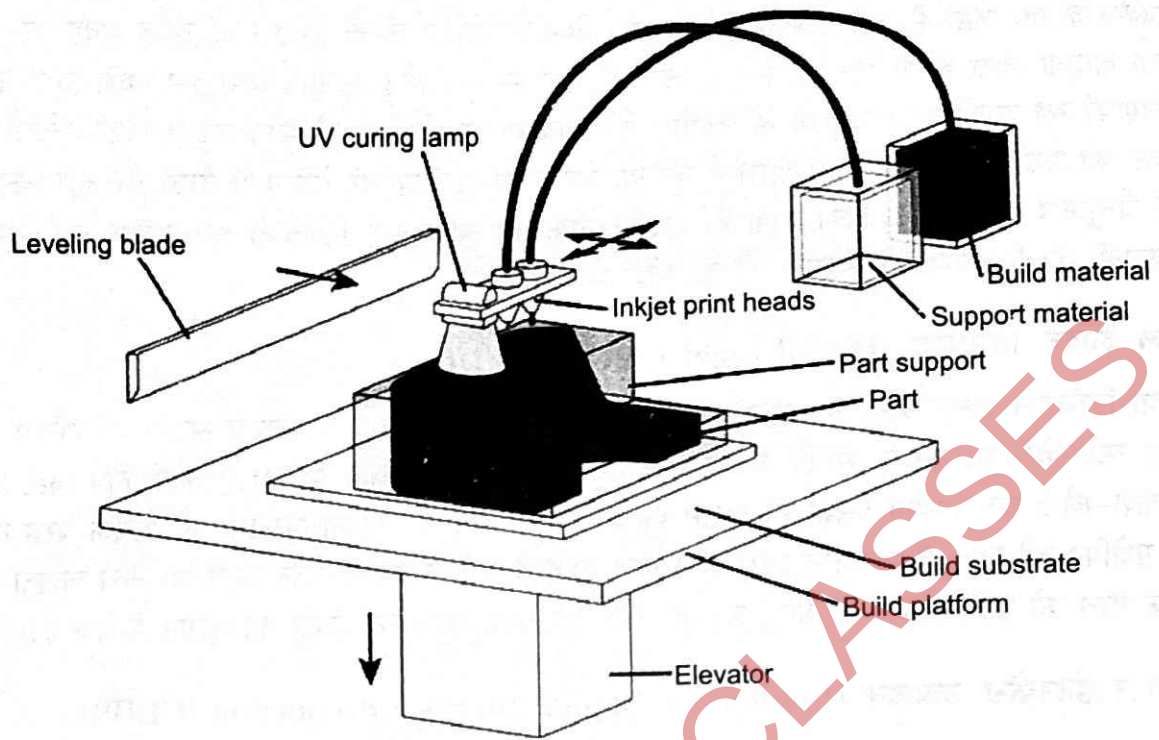
केवल कार्बन के हार्डवेयर के साथ मुद्रण करना वास्तविक विश्व अनुप्रयोगों के साथ अंतिम उपयोग गुणों की अनुमति नहीं देता है। एक बार जब प्रकाश ने भाग को आकार दिया है, तो एक दूसरी प्रोग्राम योग्य सुधार प्रक्रिया एक थर्मल स्नान या ओवन में 3D प्रिंट किए गए भाग को बेक करके वांछित यांत्रिक गुणों को प्राप्त करती है। क्रमादेशित थर्मल क्योरिंग एक द्वितीयक रासायनिक प्रतिक्रिया को ट्रिगर करके यांत्रिक गुणों को सेट करती है, जिससे पदार्थ वांछित अंतिम गुणों को प्राप्त करने को मजबूत करती है।

कार्बन की प्रौद्योगिकी के साथ मुद्रित घटक इंजेक्शन के ढाले भागों के बराबर हैं। डिजिटल लाइट सिंथेसिस सुसंगत और पूर्वानुमेय यांत्रिक गुणों का उत्पादन करता है, जो कि वास्तव में आइसोट्रोपिक हैं।

### E. पदार्थ जेटिंग (Material Jetting)

इस प्रक्रिया में, पदार्थ को एक छोटे व्यास नोज़ल के माध्यम से बूंदों के रूप में बनाया जाता है, जिस तरह से एक सामान्य इंकजेट पेपर प्रिंटर काम करता है, लेकिन यह 3D ऑब्जेक्ट बनाने वाले एक प्लेटफॉर्म पर परत-दर-परत लागू होता है और फिर UV प्रकाश द्वारा कठोर होता है।

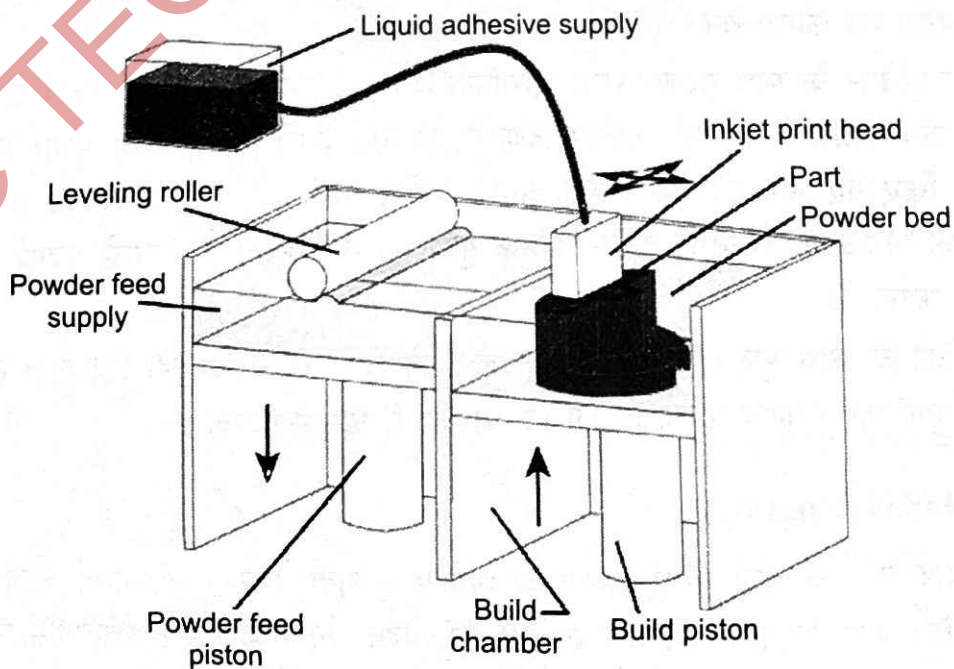




चित्र 6.2

#### F. बाइंडर जेटिंग (Binder Jetting)

बाइंडर जेटिंग के साथ दो पदार्थों का उपयोग किया जाता है, पाउडर बेस पदार्थ और एक तरल बाइंडर। बिल्ड चैम्बर में, पाउडर को समान परतों में फैलाया जाता है और जेट नोजल के माध्यम से बाइंडर लगाया जाता है जो कि प्रोग्राम्ड 3D ऑब्जेक्ट के आकार में पाउडर के कणों को 'गोंद' करता है। समाप्त वस्तु 'आधार से सरेस से जोड़ा हुआ' बाइंडर द्वारा पाउडर बेस पदार्थ के साथ कंटेनर में बनती है। प्रिंट समाप्त होने के बाद, शेष पाउडर को साफ कर दिया जाता है और अगले ऑब्जेक्ट को 3D प्रिंटिंग के लिए उपयोग किया जाता है। इस तकनीक को पहली बार 1993 में मैसाचुसेट्स इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी में विकसित किया गया था और 1995 में जेड कॉर्पोरेशन ने एक विशेष लाइसेंस प्राप्त किया था।



चित्र 6.3

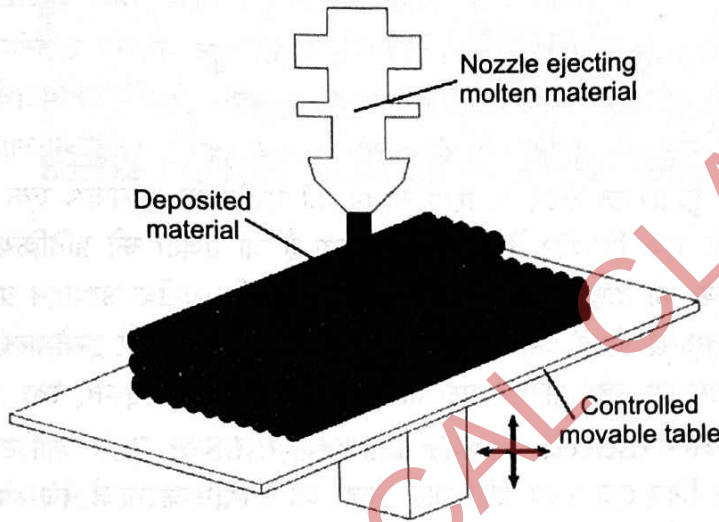


चित्र एक उच्च-अंत बाइंडर जेटिंग आधारित 3D प्रिंटर, एक्सॉन एम-फ्लेक्स को दर्शाता है। यह 3D प्रिंटर धातु पाउडर का उपयोग करता है और बाध्यकारी पदार्थ लागू होने के बाद ठीक हो जाता है।

### G. पदार्थ बाहर निकालना (Material Extrusion)

इस प्रक्रिया में सबसे अधिक इस्तेमाल की जाने वाली तकनीक फ्यूज्ड डिपोजिशन मॉडलिंग (FDM) है।

(a) **फ्यूज्ड डिपोजिशन मॉडलिंग (Fused Deposition Modeling (FDM))**: फ्यूज्ड डिपोजिशन मॉडलिंग (FDM), तेज़ प्रोटोटाइप की एक विधि:



चित्र 6.4

1. नोजल पिघला हुआ पदार्थ को बाहर निकालता है (प्लास्टिक) (nozzle ejecting molten material (plastic)),
2. जमा पदार्थ (प्रतिरूपित भाग) (deposited material (modelled part))
3. नियंत्रित चल तालिका (controlled movable table)

FDM तकनीक एक प्लास्टिक फिलामेंट या धातु के तार का उपयोग करके काम करती है, जो एक क्वॉइल (coil) से अनबाउंड होता है और एक एक्सट्रूज़न नोजल को पदार्थ की आपूर्ति करता है जो प्रवाह को चालू और बंद कर सकता है। नोजल को पदार्थ को पिघलाने के लिए गर्म किया जाता है और कंप्यूटर नियंत्रित सहायता विनिर्माण (CAM) सॉफ्टवेयर पैकेज द्वारा सीधे नियंत्रित एक संख्यात्मक नियंत्रित तंत्र द्वारा क्षैतिज और ऊर्ध्वाधर दोनों दिशाओं में ले जाया जा सकता है।

ऑब्जेक्ट को नोजल से बाहर निकालने के तुरंत बाद पदार्थ को कठोर करने के लिए परतों को बनाने के लिए पिघलने वाली पदार्थ द्वारा उत्पादित किया जाता है। यह तकनीक दो प्लास्टिक 3D प्रिंटर फिलामेंट प्रकारों ABS (एक्रिलोनिट्राइल ब्यूटाडीन स्टाइलिन) और PLA (पॉलीएलैक्टिक एसिड) के साथ सबसे अधिक उपयोग की जाती है। FDM का आविष्कार स्कॉट क्रम्प ने 80 के दशक के अंत में किया था। इस तकनीक को पेटेंट कराने के बाद उन्होंने 1988 में कंपनी स्ट्रैटसिस की शुरुआत की। फ्यूज्ड डिपोजिशन मॉडलिंग और FDM के लिए इसका संक्षिप्त नाम स्ट्रैटसिस इंक है।

(b) **फ्यूज्ड फिलामेंट फैब्रिकेशन (Fused Filament Fabrication (FFF))**: बिल्कुल समान शब्द, फ्यूज्ड फिलामेंट फैब्रिकेशन (FFF), को रिप्रेप परियोजना के सदस्यों द्वारा एक वाक्यांश दिया गया था जो कि इसके उपयोग में कानूनी रूप से अप्रतिबंधित होगा।



कई अलग-अलग फिलामेंट 3D प्रिंटर कॉन्फ़िगरेशन हैं। सबसे लोकप्रिय व्यवस्था यह उपयोगी है:

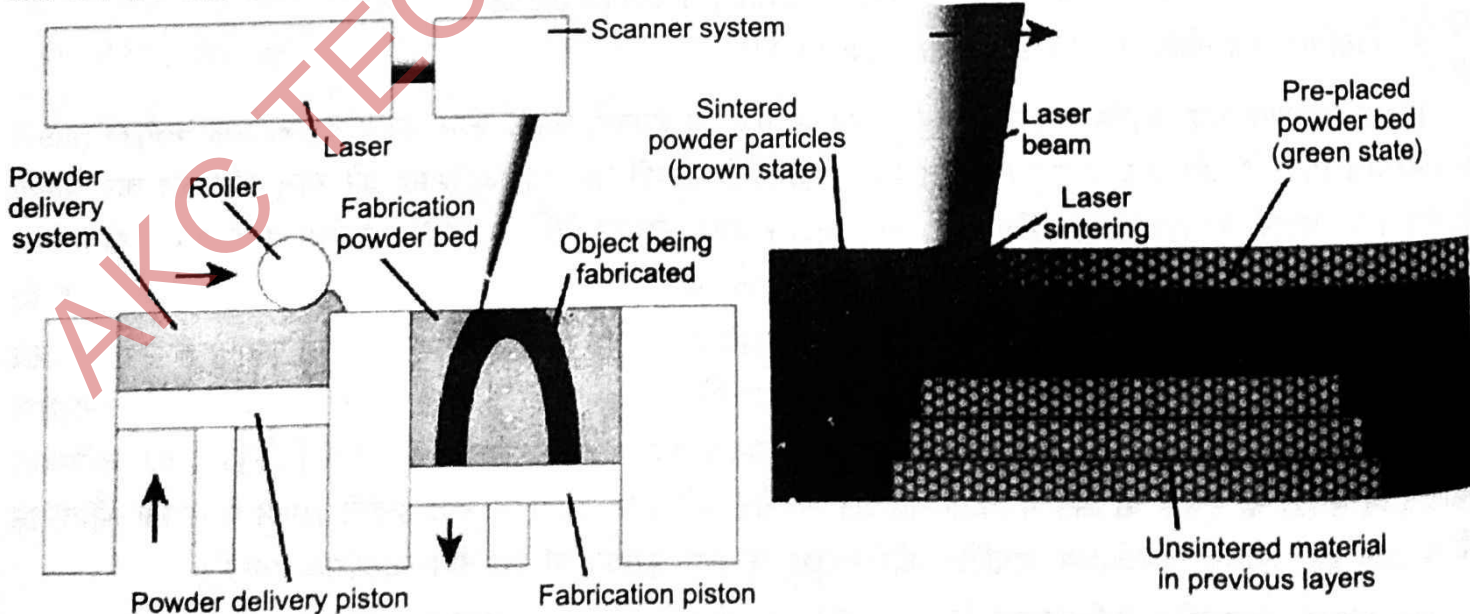
- कार्तीय-XY-हेड (Cartesian-XY-Head)
- कार्तीय-XZ-हेड (Cartesian-XZ-Head)
- डेल्टा (Delta)
- कोर XY (Core XY)

## H. पाउडर बेड फ्यूजन (Powder Bed Fusion)

इस प्रक्रिया में सबसे अधिक इस्तेमाल की जाने वाली तकनीक सेलेक्टिव लेज़र सिंटरिंग (SLS) है।

(a) **मल्टी जेट फ्यूजन (Multi Jet Fusion (MJF))**: मल्टी जेट फ्यूजन तकनीक Hewlett Packard द्वारा विकसित की गई है। यह तकनीक इस तरह काम करती है कि एक व्यापक हाथ पाउडर पदार्थ की एक परत जमा करता है और फिर इंकजेट से लैस एक और हाथ चुनिंदा रूप से पदार्थ पर एक बाइंडर एजेंट को लागू करता है। इंकजेट्स सटीक आयाम और चिकनी सतहों को सुनिश्चित करने के लिए बांधने की मशीन के आसपास एक विस्तार एजेंट भी जमा करते हैं। अंत में, परत थर्मल ऊर्जा के एक विस्फोट के संपर्क में आता है जो एजेंटों की प्रतिक्रिया करने का कारण बनता है। प्रत्येक परत पूरी होने तक प्रक्रिया को दोहराया जाता है। अल्ट्रा फास्ट और सटीक उत्पादन प्राप्त करने के लिए प्रिंटर प्रति सेकंड 30 मिलियन ड्रॉप जमा कर सकते हैं, और कई एजेंटों को एक ही हिस्से पर इस्तेमाल किया जा सकता है, जिसका अर्थ है कि भागों में अलग-अलग रंग और यांत्रिक गुण हो सकते हैं जो नीचे दिए गए स्वर (3D पिक्सेल) में हैं।

(b) **चयनात्मक लेज़र सिंटरिंग (Selective Laser Sintering (SLS))**: SLS प्लास्टिक, सिरमिक या ग्लास पाउडर के छोटे कणों को फ्यूज करने के लिए एक उच्च शक्ति वाले लेज़र का उपयोग करता है, जिसमें वांछित तीन आयामी आकृति होती है। लेज़र चयनात्मक पदार्थ को चूर्ण की सतह पर 3D मॉडलिंग कार्यक्रम द्वारा उत्पन्न क्रॉस-सेक्शन (या लेयर्स) को स्कैन करके चूर्ण पदार्थ को फ्यूज करता है। प्रत्येक क्रॉस-सेक्शन को स्कैन करने के बाद, पाउडर बेड को एक परत की मोटाई से कम किया जाता है। फिर पदार्थ की एक नई परत शीर्ष पर लागू होती है और जब तक ऑब्जेक्ट पूरा नहीं हो जाता तब तक प्रक्रिया को दोहराया जाता है।

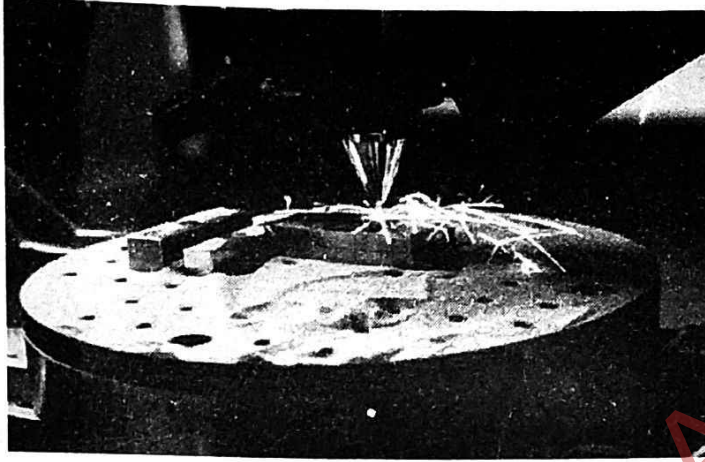


चित्र 6.5

(c) **डायरेक्ट मेटल लेज़र सिंटरिंग (Direct Metal Laser Sintering (DMLS))**: DMLS मूल रूप से SLS के समान है, लेकिन इसके बजाय धातु पाउडर का उपयोग करता है। सभी अप्रयुक्त पाउडर के रूप में यह रहता है और



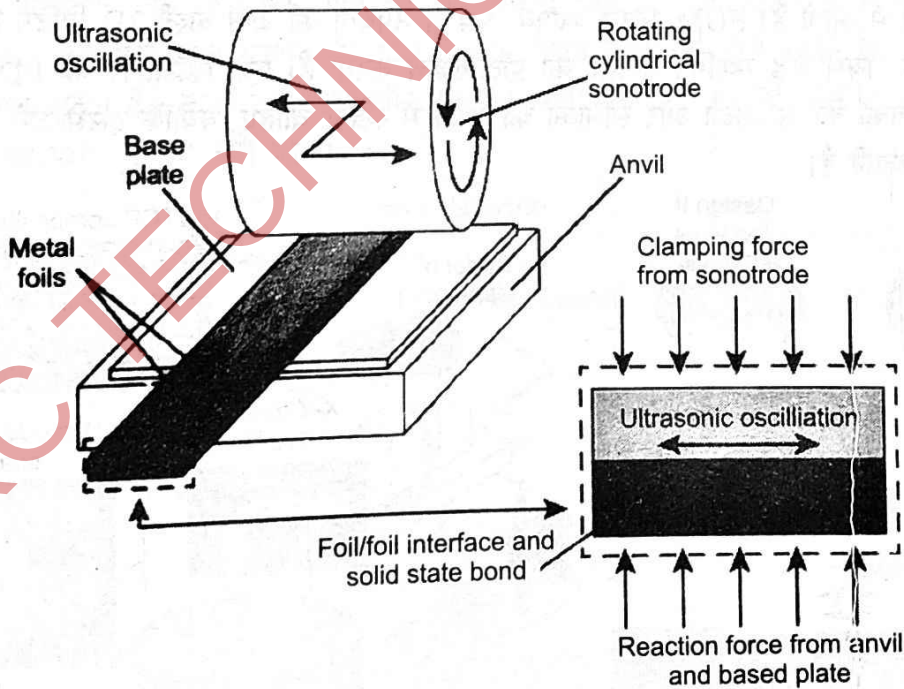
वस्तु के लिए एक समर्थन संरचना बन जाता है। अप्रयुक्त पाउडर का पुनः उपयोग अगले प्रिंट के लिए किया जा सकता है। लेज़र शक्ति में वृद्धि के कारण, DMLS एक लेज़र पिघलने की प्रक्रिया में विकसित हुआ है।



चित्र 6.6

### I. Sheet Lamination

इसमें धातु शीट पदार्थ शामिल जो बाहरी बल के साथ बंधी होती है। चादरें धातु, कागज या बहुलक का रूप हो सकती हैं। धातु की चादरें परतों में अल्ट्रासोनिक वेल्डिंग द्वारा एक साथ वेल्डेड की जाती हैं और फिर CNC एक उचित आकार में मिल जाती है। पेपर शीट का उपयोग भी किया जा सकता है, लेकिन वे चिपकने वाली गोंद से चिपके रहते हैं और सटीक ब्लेड द्वारा आकार में कट जाते हैं।



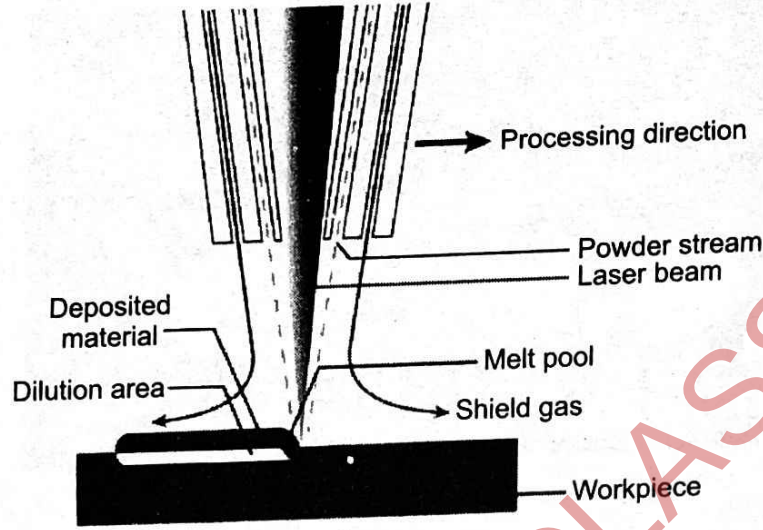
चित्र 6.7

### J. निर्देशित ऊर्जा पर निर्भरता (Directed Energy Deposition)

यह प्रक्रिया ज्यादातर उच्च तकनीक धातु उद्योग में और तेजी से विनिर्माण अनुप्रयोगों में उपयोग की जाती है। 3D प्रिंटिंग उपकरण सामान्यता एक बहु-अक्षीय रोबोटिक आर्म से जुड़ा होता है और इसमें एक नोजल होता है जो एक सतह



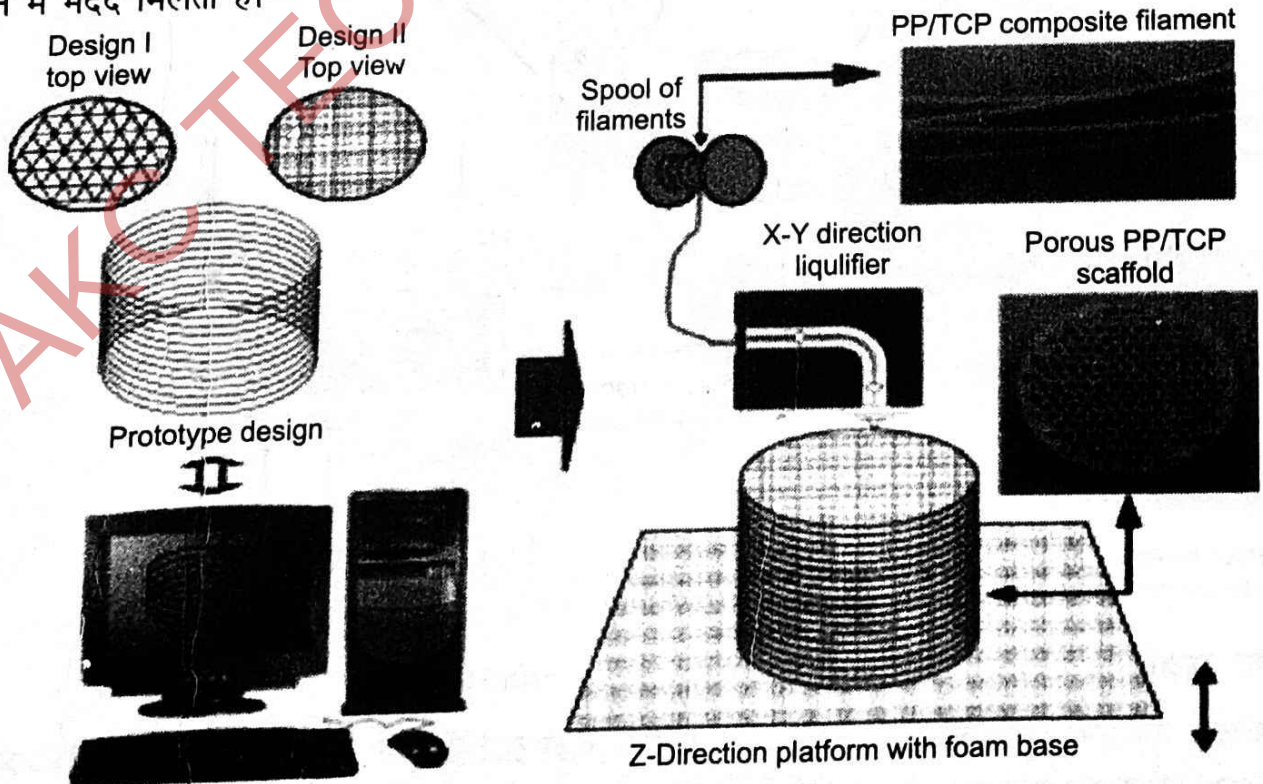
और एक ऊर्जा स्रोत (लेज़र, इलेक्ट्रॉन बीम या प्लाज़्मा आर्क) पर धातु पाउडर या तार जमा करता है तथा एक ठोस वस्तु का निर्माण करता है। धातु पाउडर और लेज़र पिघलने के साथ निर्देशित ऊर्जा पर निर्भर होता है।



चित्र 6.8

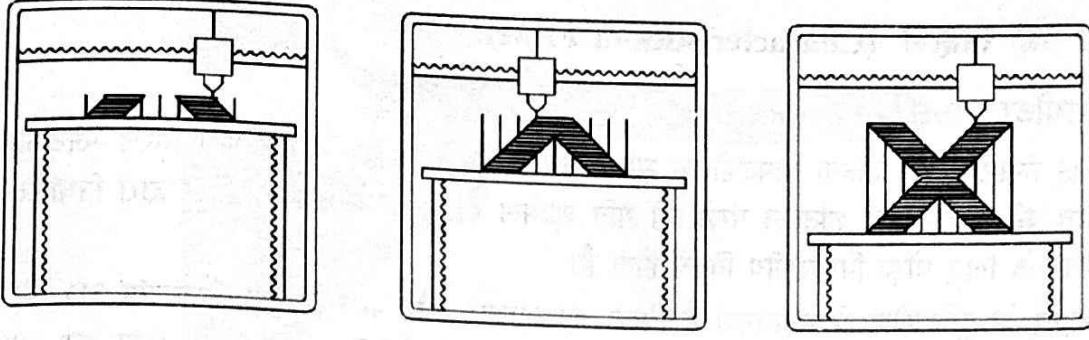
### 6.5 फ्यूज्ड डिपोजिशन मॉडलिंग (Fused Deposition Modeling (FDM))

फ्यूज्ड डिपोजिशन मॉडलिंग (FDM) या फ्यूज्ड फिलामेंट फैब्रिकेशन (FFF), एक एडिटिव मैनुफैक्चरिंग प्रोसेस है जो मैटेरियल एक्सट्रूज़न परिवार से संबंधित है। FDM में, एक वस्तु चुनिंदा रूप से पिघली हुई पदार्थ को पूर्व-निर्धारित पथ में परत-दर-परत जमा करके बनाई जाती है। FDM में उपयोग की जाने वाली पदार्थ थर्मोप्लास्टिक्स पॉलिमर हैं और यह एक फिलामेंट रूप में आती हैं। FDM सबसे व्यापक रूप से उपयोग की जाने वाली 3D प्रिंटिंग तकनीक है। यह विश्व स्तर पर 3D प्रिंटर के सबसे बड़े स्थापित आधार का प्रतिनिधित्व करता है। एक डिज़ाइनर को FDM के साथ एक भाग को बनाते समय प्रौद्योगिकी की क्षमताओं और सीमाओं को ध्यान में रखना चाहिए, क्योंकि इससे उसे सबसे अच्छा परिणाम प्राप्त करने में मदद मिलती है।



चित्र 6.9(a)—FDM प्रक्रिया (FDM Process)



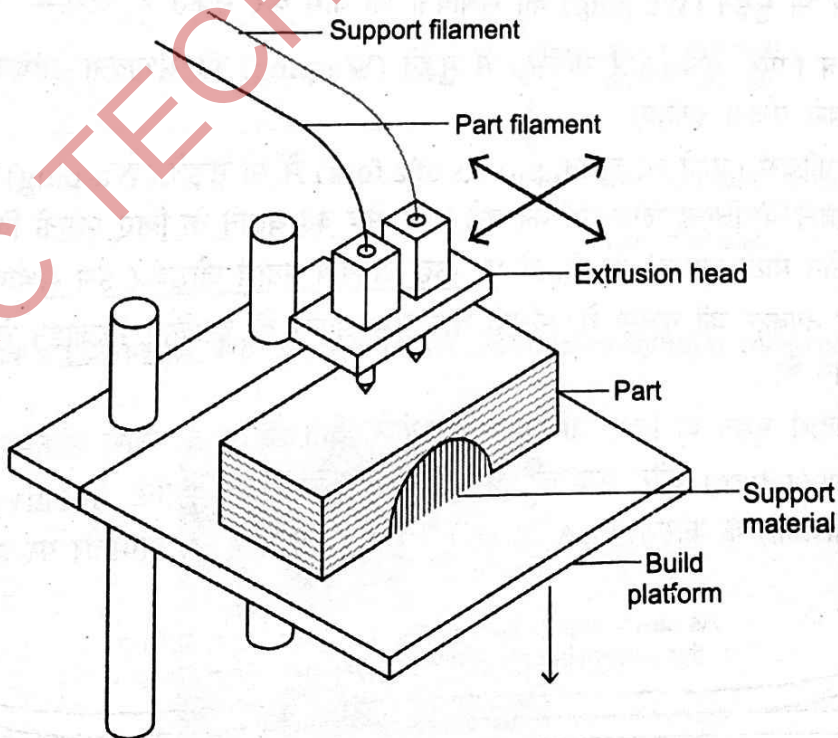


चित्र 6.9(b)—FDM मुद्रण प्रक्रिया (The FDM printing process)

## 6.6 FDM के कार्य की विधि (Method of Work of FDM)

यहाँ बताया जा रहा है कि FDM निर्माण प्रक्रिया कैसे कार्य करती है—

- (i) थर्मोप्लास्टिक्स फिलामेंट का एक स्पूल पहले प्रिंटर में लोड किया जाता है। एक बार नोजल वांछित तापमान पर पहुँच जाए तब फिलामेंट को नोजल हेड से बाहर निकाला जाता है नोजल फिलामेंट को पिघला देता है।
- (ii) एक्सट्रूज़न हेड एक 3-अक्ष प्रणाली से जुड़ा हुआ होता है जो इसे  $X$ ,  $Y$  और  $Z$  दिशाओं में स्थानांतरित कर देता है। पिघला हुआ पदार्थ पतली किस्म में बाहर निकाला जाता है और पूर्व-निर्धारित स्थानों में परत-दर-परत जमा होता है, जहाँ यह ठंडा होकर जम जाता है। कभी-कभी एक्सट्रूज़न हेड पर संलग्न शीतलन पंखों के उपयोग के माध्यम से पदार्थ को त्वरित ठंडा करना होता है।
- (iii) एक क्षेत्र को भरने के लिए, कई पास-मार्ग की आवश्यकता होती है (एक मार्कर के साथ एक आयत को रंग देने के समान)। जब एक परत समाप्त हो जाती है, तब बिल्ड प्लेटफॉर्म नीचे चला जाता है (या अन्य मशीन सेटअप में, एक्सट्रूज़न हेड ऊपर जाता है) और एक नई परत जमा होती है। यह प्रक्रिया तब तक दोहराई जाती है जब तक कि भाग पूरा भर नहीं जाता।



चित्र 6.10—विशिष्ट FDM प्रिंटर (Typical FDM printer)



## 6.7 FDM के लक्षण (Characteristics of FDM):

### 1. प्रिंटर पैरामीटर (Printer Parameters)

अधिकांश FDM सिस्टम कई प्रक्रिया मापदंडों के समायोजन करते हैं, जिसमें नोजल और बिल्ड प्लेटफॉर्म का तापमान, बिल्ड गति, परत की ऊंचाई और शीतलन पंखों की गति शामिल है। ये सामान्यता ऑपरेटर द्वारा निर्धारित किए जाते हैं, इसलिए डिज़ाइनर के लिए थोड़ा विचारणीय विषय होता है।

एक डिज़ाइनर के दृष्टिकोण से महत्वपूर्ण है बिल्ड का आकार और परत ऊंचाई। डेस्कटॉप 3D प्रिंटर का उपलब्ध बिल्ड आकार सामान्यता  $200 \times 200 \times 200$  मिमी होता है, जबकि औद्योगिक मशीनों के लिए यह  $1000 \times 1000 \times 1000$  मिमी हो सकता है। यदि डेस्कटॉप मशीन को प्राथमिकता दी जाती है (उदाहरण के लिए लागत को कम करने के लिए) तब एक बड़े मॉडल को छोटे भागों में तोड़ा जा सकता है और फिर इकट्ठा किया जा सकता है।

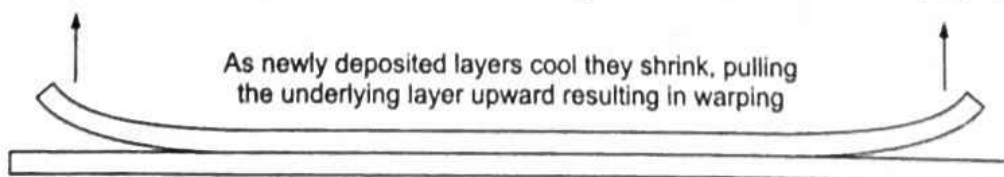
FDM में उपयोग की जाने वाली विशिष्ट परत की ऊंचाई 50 और 400 माइक्रोन के बीच भिन्न-भिन्न होती है और इसे एक आदेश आने पर निर्धारित किया जा सकता है। एक छोटी परत की ऊंचाई चिकनी भागों का निर्माण करती है और घुमावदार ज्यामितियों को अधिक सटीक रूप से पकड़ती है, जबकि एक बड़ी ऊंचाई तेजी से और कम लागत पर भागों का निर्माण करती है। 200 माइक्रोन की एक परत की ऊंचाई सबसे अधिक उपयोग की जाती है।

### 2. मुड़ना (Warping)

FDM में सबसे सामान्य दोषों में से एक है मुड़ना (Warping)। जब जमाने के दौरान extruded पदार्थ ठंडी हो जाती है, तब इसके आयाम (dimensions) कम हो जाते हैं। जैसे ही प्रिंट के विभिन्न खंड अलग-अलग दरों पर ठंडी होते हैं, उनके आयाम भी अलग-अलग गति से बदलते हैं। डिफरेंशियल कूलिंग आंतरिक प्रतिबलों के उत्पन्न होने का कारण बनती है जो अंतर्निहित परत को ऊपर की ओर खींचती है। इससे यह मुड़ जाता है, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। प्रौद्योगिकी के दृष्टिकोण से, FDM सिस्टम के तापमान की बारीकी से निगरानी करके मुड़ने (Warping) को रोका जा सकता है, जैसे निर्माण मंच और कक्ष तथा भाग और निर्माण मंच के बीच आसंजन को बढ़ाकर किया जाता है।

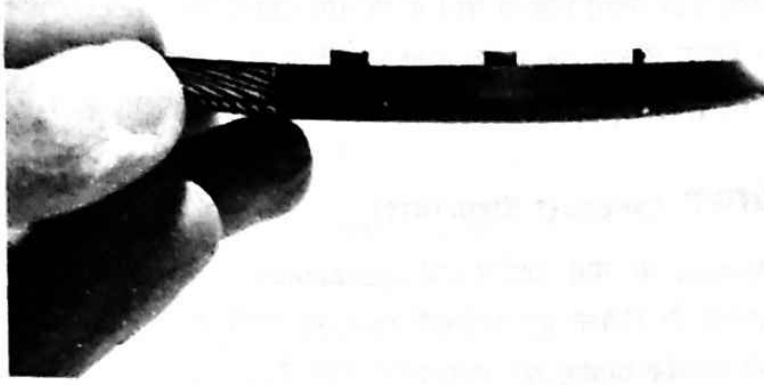
डिज़ाइनर के विकल्प भी मुड़ने (Warping) की संभावना को कम कर सकते हैं, जैसे—

- बड़े समतल क्षेत्र (एक आयताकार बॉक्स) में मुड़ने (Warping) की संभावना अधिक होती है और जहाँ तक संभव हो तो इससे बचना चाहिए।
- पतले उभरे हुए फीचर्स (कांटे की चुभन; prongs of a fork) में भी मुड़ने (Warping) या जंग लगने का संभावना होता है। इस मामले में, बिल्ड प्लेटफॉर्म को छूने वाले क्षेत्र को बढ़ाने के लिए पतली विशेषता (उदाहरण के लिए एक 200 माइक्रोन मोटी आयत) के किनारे पर कुछ अवशेष पदार्थ जोड़कर इस संभावना से बचा जा सकता है।
- तीव्र कोने, गोल आकार की तुलना में अधिक बार मुड़ सकते हैं, इसलिए डिज़ाइन में पट्टिका (fillets) जोड़ना एक अच्छा उपाय है।
- अलग-अलग पदार्थ मुड़ने के लिए अधिक संवेदनशील होती हैं। उच्च ग्लास संक्रमण तापमान (higher glass transition temperature) और संबन्धित थर्मल विस्तार के उच्च गुणांक (relatively high coefficient of thermal expansion) के कारण, PLA या PETG की तुलना में ABS आमतौर पर अधिक संवेदनशील होता है।



चित्र 6.11—एक FDM भाग के किनारा मुड़ना (Edge warping of an FDM part)



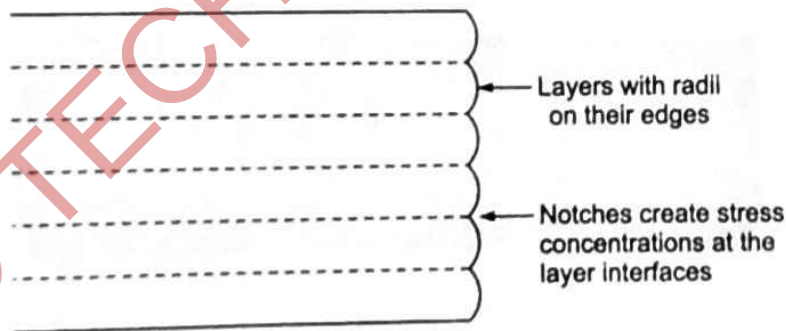


चित्र 6.12—ABS में छपा हुआ FDM वाला हिस्सा (A warped FDM part printed in ABS)

### 3. परत आसंजन (Layer Adhesion)

FDM भाग के लिए जमा परतों के बीच अच्छा आसंजन बहुत महत्वपूर्ण है। जब पिघला हुआ थर्मोप्लास्टिक्स नोजल के माध्यम से बाहर निकाला जाता है, तब इसे पिछली परत के विपरीत दबाया जाता है। उच्च तापमान और दबाव पिछली परत की सतह को फिर से पिघला देता है और पहले से मुद्रित भाग के साथ नई परत के बंधन को सक्षम करता है। विभिन्न परतों के बीच बंधन शक्ति हमेशा पदार्थ की आधार शक्ति से कम होती है। इसका तात्पर्य यह है कि FDM के भाग स्वाभाविक रूप से अनिसोट्रोपिक (anisotropic) हैं। Z-अक्ष में उनकी सामर्थ्य हमेशा XY-प्लेन में उनकी सामर्थ्य से कम होती है। इस कारण से, FDM के लिए भागों को डिजाइन करते समय आंशिक अभिविन्यास रखना महत्वपूर्ण है।

उदाहरण के लिए, 50% infill में क्षैतिज रूप से ABS में छपे हुए टेन्सिल टेस्ट के टुकड़ों की तुलना में टेस्ट किए गए टुकड़ों की लंबवत रूप से छपाई की गई थी और Z दिशा की तुलना में X, Y प्रिंट दिशा में लगभग 4 गुना अधिक तन्यता सामर्थ्य पाई गई थी (4.4 की तुलना में 17.0 MPa) और तोड़ने से पहले लगभग 10 गुना अधिक (0.5% की तुलना में 4.8%) बढ़ गया।



चित्र 6.13—FDM परत-दर-परत निर्माण (FDM layer-by-layer construction)



चित्र 6.14—FDM भाग की परत रेखाएं दिखाई देती हुई (Visible layer lines of an FDM part)



इसके अलावा, चूंकि पिघला हुआ पदार्थ पिछली परत के विपरीत दबाया जाता है, इसलिए इसका आकार एक अंडाकार के रूप में विकृत हो जाता है। इसका तात्पर्य यह है कि FDM भागों में कम परत की ऊंचाई के लिए हमेशा एक लहरदार सतह होगी। छोटी विशेषताओं (जैसे छोटे छेद या थ्रेड्स) को प्रिंटिंग के बाद संसाधित करने की आवश्यकता हो सकती है।

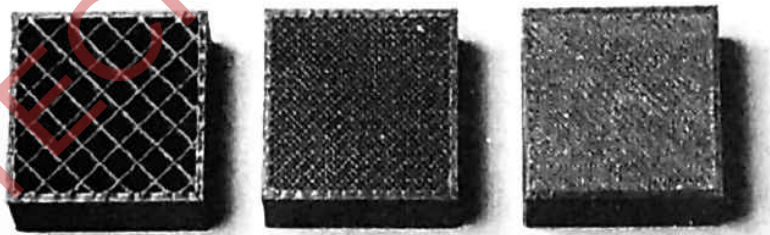
#### 4. आधार या समर्थन संरचना (Support Structure)

FDM में ओवरहैंग्स (overhangs) के साथ जियोमेट्रीज (geometries) बनाने के लिए आधार या समर्थन संरचना (Support Structure) आवश्यक है। पिघली हुई थर्मोप्लास्टिक्स को पतली हवा पर जमा नहीं किया जा सकता है। इस कारण से, कुछ ज्यामितीयों को समर्थन संरचना की आवश्यकता होती है।

समर्थन पर मुद्रित सतह सामान्यता शेष भाग की तुलना में सतह की गुणवत्ता कम होगी। इस कारण से, यह अनुशंसा की जाती है कि समर्थन की आवश्यकता को कम करने के लिए इस तरह से भाग को डिजाइन किया जाए। समर्थन आमतौर पर भाग के रूप में एक ही पदार्थ में मुद्रित किया जाता है। तरल में घुलने वाली सहायक पदार्थ भी उपलब्ध हैं, लेकिन वे मुख्य रूप से उच्च-अंत डेस्कटॉप या औद्योगिक FDM 3-D प्रिंटर में उपयोग की जाती हैं। असंतुष्ट समर्थन पर मुद्रण से भाग की सतह की गुणवत्ता में काफी सुधार होता है, लेकिन एक प्रिंट की समग्र लागत में वृद्धि होती है, क्योंकि विशेषज्ञ मशीन (दोहरी एक्सट्रूज़न के साथ) की आवश्यकता होती है और असंगत पदार्थ की लागत अपेक्षाकृत अधिक होती है।

#### 6. इन्फिल एवं शैल मोटाई (Infill & Shell Thickness)

प्रिंट समय को कम करने और पदार्थ को बचाने के लिए FDM भागों को समान्यतः ठोस रूप से प्रिंट नहीं किया जाता है। इसके बजाय, बाहरी परिधि को कई पास-मार्ग का उपयोग करके पता लगाया जाता है, जिसे 'शैल' कहा जाता है, और आंतरिक, कम-घनत्व संरचना से भरा भाग 'इन्फिल' कहा जाता है। इन्फिल और शैल की मोटाई एक हिस्से की सामर्थ्य को बहुत प्रभावित करती है।

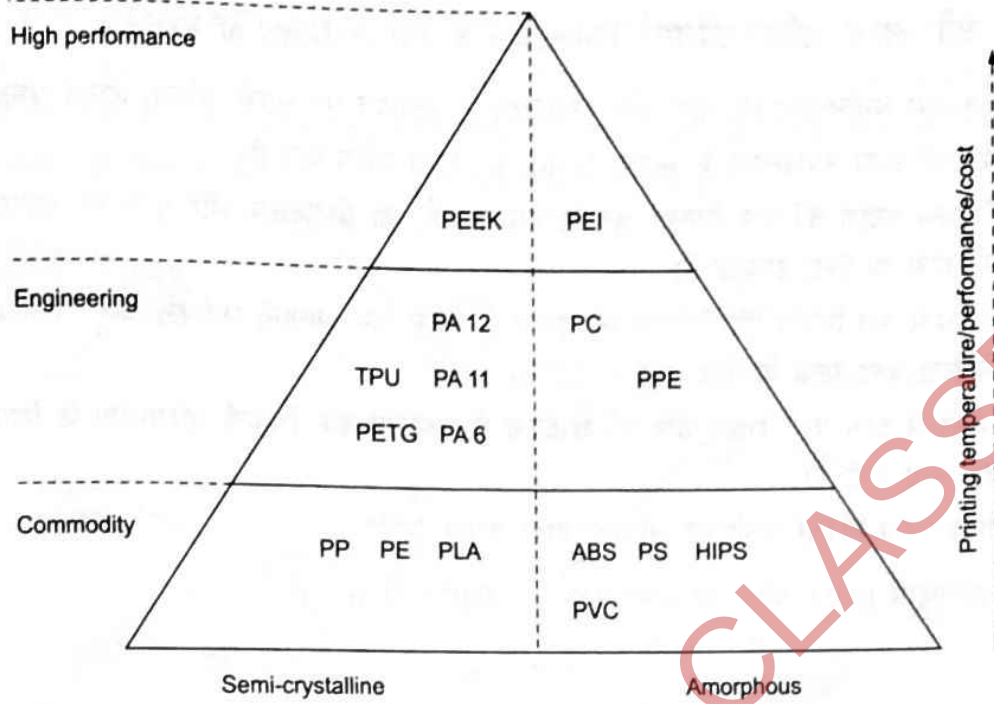


चित्र 6.15—'The internal geometry of FDM prints with different infill density

FDM की प्रमुख विशेषताओं में से एक उपलब्ध पदार्थ की विस्तृत श्रृंखला है। इनमें कमोडिटी थर्मोप्लास्टिक्स (जैसे PLA और ABS) से लेकर इंजीनियरिंग पदार्थ (जैसे PA, TPU और PETG) और उच्च-प्रदर्शन थर्मोप्लास्टिक्स (जैसे PEEK और PEI) तक होते हैं।

थर्मोप्लास्टिक्स पदार्थ पिरामिड FDM में उपलब्ध है। थंब के एक नियम के रूप में, एक पदार्थ जितनी अधिक होती है उतना ही बेहतर इसके यांत्रिक गुण होते हैं। उपयोग की जाने वाली पदार्थ प्रिंटेड भाग के यांत्रिक गुणों, इसकी कीमत और सटीकता को प्रभावित करती है। सबसे सामान्य FDM पदार्थ को नीचे दी गई तालिका में संक्षेपित किया गया है। PLA और ABS के मुख्य अंतर की समीक्षा, दो सबसे सामान्य FDM पदार्थ, और सभी सामान्य FDM सामग्रियों की व्यापक तुलना निम्नलिखित है—





चित्र 6.16—थर्मोप्लास्टिक्स पदार्थ पिरामिड

तालिका 6.1

| पदार्थ (Material) | विशेषताएँ (Characteristics)                                                                                                                             |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ABS               | अच्छी सामर्थ्य (Good strength)<br>अच्छा तापमान प्रतिरोध (Good temperature resistance)<br>मुड़ने के लिए अधिक अतिसंवेदनशील (More susceptible to warping)  |
| PLA               | उत्कृष्ट दृश्य गुणवत्ता (Excellent visual quality)<br>आसान प्रिंट (Easy to print)<br>कम प्रभाव शक्ति (Low impact strength)                              |
| Nylon (PA)        | उच्च शक्ति (High strength)<br>कम नमी प्रतिरोध (Low humidity resistance)                                                                                 |
| PETG              | खाद्य सुरक्षित (Food Safe)<br>अच्छी ताकत (Good strength)<br>आसान प्रिंट करना (Easy to print)                                                            |
| TPU               | बहुत लचीला (Very flexible)<br>सटीक रूप से प्रिंट करना मुश्किल (Difficult to print accurately)                                                           |
| PEI               | उत्कृष्ट भार शक्ति (Excellent strength to weight)<br>उत्कृष्ट आग और रासायनिक प्रतिरोध (Excellent fire and chemical resistance)<br>उच्च लागत (High cost) |



## 6.9 FDM की लाभ और सीमाएं (Benefits & Limitations of FDM):

1. FDM, कस्टम थर्मोप्लास्टिक्स भागों और प्रोटोटाइप के उत्पादन का सबसे अधिक लागत-प्रभावी विधि है।
2. प्रौद्योगिकी की उच्च उपलब्धता के कारण FDM का नेतृत्व समय कम है।
3. थर्मोप्लास्टिक्स पदार्थ की एक विस्तृत श्रृंखला उपलब्ध है, जो प्रोटोटाइप और कुछ गैर-वाणिज्यिक कार्यात्मक अनुप्रयोगों दोनों के लिए उपयुक्त है।
4. FDM में अन्य 3D प्रिंटिंग प्रौद्योगिकियों की तुलना में सबसे कम आयामी सटीकता और संकल्प है, इसलिए यह जटिल विवरण वाले भागों के लिए उपयुक्त नहीं है।
5. FDM भागों में दृश्य परत रेखाएं होने की संभावना है, इसलिए एक चिकनी परिष्करण के लिए पोस्ट प्रोसेसिंग की आवश्यकता होती है।
6. परत आसंजन तंत्र FDM भागों को अनिसोट्रोपिक बनाता है।

नीचे दी गई तालिकामें FDM की मुख्य विशेषताओं को संक्षेपित किया गया है:

तालिका 6.2

|                      | Fused Deposition Modeling (FDM)                                                                       |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Materials            | Thermoplastics (PLA, ABS, PETG, PC, PEI etc.)                                                         |
| Dimensional accuracy | $\pm 0.5\%$ (lower limit $\pm 0.5$ mm) – desktop $\pm 0.15\%$ (lower limit $\pm 0.2$ mm) – industrial |
| Typical build size   | 200 × 200 × 200 mm – desktop 1000 × 1000 × 1000 mm – industrial                                       |
| Common layer height  | 50 to 400 microns                                                                                     |
| Support              | Not always required (dissolvable available)                                                           |

## 6.10 अंगूठे का नियम (Rules of Thumb)

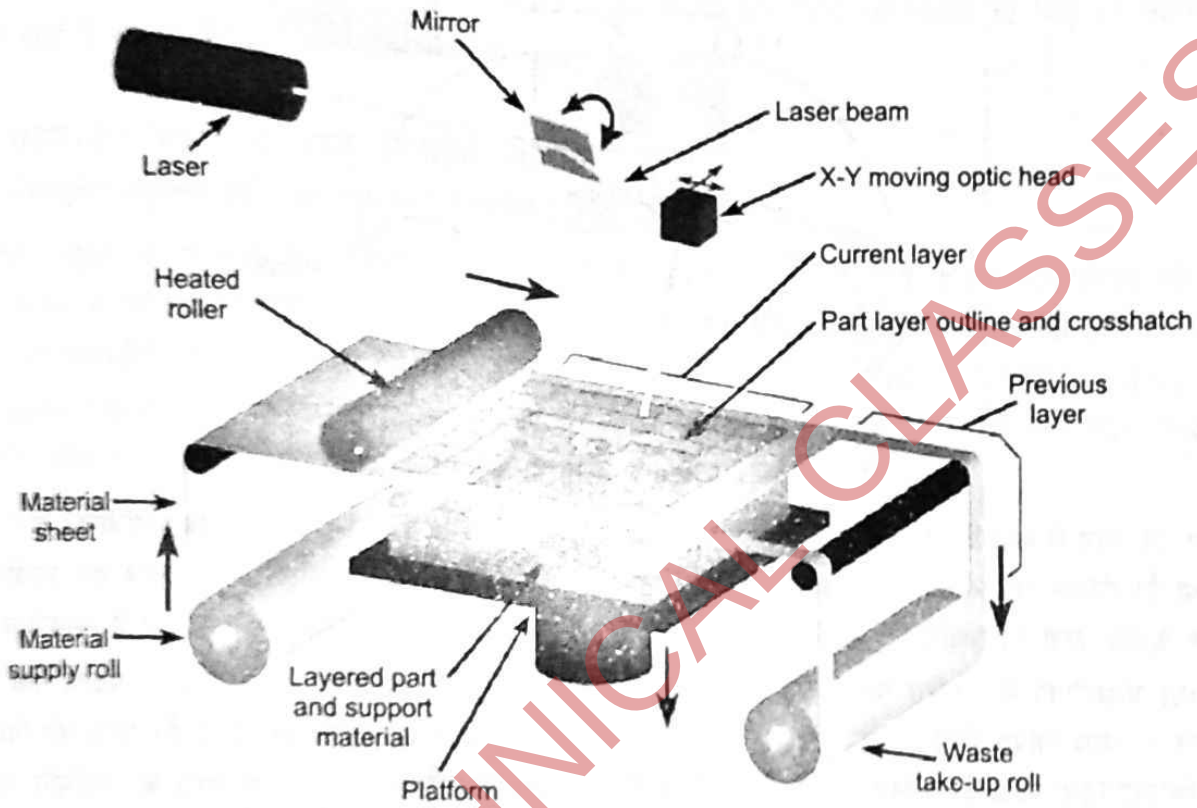
- FDM, थर्मोप्लास्टिक्स पदार्थ की एक विस्तृत श्रृंखला से कम लागत पर और तेजी से प्रोटोटाइप और कार्यात्मक भागों का उत्पादन कर सकते हैं।
- डेस्कटॉप FDM 3D प्रिंटर का विशिष्ट बिल्ड आकार 200 × 200 × 200 मिमी है। औद्योगिक मशीनों का आकार बड़ा होता है।
- बड़े सपाट क्षेत्रों से बचकर और तेज कोनों में पट्टिका (fillets) जोड़कर मुड़ने (warping) को कम करते हैं।
- FDM स्वाभाविक रूप से अनिसोट्रोपिक है, इसलिए यह यंत्रवत् महत्वपूर्ण घटकों के लिए अनुशंसित नहीं है।

## 6.11 परत-दर-परत वस्तु निर्माण (Laminated Object Manufacturing):

लैमिनेटेड ऑब्जेक्ट मैनुफैक्चरिंग एक कम ज्ञानयुक्त एडिटिव मैनुफैक्चरिंग प्रोसेस है, जहाँ एक ऑब्जेक्ट बिल्ड मैटेरियल की चादरें बिछाकर बनाया जाता है। उन्हें हीट और प्रेशर के जरिए बॉन्ड किया जाता है और फिर उन्हें ब्लेड या कार्बन



लेजर का इस्तेमाल करके मनचाहे आकार में काट दिया जाता है। इस प्रक्रिया में, मानक A4 या पत्र-आकार के कागज की शीटों को टंगस्टन कार्बाइड ब्लेड का उपयोग करके आकार में काटा जाता है और फिर पानी आधारित चिपकने वाले चुनिंदा बूंदों द्वारा बंधित किया जाता है। अंतिम भाग बनाने वाले क्षेत्रों को चिपकने वाला एक उच्च एकाग्रता प्राप्त होती है, जबकि समर्थन या आधार के लिए उपयोग किए जाने वाले क्षेत्र कम प्राप्त होते हैं।



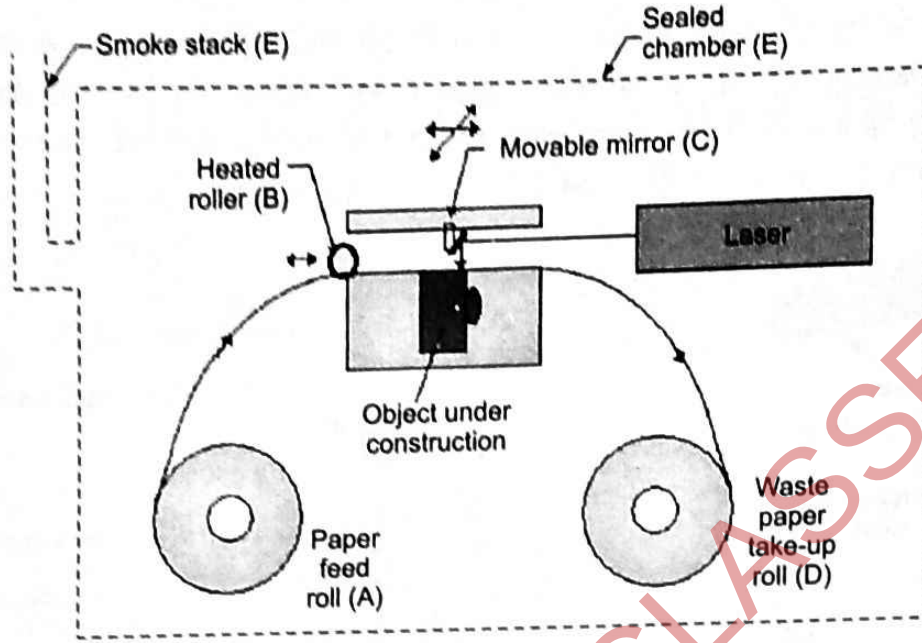
चित्र 6.17—Laminated Object Manufacturing

मूल रूप से हेलिसिस (अब क्यूबिक टेक्नोलॉजीज) द्वारा विकसित, LOM प्रक्रिया एक प्रणाली का उपयोग करती है जहां निर्माण पदार्थ की एक सतत शीट फ्रीड रोलर्स की एक प्रणाली द्वारा बिल्ड प्लेटफॉर्म पर खींची जाती है। कागज और प्लास्टिक निर्माण पदार्थ के लिए, शीट को एक चिपकने वाले पदार्थ में लेपित किया जा सकता है। एक गर्म रोलर पदार्थ के ऊपर से गुजरता है। चिपकने वाले पदार्थ को पिघलाता है और प्लेटफॉर्म पर पदार्थ को नीचे दबाता है। एक ब्लेड या लेजर तब पदार्थ में वांछित पैटर्न को काट देता है और अप्रयुक्त पदार्थ को पार कर जाता है ताकि इसे बाद में हटाया जा सके। एक रोल-अप रोल शेष पदार्थ को हटा देता है। अंत में, बिल्ड प्लेटफॉर्म एक परत की मोटाई को गिरा देता है। अगले पदार्थ को प्लेटफॉर्म पर खींच लिया जाता है और प्रक्रिया को दोहराया जाता है।

निर्माण पदार्थ की कठोरता का अर्थ है कि निर्माण प्रक्रिया के दौरान किसी सहायक पदार्थ की आवश्यकता नहीं है। काटने की प्रक्रिया के दौरान वस्तु के भीतर के आंतरिक भाग भारी रूप से काट दिए जाते हैं, जिससे पदार्थ को आसानी से हटाया जा सकता है। प्रक्रिया की प्रकृति का अर्थ है कि किसी संलग्न कक्ष की आवश्यकता नहीं है, यद्यपि परतों के ठीक से फ्यूज होने के लिए कुछ पर्यावरणीय परिस्थितियों को बनाए रखा जाना आवश्यक है।

LOM प्रक्रिया के कुछ लाभ यह है कि उपयोग की जा रही पदार्थ सुसंगत, आसानी से उपलब्ध और अच्छी तरह से समझी जा सकती हैं। उपयोग किए जाने वाले बाध्यकारी राल के प्रकार के आधार पर, LOM सबसे बड़े ऑपरेटिंग वॉल्यूम में से एक प्रदान करता है।



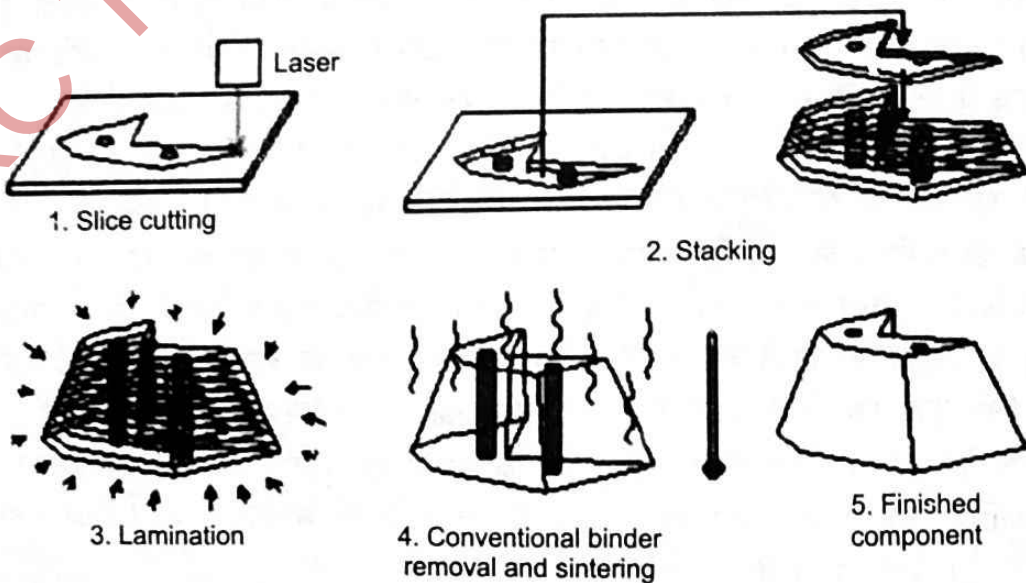


चित्र 6.18—Laminated Object Manufacturing

परत-दर-परत में वस्तु विनिर्माण एक 3D प्रिंटिंग विधि है, जिसे हेलिसिस इंक (अब क्यूबिक टेक्नोलॉजीज) द्वारा विकसित किया गया है। लेकिन इस प्रक्रिया के दौरान पदार्थ, प्लास्टिक या लेयर्स पेपर की परतें गर्मी और दबाव का उपयोग करके, एक साथ जुड़ती जाती हैं। यद्यपि यह तकनीक कुशल, सस्ती और काफी तेज है, फिर भी यह वास्तव में लोकप्रिय नहीं है।

LOM प्रौद्योगिकी में, स्तरित पदार्थ को बिल्डिंग प्लेटफॉर्म पर रोल किया जाता है। समान्यतः, पदार्थ एक चिपकने वाली परत के साथ लेपित होती है और चिपकने वाला पदार्थ पिघलाने के लिए रोलर गर्म होता है। परत को पिछले एक परत से चिपका दिया जाता है। अंतिम ऑब्जेक्ट के निष्कर्षण को सुविधाजनक बनाने के लिए वस्तु के ज्यामिति को खींचने और शेष सतह पर क्रॉस खींचने के लिए एक ब्लेड या लेजर का उपयोग किया जाता है। अंत में, बिल्डिंग प्लेटफॉर्म में अंतिम ऑब्जेक्ट्स से बना एक ब्लॉक होता है जिसे वापस लेना होता है।

कागज का उपयोग करके प्रिंट हुई वस्तुएँ, फिर लकड़ी की तरह के गुणों पर ले जाती हैं। जबकि कागज की वस्तुओं को आमतौर पर नमी को बनाए रखने के लिए पेंट या लाह के साथ सील किया जाता है।



चित्र 6.19—CAM-LEM



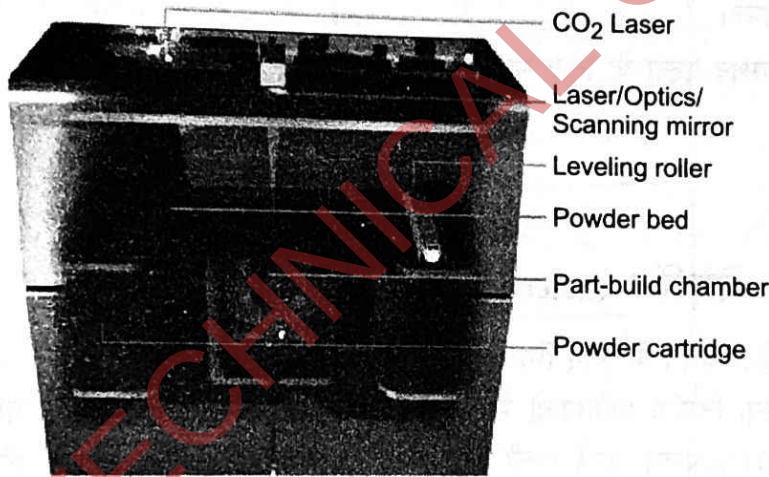
## 6.12 3D प्रिंटिंग तकनीक के साथ उपयोग की गई सामग्रियां:

यह तकनीक बहुत बहुमुखी है क्योंकि लगभग किसी भी पदार्थ को चिपकाकर कार्यखंड का निर्माण किया जा सकता है। इस योज्य निर्माण प्रक्रिया के दौरान, चिपकने वाला-लेपित कागज, प्लास्टिक या धातु की परतें क्रमिक रूप से एक साथ चिपकी होती हैं। उपयोग की जाने वाली अधिक सामान्य पदार्थ कागज है क्योंकि यह आसानी से कट जाती है। काटने के चरण के दौरान ब्लेड या लेजर का उपयोग करके प्लास्टिक का भी उपयोग किया जा सकता है। धातु की चादरें अधिक असामान्य होती हैं क्योंकि काटने की अवस्था अधिक जटिल होती है।

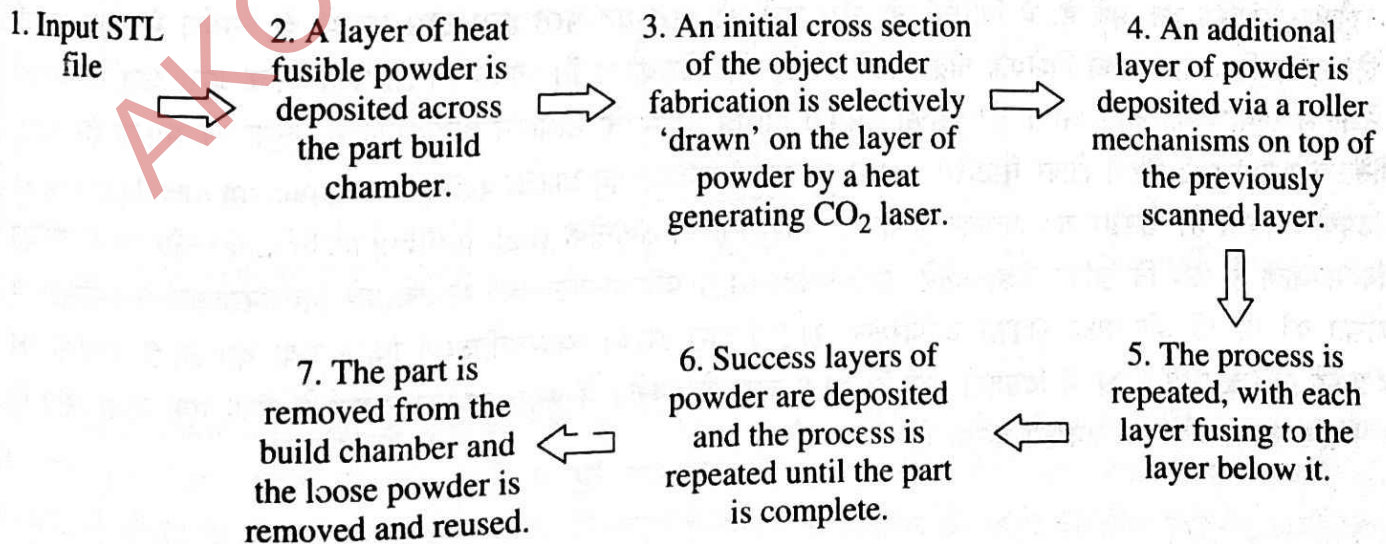
## 6.13 परत-दर-परत में वस्तु निर्माण के अनुप्रयोग

(Applications of Laminated Object Manufacturing):

LOM मशीनें मुख्य रूप से तेजी से प्रोटोटाइप प्लास्टिक भागों के लिए उपयोग की जाती हैं। इसकी कम कीमत और तेजी से प्रोटोटाइप बनाने में आसानी होती है, भले ही उत्पादित वस्तुएं अंत-उपयोग वाले हिस्सों से दूर हों। इसके अलावा, लैमिनेटेड ऑब्जेक्ट मैनुफैक्चरिंग वास्तव में सटीक मॉडल नहीं बना सकता है जैसे कि चयनात्मक लेजर सिंटरिंग (SLS), या यहां तक कि Stereolithography (SLA) जैसी तकनीकें। जटिल ज्यामिति को प्रिंटिंग करना संभव नहीं है, लेकिन इसकी सस्ती प्रक्रिया और फ्रीफॉर्म निर्माण प्रक्रिया इसे एक अच्छी प्रोटोटाइप तकनीक बना रही है।



चित्र 6.20—The Sinterstation 2500 System Process Chamber





### 6.14 लाभ व हानियाँ (Advantages and Disadvantages):

#### लाभ (Advantages):

1. बड़े आकार के मॉडल का उत्पादन करने की क्षमता है इसमें बहुत सस्ती कागज या प्लास्टिक का उपयोग करते हैं।
2. तेजी से और सही वस्तु हैंडलिंग सामर्थ्य।
3. पर्यावरण के अनुकूल।
4. स्वास्थ्य के लिए हानिकारक नहीं है।

#### हानियाँ (Disadvantages):

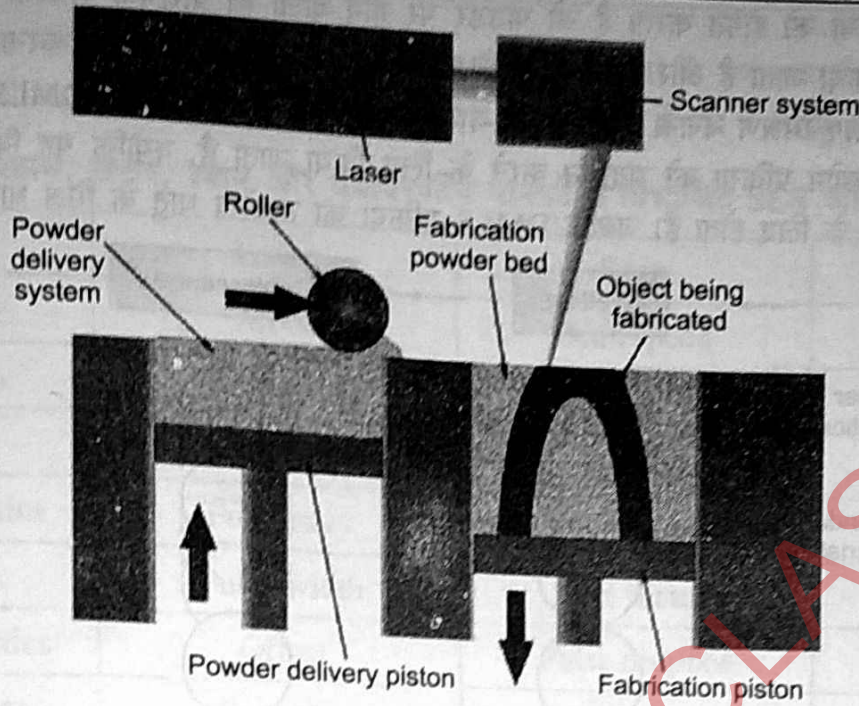
1. बहुत श्रम की आवश्यकता होती है।
2. आग का खतरा हो सकता है।
3. खत्म, सटीकता और कागज वस्तुओं की स्थिरता अन्य RP विधियों के साथ इस्तेमाल पदार्थ के रूप में अच्छा नहीं है।
4. निवेश कास्टिंग पैटर्न।
5. अवधारणा का सत्यापन।
6. सिलिकॉन-रबर इंजेक्शन टूल्स के लिए मास्टर्स।
7. फ्रिट जांच।
8. प्रत्यक्ष उपयोग।

### 6.15 चयनात्मक लेज़र सिंटरिंग (Selective Laser Sintering):

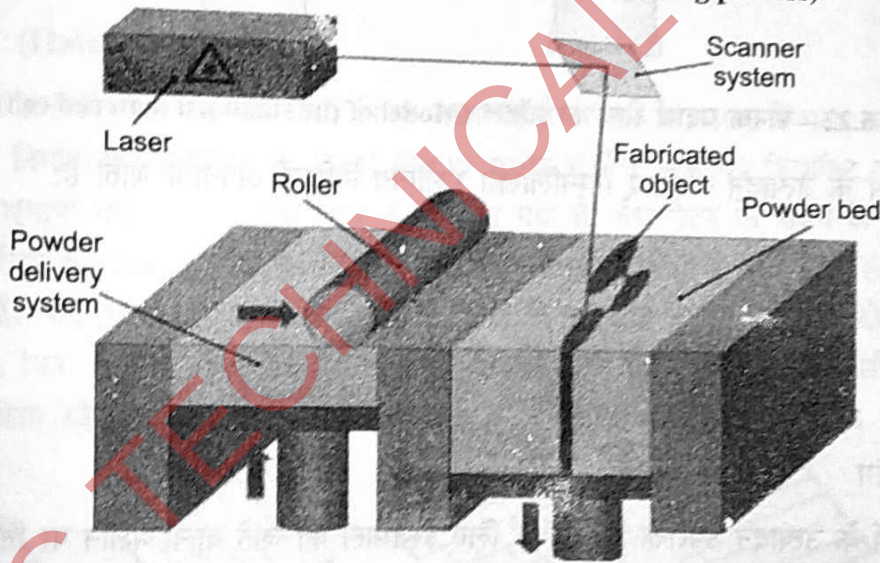
उत्पाद विकास के समय को छोटा करने के लिए पिछले 10-15 वर्षों में Additive विनिर्माण प्रक्रियाओं को विकसित किया गया है। सभी तकनीकें पारंपरिक निर्माण प्रक्रियाओं में उपयोग किए जाने वाले सांचों या औजारों का उपयोग किए बिना, कम्प्यूटर एडेड डिज़ाइन (CAD) उत्पादन करने वाली परत-परत तकनीक का उपयोग करके सीधे त्रि-आयामी घटकों को बनाने के सिद्धांत पर आधारित हैं। विशेष रूप से धातु प्रोटोटाइप तकनीक SLS, इंकजेट 3D प्रिंटिंग (3DP) तकनीक, चयनात्मक लेज़र द्वारा पिघलने (SLM) आदि के लिए, विभिन्न प्रकार की परत निर्माण तकनीक उपलब्ध हैं।

लेज़र-सिंटरिंग का अर्थ है, वे विधियाँ जो ठोस चूर्ण की परत-दर-परत द्वारा ठोस पदार्थों के निर्माण में मदद करती हैं। लेज़र सिंटरिंग प्रक्रिया की विशेषता तीव्र सिंटरिंग और तीव्र ठोसकरण है। भविष्य में SLS तकनीक द्वारा धातु के घटकों के तेजी से निर्माण की बड़ी क्षमता है। इसका उपयोग विभिन्न प्रकार के उत्पादन अनुप्रयोगों में किया जा सकता है। SLS मशीनें, जैसे-डायरेक्ट मेटल लेज़र सिंटरिंग (DMLS) एकल घटक धातु पाउडर (single component metal powders) का उपयोग करती हैं। पाउडर का उत्पादन समान्यतः बॉल मिलिंग तकनीक (ball milling technique) और अन्य तरीकों से किया जाता है जैसे कि द्रवित बेड, ब्लेड, ब्रश आदि। SLS प्रक्रिया मूल रूप से टेक्सास विश्वविद्यालय में ऑस्टिन में विकसित की गई थी और फिर DTM कॉर्पोरेशन (U.S.) द्वारा इसका व्यवसायीकरण किया गया था। SLS प्रणाली का योजनाबद्ध आरेख चित्र 6.21 में दिखाया गया है। SLS एक ठोस स्रोत में फ्यूज पाउडर पदार्थ के लिए एक ऊर्जा स्रोत के रूप में एक लेज़र बीम का उपयोग करता है।





चित्र 6.21(a)—लेज़र सिंटरिंग प्रक्रिया (Laser sintering process)



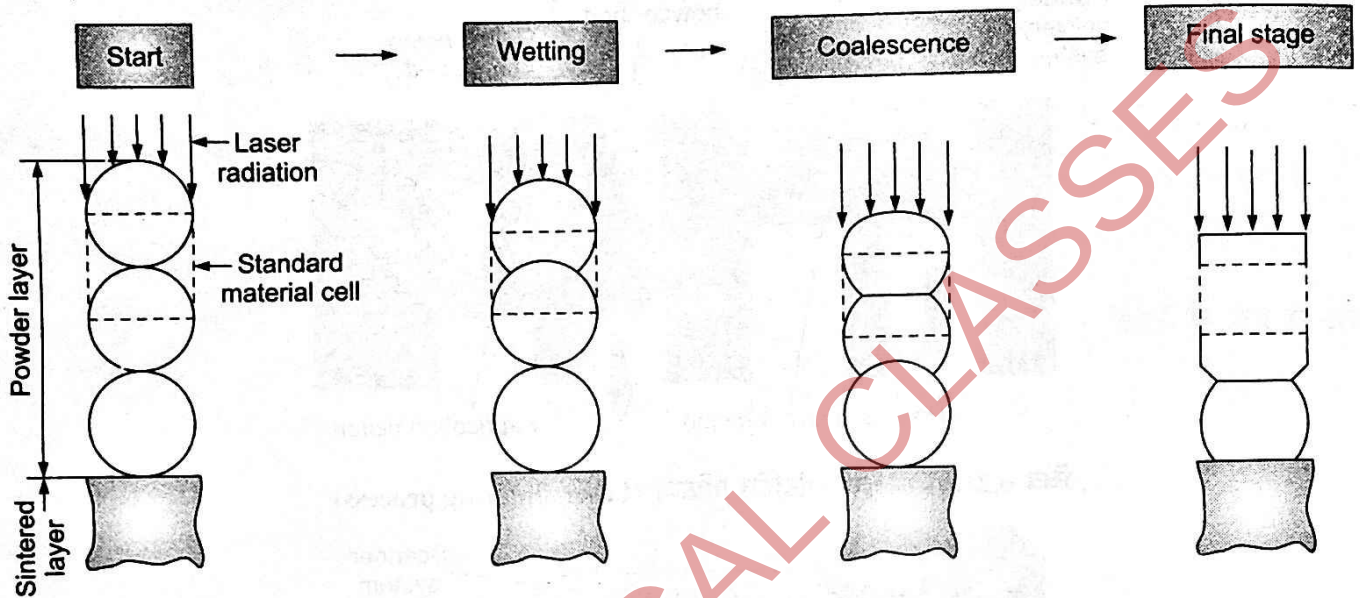
चित्र 6.21(b)—लेज़र सिंटरिंग प्रक्रिया (Laser sintering process)

लेज़र सिंटरिंग तकनीकों प्रक्रिया में डिज़ाइनर एक हिस्से को डिज़ाइन करता है, अगले भाग को आवश्यक सॉफ्टवेयर का उपयोग करके क्षेत्रीय तल पर काटा जाता है। उत्पादन मशीन में एक कक्ष पाउडर से भरा होता है। एक लेज़र पाउडर के ऊपर चलता है, इसे ठोस बनाता है और पदार्थ की एक पतली परत का निर्माण करता है। परत के बाद परत नीचे से ऊपर तक बनाई जाती है, जब तक कि भाग समाप्त नहीं हो जाता। बचा हुआ पाउडर फिर से उपयोग करने योग्य होता है, जिससे कोई अपशिष्ट नहीं निकलता है।

शब्द SLS का उपयोग कई बार लेज़र बनाने वाली प्रक्रियाओं का वर्णन करने के लिए किया जाता है। दो ठोसकरण तरीकों (solidification method) के बीच के अंतर के कारण SLS कुछ समय के लिए SLM से अलग होता है, क्योंकि इससे संबंधित तंत्र तरल पदार्थ को तरल चरण में पूरी तरह से पिघलाने से संबंधित है। जबकि लेज़र-सिंटरिंग कणों को एक-दूसरे से जोड़ने के लिए केवल पाउडर कणों की सतह द्रवीकरण से संबंधित है। लेज़र-सिंटरिंग और लेज़र-मेल्टिंग का उपयोग कभी-कभी पारस्परिक रूप से किया जाता है।



चित्र 6.22 उस प्रक्रिया को इंगित करता है जो पाउडर पर होने वाली है। प्रारंभिक अवस्था में जहां चूर्णों को एक के ऊपर एक व्यवस्थित किया जाता है और लेज़र गतिविधि के माध्यम से पाउडर को गीला करना प्रारम्भ किया जाता है, फिर एक भाग बनाने के लिए मिश्रण बनाना और अंत में बंधन बनाना होता है। SLS और DMLS अनिवार्य रूप से एक ही चीज हैं। SLS का उपयोग प्रक्रिया को संदर्भित करने के लिए किया जाता है, क्योंकि यह विभिन्न प्रकार के पदार्थों, प्लास्टिक, कांच, सिरेमिक के लिए होता है। जबकि DMLS प्रक्रिया का उल्लेख धातु के मिश्र धातुओं पर लागू होता है।



चित्र 6.22—मानक पदार्थ सेल का मॉडल (Model of the standard material cell)

लेज़र सिन्टरिंग पाटर्स के उत्पादन के लिए निम्नलिखित मशीनिंग विधियाँ अपनायी जाती हैं:

- लेज़र सिन्टरिंग
- हैच पैटर्न
- पोस्ट प्रोसेसिंग
- पदार्थ के प्रकार और
- पाटर्स फैब्रिकेटिंग

लेज़र सिन्टरिंग पाटर्स के उत्पादन उपरोक्त विधियों के लिए इस्तेमाल की जाने वाली मशीन पर निर्भर करता है। उपरोक्त बिन्दुओं का उल्लेख निम्नलिखित अनुभाग में सूचीबद्ध हैं:

### 6.15.1 पूर्व प्रसंस्करण (Pre-processing)

चूर्ण का निक्षेपण और सिन्टरिंग का तंत्र पूरी तरह से कुछ कारकों पर निर्भर है जैसे,

- पाउडर का घनत्व,
- आकार और माप,
- प्रवाह दर

पाउडर धातु परतों के बेहतर sintering के लिए, घनत्व में वृद्धि होनी चाहिए। साधारण कण उच्च घनत्व, उपयुक्त आकार और उपयुक्त रचना की छिद्रपूर्ण परतें बनाते हैं। SLS प्रक्रिया को प्रारम्भ करने से पहले कण आकार और सतह को सही किया जाता है। उचित प्रक्रिया मापदंडों अर्थात् पदार्थ, लेज़र और स्कैन पर्यावरणीय मापदंडों का चयन करके पाउडर



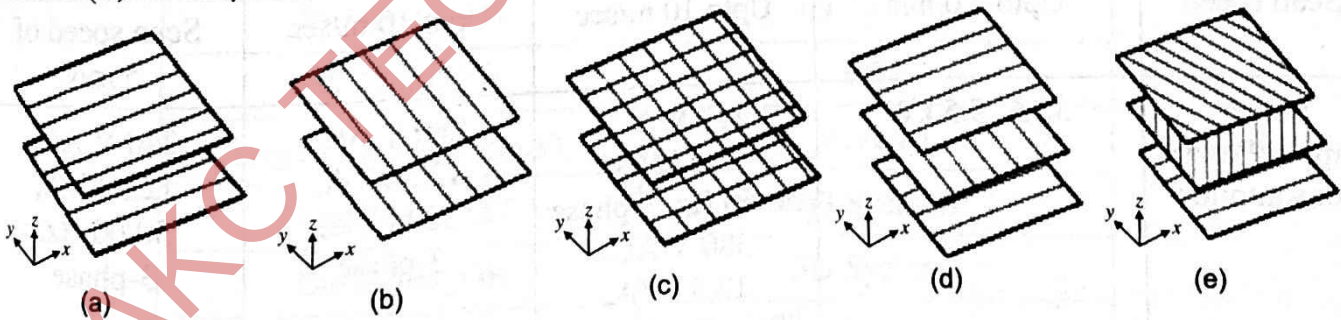
सिंटरिंग क्षमता में सुधार किया जाता है। तालिका 6.3 प्रक्रिया मापदंडों के बारे में वर्णन करती है जो SLS दृष्टिकोण से महत्वपूर्ण हैं। कभी-कभी पदार्थ और लेजर पैरामीटर इस कारण से भिन्न होते हैं कि वे मशीन पर निर्भर होते हैं।

तालिका 6.3—पदार्थ, लेजर, स्कैन और पर्यावरणीय मानकों में विभाजित SLS की प्रक्रिया पैरामीटर।

| Material           | Laser       | Scan            | Environment          |
|--------------------|-------------|-----------------|----------------------|
| Composition        | Mode        | Scan speed      | Preheating           |
| Power density      | Wave length | Hatching space  | Pressure             |
| Morphology         | Power       | Layer thickness | Gas type             |
| Diameter of grains | Frequency   | Scan strategy   | O <sub>2</sub> Level |
| Distribution       | Pulse width | Scan sectors    |                      |
| Thermal properties | Offset      | Pulse distance  |                      |
| Flow properties    | Spot size   | Scaling factors |                      |

### 6.15.2 हैच पैटर्न (Hatch pattern)

लेजर सिंटरिंग विधि के लिए एक पथ का चयन किया जाता है। हैच पैटर्न के चयन में परत की आवश्यकतानुसार मोटाई से भाग की परत का निर्माण करना निहित है, DMLSEOS मशीन में हैच पैटर्न का डिफॉल्ट मूल्य परतों को स्कैन करने की दिशा को 67° में घुमाया गया है, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। हैच पैटर्न के चयन के लिए चार विकल्प हैं और वे  $x, y$  के साथ हैं। चित्र 6.23(a)  $X$  अक्ष के साथ की गई स्कैनिंग को दिखाता है और चित्र 6.23(b)  $Y$  के साथ की गई स्कैनिंग को दर्शाता है। यदि  $X$  और  $Y$  दोनों विकल्पों का चयन किया जाता है, तो परत पर दोहरा एक्सपोजर होगा, एक बार  $X$  के साथ और फिर  $Y$  जैसा कि चित्र 6.23(c) में दिखाया गया है।  $X$ - $Y$  दिशा में बारी-बारी से, परतों की परत (चित्र 6.23(d) के लिए स्कैनिंग की दिशा बदल जाती है।



चित्र 6.23—विभिन्न हैच पैटर्न या स्कैनिंग विधियाँ (Different hatch patterns or scanning strategies)

### 6.15.3 पोस्ट प्रोसेसिंग (हाइब्रिड डायरेक्ट लेजर फैब्रिकेशन)

[Post Processing (Hybrid Direct Laser Fabrication)]

DLF, LENS और DMD जैसी कुछ प्रत्यक्ष लेजर निर्माण प्रक्रियाओं का उद्देश्य प्रत्येक परत में पूरे घनत्व के लिए पाउडर को फ्यूज करना है। SLS सैद्धांतिक घनत्व के 92 प्रतिशत से अधिक एक भाग घनत्व के साथ जटिल आकार के धातु के घटकों का उत्पादन कर सकता है। यह वह भिन्नात्मक घनत्व है जिस पर पोरसिटी समान्यतः परस्पर जुड़ी या बंद सतह से होती है। प्रत्येक परत क्रॉस-सेक्शन के अंदरूनी हिस्से में पाउडर वैकल्पिक रूप से एक मध्यवर्ती घनत्व के लिए



लेजर को सिंटर किया जा सकता है जो समान्यतः सैद्धांतिक घनत्व के 80 प्रतिशत से अधिक होता है। SLS द्वारा निर्मित शुद्ध-आकार का हिस्सा सीधे बिना कंटेनर गर्म किए आइसोस्टैटिक प्रेसिंग (HIP) द्वारा पूरा घनत्व प्राप्त करते हैं। इसके लिए पोस्ट-प्रोसेस किया जाता है। SLS/HIP एक यौगिक प्रत्यक्ष लेजर निर्माण विधि है जो दोनों प्रक्रियाओं की सामर्थ्य को जोड़ती है। यौगिक निर्माण विधि का उपयोग, पारंपरिक धातु के लिए एक तेज, कम लागत वाली प्रतिस्थापन के रूप में की गई। हाइब्रिड फैब्रिकेशन के माइक्रोस्ट्रक्चर और मैकेनिकल प्रॉपर्टीज़ (SLS प्रोसेस्ड और हॉट आइसोस्टैटिकली प्रेस की गई) पोस्ट-प्रोसेस्ड मैटीरियल पारंपरिक रूप से प्रोसेस्ड मटेरियल के साथ अच्छी तरह से संबंध रखते हैं। SLS में उपयोग किए जाने वाले M2 उच्च गति स्टील पाउडर पूर्ण घनत्व पर प्रसंस्करण नहीं करता है। लेजर सिंटरिंग प्रक्रिया में बहुत तेज़ी से सिंटरिंग और सॉलिडिफिकेशन करने की विशेषता है। परतवार निर्माण विधि के कारण, भागों में एक निश्चित एनिसोट्रॉपी होती है, जिसे उचित गर्मी उपचार और अन्य प्रक्रियाओं द्वारा कम या हटाया जा सकता है। टाइटेनियम Ti6Al4V में निर्मित भागों ASTM F1472 (सर्जिकल प्रत्यारोपण अनुप्रयोगों के लिए मानक टाइटेनियम या टाइटेनियम मिश्र धातु के लिए मानक विशिष्टता) की आवश्यकताओं को पूरा करते हैं।

वर्तमान में लेजर सिंटरिंग सिस्टम के दो निर्माता हैं: 3D सिस्टम, Inc. और EOS GmbH। तालिका 6.4 में SLS मशीनों के प्रकार और SLS घटकों के उत्पादन के लिए उपयोग की जाने वाली पदार्थ पर प्रकाश डाला गया है।

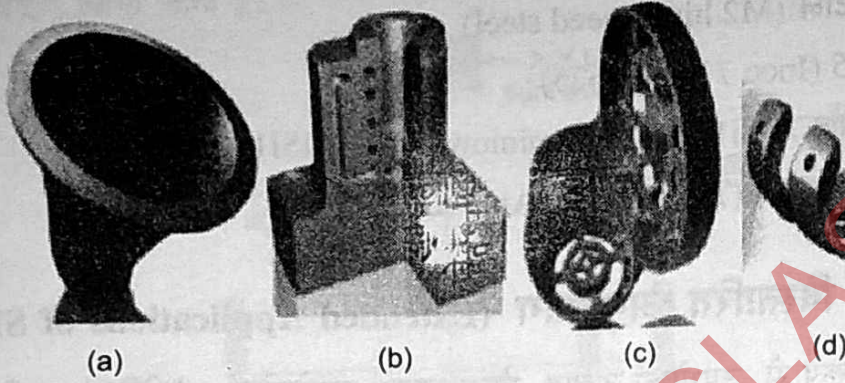
तालिका 6.4—SLS मशीनें

| Technical Data                                | EOSINT M270                                                                                                   | Sinterstation®<br>HiQ™ SLS®                                                    | Vanguard™ HS                          | Sinterstation<br>250 plus             |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Building volume (including building platform) | 250 × 250 × 215 mm                                                                                            | W381 × D330 × H457 mm                                                          | W355.6 × D304.8 × H431.8 mm           | 380 × 330 × 450 mm                    |
| Laser type                                    | Continuous wave Nd:YAG fiber laser 200 W                                                                      | 50 watt CO <sub>2</sub> laser                                                  | 25 or 100 Watt CO <sub>2</sub>        | 50 or 100 Watt CO <sub>2</sub>        |
| Scan speed                                    | Upto 7.0 m/s                                                                                                  | Upto 10 m/sec                                                                  | Upto 10 m/sec                         | Scan speed of 5 m/s                   |
| Power supply/Power consumption                | 32 A, 5.5 kW                                                                                                  | 240 V AC, 12.5 kVA, 50/60 Hz, 3-phase<br>380 V AC, 12.5 kVA, 50/60 Hz, 3-phase | 240 V AC, 12.5 kVA, 50/60 Hz, 3-phase | 240 V AC, 12.5 kVA, 50/60 Hz, 3-phase |
| Material                                      | EOS Maraging steel AlSi10Mg<br>EOS Stainless steel 17-4<br>EOS Cobalt Chrome<br>EOS Titanium Ti64*<br>Ti6Al4V | LaserForm™ A6                                                                  | LaserForm ST-200<br>LaserForm ST-100  | LaserForm (stainless steel)           |



चित्र 6.24 HDLF के अनुप्रयोग के उदाहरण:

- स्टेनलेस स्टील में छलनी GP1 (Sieve in Stainless Steel GP1),
- मार्जिंग स्टील में उपकरण कोर MS1 (Tool Core in Maraging Steel MS1),
- कोबाल्ट क्रोम में घुटने का प्रत्यारोपण MP1 (Knee Implant in Cobalt Chrome MP1),
- टाइटैनियम में ह्यूमरल माउंट Ti64 (Humeral Mount in Titanium Ti64)



चित्र 6.24

## 6.16 लेजर सिंटरिंग ऑपरेशन में प्रयुक्त पदार्थ (Material Used in Laser Sintering Operation)

### 6.16.1 SLS पॉलिमर पदार्थ (SLS Polymer Materials)

तालिका 6.5 में SLS टेक्नोलॉजी में उपयोग किये जाने वाले सामान्य PA12 पाउडर पॉलिमर पदार्थ दिये गये हैं।

तालिका 6.5

| Trade name            | Supplier   |
|-----------------------|------------|
| DuraForm_PA           | 3D-Systems |
| PA 2200/2201          | EOS        |
| Orgasol Invent Smooth | Arkema     |
| DuraForm_HST          | 3D-Systems |
| DuraForm_GF           | 3D-Systems |
| PA3200 GF             | EOS        |
| Alumide               | EOS        |
| CarboMide             | EOS        |

### 6.16.2 SLS (DMLS): धातु पदार्थ

- 316 एल स्टील (316L steel)
- लेजरफॉर्म A6 (Laserform A6)
- LaserForm™ ST-100 पाउडर (LaserForm™ ST-100 Powder)



4. लेजरफार्म ST-200 (LaserForm ST-200)
5. 17-4 स्टेनलेस स्टील (17-4 Stainless Steel)
6. 15-5 स्टेनलेस स्टील (15-5 Stainless Steel)
7. कोबाल्ट क्रोम (Cobalt Chrome)
8. मार्जिंग स्टील MS1 (Maraging Steel MS1)
9. एम 2 हाई-स्पीड स्टील (M2 high-speed steel)
10. इन्को 718 और 625 (Inco 718 and 625)
11. एल्यूमीनियम मिश्र धातु AlSi10MG (Aluminium Alloy AlSi10MG)
12. टाइटेनियम Ti6Al4V/ELI (Titanium Ti6Al4V/ELI)

### 6.17 SLS प्रक्रिया के विस्तारित अनुप्रयोग (Extended Applications of SLS Process):

SLS और DMLS ने विशेष रूप से, उपभोक्ता उत्पाद, मोटर वाहन, एयरोस्पेस, एथलेटिक फुटवियर उपकरण और मोटर खेल उद्योगों और कई क्षेत्रों में अपनी छाप छोड़ी है। चिकित्सा और एयरोस्पेस अनुप्रयोगों के लिए सबसे लोकप्रिय में से एक टाइटेनियम मिश्र धातु Ti6Al-4V है। SLS प्रक्रिया में इनवेस्टमेंट कास्टिंग प्रक्रिया का उपयोग जल्दी से मोम पैटर्न का उत्पादन करने के लिए किया जाता है। जो भागों के प्रोटोटाइप तेजी से बनाने में सहायता करता है। परिवहन उद्योग में, इंजन या ड्राइव ट्रेन पर उपयोग के लिए कार्यात्मक धातु प्रोटोटाइप बनाने के लिए मोम पैटर्न का उपयोग किया जाता है।

मेडिकल प्रोस्थेटिक्स उद्योग में, कस्टम मेड प्रोस्थेटिक इम्प्लांट को कैट स्कैन डेटा से इनवेस्टमेंट कास्टिंग मोम में जल्दी से बनाया जा सकता है, फिर अन्य मिश्र धातु में ढाला जा सकता है। SLS ऊतक इंजीनियरिंग, दवा वितरण उपकरणों और हड्डी के मॉडल के निर्माण के लिए बायोइन्जिनियरिंग के क्षेत्र में अपना योगदान दे रहे हैं। SLS का उपयोग एक निश्चित व्यक्ति की शारीरिक रचना के सटीक मॉडल विकसित करने में MRI और सीटी स्कैन (CTSCAN) के डेटा का उपयोग करके खोपड़ी के मॉडल बनाने के लिए किया जाता है, और न्यूरो-सर्जनों के लिए न्यूरो-नेटवर्क में भी इसका इस्तेमाल किया जाता है, जहां यह साबित किया गया है कि ताकत के साथ उत्पन्न SLS में अन्य 3-D प्रिंटिंग विधियों जैसे पॉलीजेट तकनीक से उत्पन्न मॉडल की तुलना में उच्च आयामी सटीकता है।

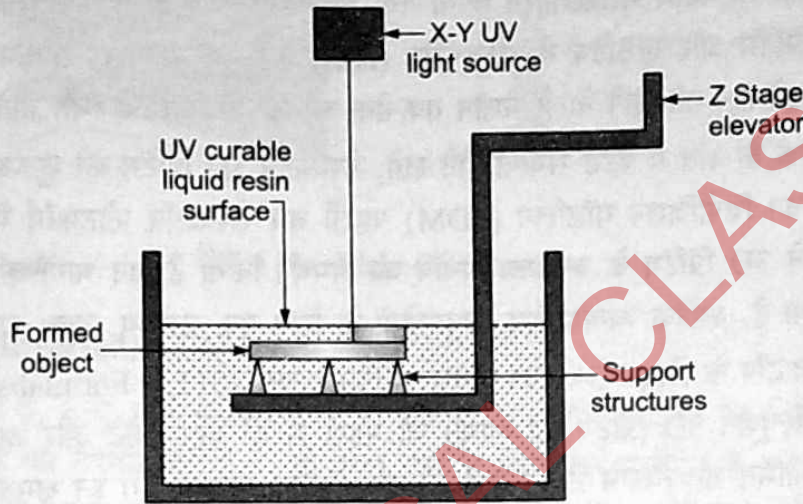
SLS उपकरण जैसे टखने-पैर orthoses के निर्माण में भी उपयोगी है। SLS 3-D प्रिंटिंग अनुकूलित उत्पादों के लिए एक लोकप्रिय तरीका है, जैसे कि श्रवण यंत्र, दंत अनुचर और प्रोस्थेटिक्स। टाइटेनियम आधारित मिश्र धातु व्यापक रूप से लोड-असर अनुप्रयोगों के तहत आर्थोपेडिक और दंत उपकरणों के निर्माण के लिए उपयोग किया जाता है। लेजर सिंटरिंग के प्रमुख अनुप्रयोगों में से एक है खोई हुई या क्षतिग्रस्त जोड़ों को मानव संरचना की खोई हुई संरचना और कार्यों को बहाल करना। जब बायोमेट्रिक के रूप में उपयोग किए जाने वाले सामान्य मिश्र धातुओं के साथ तुलना की जाती है, जैसे कि 316L स्टेनलेस स्टील (190-210 GPa) और Co-Cr मिश्र (210-253 GPa), कम लोचदार मापांक Ti आधारित मिश्र धातु मानव हड्डी के लिए अधिक सामर्थ्य प्रदर्शित करते हैं। प्रत्यक्ष लेजर धातु sintering एक कार्यात्मक रूप से वर्गीकृत पदार्थ के साथ दंत प्रत्यारोपण के निर्माण के लिए एक कुशल तरीका है। हाल के वर्षों में, SLS तकनीक का पता लगाने के लिए टिशू इंजीनियरिंग स्कैफ़ोल्ड्स और पोरस इम्प्लांट्स तैयार किए गए हैं, जिनमें मुख्य रूप से पॉलिमर/सिरेमिक और कंपोजिट्स बायोकंपैटिबल पॉलिमर शामिल हैं।

लेजर सिंटरिंग में इनवेस्टमेंट कास्टिंग, इंजेक्शन मोल्डिंग के लिए धातु के सांचे और डाई कास्टिंग के लिए पैटर्न, और रेत कास्टिंग के लिए नए-नए सांचे और कोर का उपयोग करते हैं।



## 6.18 स्टीरियोलिथोग्राफी (Stereolithography):

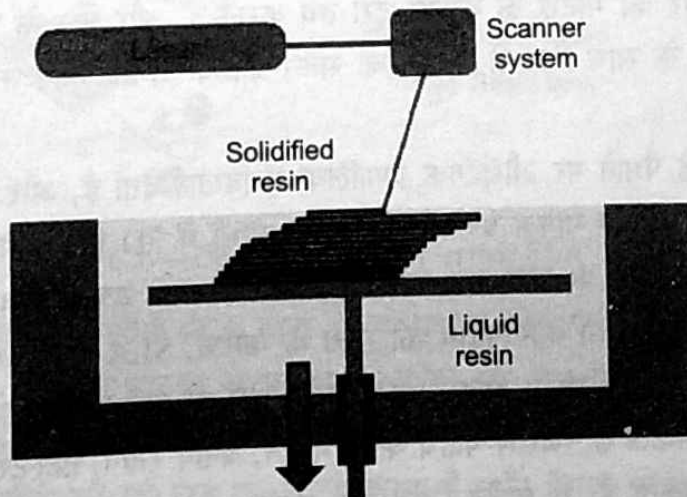
Stereolithography (SLA) 3D प्रिंटिंग की एक एडिटिव मैनुफैक्चरिंग है। यह ऐसी प्रौद्योगिकी है जो तरल पदार्थों को परत-दर-परत ठोस भागों में परिवर्तित करती है, तथा छवि-बहुलकीकरण (photo-polymerization) नामक प्रक्रिया में एक प्रकाश स्रोत का उपयोग करके उन्हें ठीक करती है। SLA व्यापक रूप से इंजीनियरिंग, उत्पाद डिज़ाइन से लेकर विनिर्माण, दंत चिकित्सा, गहने, मॉडल बनाने और शिक्षा उद्योगों की एक श्रृंखला के लिए मॉडल, प्रोटोटाइप, पैटर्न और उत्पादन भागों को बनाने के लिए उपयोग किया जाता है।



चित्र 6.25(a)

1. Machine accept part as an .stl file and slices the file into thin layers (0.004"-0.006" is typical).
2. The part is built in a vat of resin. A layer of photocurable resin sits above the z\_stage elevator shown in diagram
3. A laser scans the surface of this resin, drawing the bottom layer of the part
4. When one layer is complete, the platform drops lower into the vat of resin, fresh resin washes over the part and the layer proceeds to build the next layer.

5. When all layers are complete, the part is cleaned and post-cured.



चित्र 6.25(b)



SLA प्रक्रिया पहली बार 1970 के दशक की शुरुआत में उपयोग में आयी थी, जब जापानी शोधकर्ता Dr. Hideo Kodama ने प्रकाश संश्लेषक पॉलिमर को ठीक करने के लिए पराबैंगनी प्रकाश का उपयोग करने के लिए स्टीरियोलिथोग्राफी के आधुनिक स्तरित दृष्टिकोण का आविष्कार किया था। शब्द स्टीरियोलिथोग्राफी स्वयं Charles (Chuck) W. Hull द्वारा कहा गया था, जिन्होंने 1986 में इस प्रौद्योगिकी का पेटेंट कराया था और इसे व्यवसायिक बनाने के लिए कंपनी 3D सिस्टम की स्थापना की थी। W. Hull ने इस विधि का वर्णन पराबैंगनी प्रकाश द्वारा वक्रित एक पदार्थ की पतली परतों को क्रमिक रूप से 'प्रिंटिंग' करके 3D ऑब्जेक्ट बनाने के रूप में किया था। जो नीचे की परत से शीर्ष परत तक शुरू होता है। बाद में, इसकी परिभाषा को किसी भी पदार्थ में विस्तारित किया गया था जो इसकी भौतिक स्थिति को ठोसकृत करने या बदलने में सक्षम थी। आज, 3D प्रिंटिंग और एडिटिव मैनुफैक्चरिंग (AM) कई अलग-अलग प्रक्रियाओं का वर्णन करते हैं, जो परत निर्माण, पदार्थ और इस्तेमाल की जाने वाली मशीन तकनीक की उनकी विधि में भिन्न होते हैं।

जैसे ही 2000 के दशक के अंत में पेटेंट समाप्त होने लगे, डेस्कटॉप 3D प्रिंटिंग की शुरुआत ने प्रौद्योगिकी तक पहुंच को बढ़ा दिया, जिसमें फ्यूजन डिपोजिशन मॉडलिंग (FDM) पहली बार डेस्कटॉप प्लेटफॉर्म में अपनाई गई। हालांकि इस सस्ती एक्सट्रूजन तकनीक ने 3D प्रिंटिंग के व्यापक उपयोग का समर्थन किया है, इन भागों की गुणवत्ता ने इन मशीनों के उपयोग को सीमित कर दिया है, क्योंकि व्यावसायिक अनुप्रयोगों के लिए पुनः प्रयोज्य, उच्च-सटीक परिणाम महत्वपूर्ण हैं।

SLA ने जल्द ही डेस्कटॉप के लिए FDM का अनुसरण किया, जब 2011 में Formlabs ने तकनीक को अनुकूलित किया। SLA ने उच्च रिज़ॉल्यूशन 3D प्रिंटिंग को लाया। जो पहले से ही बहुत छोटे और अधिक किफायती सेटअप में औद्योगिक प्रणालियों तक सीमित था। जिसमें प्रिंट पदार्थ की एक विस्तृत श्रृंखला थी। इन क्षमताओं ने इंजीनियरिंग, उत्पाद डिज़ाइन और विनिर्माण या दंत और गहने उद्योगों सहित कई कस्टम अनुप्रयोगों के लिए 3D प्रिंटिंग को सुलभ बनाया।

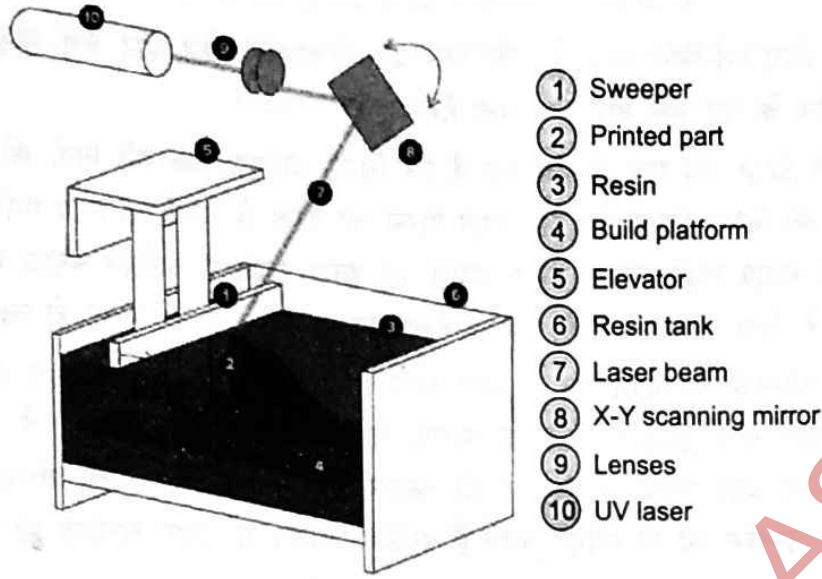
SLA योज्यविनिर्माण (additive manufacturing) प्रौद्योगिकियों के एक समूह से संबंधित है जिसे वात फोटो-पॉइलाइजेशन के रूप में जाना जाता है। इन मशीनों को लगभग एक ही सिद्धांत से बनाया गया है। एक प्रकाश स्रोत (UV लेजर या प्रोजेक्टर) का उपयोग करके कठोर प्लास्टिक को तरल राल में बदला जाता है। मुख्य भौतिक भेदभाव मुख्य घटकों की व्यवस्था में निहित है, जैसे प्रकाश स्रोत, बिल्ड प्लेटफॉर्म, और राल टैंक।

### 6.18.1 राइट-साइड (Right-side SLA):

राइट-साइड-अप SLA मशीनें एक बड़े टैंक के चारों ओर बनाई जाती हैं, जिसमें लिक्विड फोटोपॉलिमर (राल), और प्लेटफॉर्म प्लेट होता है। UV लेजर 3D मॉडल के क्रॉस-सेक्शन को ट्रेस करते हुए, राल की सतह पर केंद्रित होता है। बिल्ड प्लेटफॉर्म तब सिंगल लेयर की मोटाई के बराबर दूरी तय करता है, और वात के पार एक रालफिल्ड ब्लेड स्वीप करता है ताकि इसे ताजा पदार्थ के साथ फिर से बनाया जा सके। प्रक्रिया समाप्त होने तक एक-दूसरे के ऊपर लगातार परतें बनाता है।

इसका उपयोग ज्यादातर बड़े पैमाने पर औद्योगिक प्रणालियों में दिखाई देता है, और डेस्कटॉप सिस्टम की उपस्थिति से पहले यह स्टीरियोलिथोग्राफी के लिए मानक प्रणाली था। इसके लाभों में 3D प्रिंटिंग में कुछ सबसे बड़े बिल्ड वॉल्यूम शामिल हैं, प्रिंट प्रक्रिया के दौरान भागों पर कम बल लगता है, और बदले में उच्च विस्तार और सटीकता प्राप्त होती है। बड़े सेटअप, रखरखाव की आवश्यकताओं और पदार्थ की मात्रा के कारण, SLA के राइट-अप को उच्च प्रारंभिक निवेश की आवश्यकता होती है और इसे चलाना महंगा होता है। पूरे निर्माण क्षेत्र को राल से भरा होना चाहिए, जिसका मात्रा कच्चे माल में 10-100 लीटर तक हो सकता है, जिससे पदार्थ को संभालने, बनाए रखने, फ़िल्टर करने और स्वैप करने के लिए एक समय लेने वाला कार्य हो सकता है। ये मशीनें स्थिर और स्तरीय होने के लिए अत्यधिक संवेदनशील हैं। किसी भी असंगति से मशीनों को ऊपर उठाने में मदद मिल सकती है परन्तु इससे प्रिंट विफलता हो सकती है।

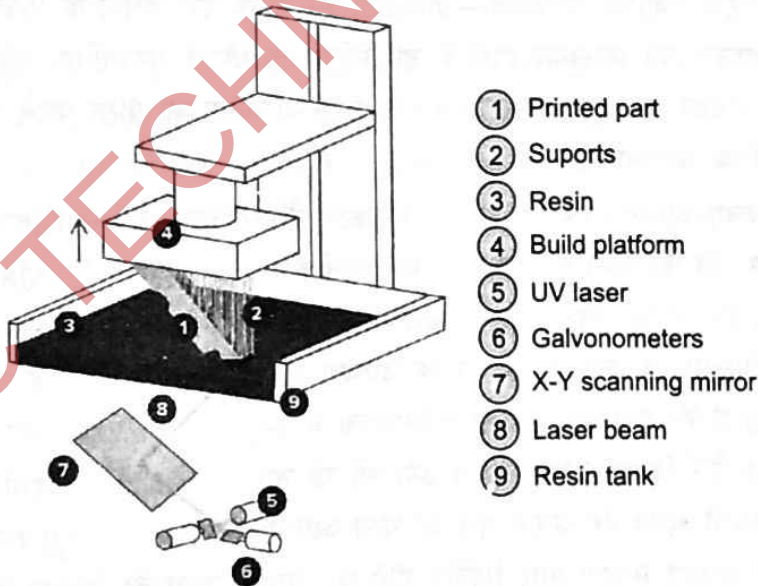




चित्र 6.26—Right-Side Up SLA

### 6.18.2 Upside-down (Inverted) SLA

जैसा कि नाम से पता चलता है, उल्टे स्टीरियोलिथोग्राफी में, प्रक्रिया उलटी हो जाती है। यह विधि पारदर्शी तल और गैर-छड़ी सतह के साथ एक टैंक का उपयोग करती है, जो तरल राल के लिए एक सब्सट्रेट के रूप में कार्य करती है। बिल्ड प्लेटफॉर्म को एक राल टैंक में उतारा जाता है, जिससे बिल्ड प्लेटफॉर्म, या अंतिम पूर्ण परत और टैंक के निचले भाग के बीच की परत की ऊँचाई के बराबर जगह होती है।



चित्र 6.27—Up-Side Down (Inverted) SLA

UV लेज़र दो दर्पण गैल्वेनोमीटर पर इंगित किया जाता है, जो प्रकाश को दर्पणों की एक श्रृंखला पर सही निर्देशांक में निर्देशित करता है। यह वात के नीचे के माध्यम से प्रकाश को ऊपर की ओर केंद्रित करता है और टैंक के तल के खिलाफ फोटोपॉलिमर राल की एक परत को ठीक करता है। वर्टिकल बिल्ड प्लेटफॉर्म और हॉरिज़ॉन्टल टैंक मूवमेंट का एक संयोजन तब टैंक के नीचे से ठीक की गई परत को अलग करता है, और बिल्ड प्लेटफॉर्म ऊपर की ओर ताज़ा राल का प्रवाह करने देता है। प्रक्रिया पूरी होने तक कई बार दोहराता है। अधिक उन्नत प्रणालियों पर, टैंक को एक नियंत्रित



वातावरण प्रदान करने के लिए गर्म किया जाता है, और राल को परिचालित करने और अर्ध-ठीक राल के समूहों को हटाने के लिए परतों के बीच टैंक के पार एक वाइपर गुजरता है।

इस अपसाइड-डाउन SLA का एक फायदा यह है कि बिल्ड वॉल्यूम टैंक की मात्रा को काफी हद तक पार कर सकती है, क्योंकि मशीन को केवल बिल्ड वैट के निचले हिस्से को तरल से ढकने के लिए पर्याप्त पदार्थ की आवश्यकता होती है। यह आमतौर पर बनाए रखने, स्वच्छ, स्वैप पदार्थ को बनाए रखने में आसान बनाता है, और बहुत छोटे मशीन आकार और कम लागत के लिए भी उपयोगी है, जिससे डेस्कटॉप पर SLA लाना संभव हो जाता है।

उलटा SLA अपनी सीमाओं के अपने सेट के साथ आता है। जब यह टैंक की सतह से अलग हो जाता है तो प्रिंट को प्रभावित करने वाली पील बलों (peel forces) के कारण, निर्माण की मात्रा सीमित होती है, और निर्माण प्लेटफॉर्म से जुड़े हिस्से को रखने के लिए बड़ी समर्थन संरचनाओं की आवश्यकता होती है। पील बल अधिक लचीली पदार्थों (~70A के नीचे शोर कठोरता) के उपयोग को भी सीमित करते हैं क्योंकि समर्थन संरचनाएं लचीली भी हो जाती हैं।

### 6.19 बॉल 3 से 2 कण विनिर्माण (Ball 3 to 2 Particle Manufacturing):

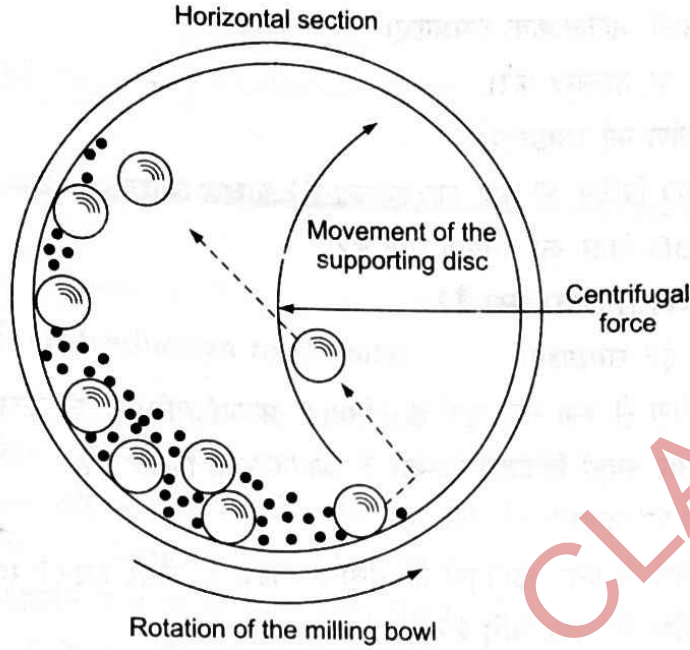
यह एक बॉल मिलिंग प्रक्रिया है, जहाँ बॉल मिल में रखा गया पाउडर मिश्रण गेंदों से उच्च ऊर्जा के साथ टक्कर करता है। इस प्रक्रिया को 1960 के अंत में बेज़ामिन और उनके सहकर्मियों द्वारा इंटरनेशनल निकेल कंपनी में विकसित किया गया था। इस पद्धति में ऑक्साइड कणों ( $Al_2O_3$ ,  $Y_2O_3$ ,  $ThO_2$ ) को Ni आधारित मिश्रधातु में बदला जाता है। Ni-बेस सुपरएलाय पारंपरिक पाउडर धातु विज्ञान विधियों (conventional powder metallurgy methods) द्वारा नहीं बनाया जा सकता था। पदार्थ संश्लेषण के अलावा, उच्च-ऊर्जा बॉल मिलिंग उन परिस्थितियों में किया जाता है जिसमें रासायनिक प्रतिक्रियाओं या तो मिल्ड सॉलिड्स (यांत्रिक सक्रियण—प्रतिक्रिया की बढ़ती दर, जमीन के पाउडर के प्रतिक्रिया तापमान को कम करके) की प्रतिक्रियाशीलता को बदलकर होती हैं या मिलिंग के दौरान रासायनिक प्रतिक्रियाओं को उत्प्रेरण करके (यांत्रिकी)। इसके अलावा, पाउडर बाल बनाना शुरू करने में चरण परिवर्तनों को प्रेरित करने का यह एक विधि है, जिसके कणों में सभी समान रासायनिक संरचना होती है।

अलॉयिंग प्रक्रिया को अलग-अलग उपकरण, अर्थात्, अट्रेक्टर, ग्रैनेटरी मिल या एक क्षैतिज गेंद मिल का उपयोग करके किया जा सकता है। हालांकि, इन तकनीकों के सिद्धांत सभी तकनीकों के लिए समान हैं। चूंकि यांत्रिक मिश्रधातु के दौरान चूर्ण ठंडा और फ्रैक्चर होता है, इसलिए मिश्र धातु के क्रम में दो प्रक्रियाओं के बीच संतुलन स्थापित करना महत्वपूर्ण है। प्लैनेटरी बॉल मिल यांत्रिक मिश्रधातु के लिए सबसे अधिक उपयोग की जाने वाली प्रणाली है क्योंकि इसमें बहुत कम मात्रा में पाउडर की आवश्यकता होती है। इसलिए, प्रणाली प्रयोगशाला में अनुसंधान के उद्देश्य के लिए विशेष रूप से उपयुक्त है। बॉल मिल सिस्टम में एक टर्न डिस्क (टर्न टेबल) और दो या चार कटोरे होते हैं। घूर्णी डिस्क एक दिशा में घूमती है जबकि कटोरे विपरीत दिशा में घूमते हैं। अपनी धुरी के चारों ओर एक साथ घुमाते हुए कटोरे और डिस्क द्वारा उत्पन्न अपकेन्द्री बलों को कटोरे में पाउडर मिश्रण और मिलिंग गेंदों पर लगाया जाता है। पाउडर मिश्रण उच्च ऊर्जा प्रभाव के अंतर्गत फ्रैक्चर और ठंडा वेल्डेड होता है।

नीचे दिया गया चित्र गेंदों और पाउडर की गतियों को दर्शाता है। चूंकि कटोरे और मोड़ डिस्क के रोटेशन की दिशाएं विपरीत हैं, इसलिए केन्द्रापसारक या अपकेन्द्रीय बलों को वैकल्पिक रूप से सिंक्रनाइज़ किया जाता है। इस प्रकार घर्षण कठोर मिलिंग बॉल्स और पाउडर मिश्रण के परिणामस्वरूप कटोरे की आंतरिक दीवार पर बारी-बारी से और विपरीत दीवार



से टकराता है। सामान्य दिशा में मिलिंग बॉल्स की प्रभाव ऊर्जा ग्रेविटेशन त्वरण के कारण 40 गुना अधिक तक का मूल्य प्राप्त करती है। इसलिए बॉल मिल उच्च गति मिलिंग के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है।



चित्र 6.28 गेंद और पाउडर मिश्रण की गति (Motion of the ball and powder mixture)

उच्च-ऊर्जा बॉल मिलिंग प्रक्रिया के दौरान, पाउडर कणों को उच्च ऊर्जावान प्रभाव के अधीन किया जाता है। सूक्ष्म रूप से, यांत्रिक मिश्रधातु प्रक्रिया को चार चरणों में विभाजित किया जा सकता है: (A) प्रारंभिक चरण, (B) मध्यवर्ती चरण, (C) अंतिम चरण, और (D) समापन चरण।

- बॉल मिलिंग के प्रारंभिक चरण में, गेंदों के टकराने के कारण पाउडर कणों को संपीड़ित बलों द्वारा चपटा किया जाता है। माइक्रो-फोर्जिंग व्यक्तिगत कणों के आकार में परिवर्तन की ओर जाता है, या उच्च गतिज ऊर्जा के साथ मिलिंग गेंदों द्वारा बार-बार प्रभावित होने वाले कणों के क्लस्टर। हालांकि, पाउडर के ऐसे विरूपण से द्रव्यमान में कोई शुद्ध परिवर्तन नहीं दिखता है।
- मैकेनिकल मिश्र धातु प्रक्रिया के मध्यवर्ती चरण में, प्रारंभिक चरण की अपेक्षा में महत्वपूर्ण परिवर्तन होते हैं। इसमें शीत वेल्डिंग क्रिया महत्वपूर्ण है। पाउडर घटकों के अंतरंग मिश्रण से माइक्रोमीटर रेंज में प्रसार दूरी कम हो जाती है। फ्रैक्चरिंग और कोल्ड वेल्डिंग इस स्तर पर प्रमुख मिलिंग प्रक्रियाएं हैं। हालांकि कुछ विघटन हो सकता है, मिश्र धातु पाउडर की रासायनिक संरचना अभी भी सजातीय (homogeneous) नहीं होती है।
- यांत्रिक मिश्रधातु प्रक्रिया के अंतिम चरण में, कण आकार में पर्याप्त शोधन और कमी स्पष्ट है। प्रारंभिक और मध्यवर्ती चरणों की तुलना में कण का माइक्रोस्ट्रक्चर सूक्ष्म पैमाने पर अधिक समरूप होता है। हो सकता है कि सच्चे मिश्र धातु पहले ही बन चुके हों।
- यांत्रिक मिश्रधातु प्रक्रिया के पूरा होने के समय, पाउडर कणों में एक अत्यंत विकृत मेटास्टेबल संरचना होती है। इस चरण से आगे मैकेनिकल मिश्र धातु भौतिक रूप से फैलाव वितरण में सुधार नहीं कर सकती है। प्रारंभिक घटकों के समान संरचना वाला वास्तविक मिश्र धातु इस प्रकार बनता है।



## अभ्यास प्रश्न

1. 3D प्रिंटिंग क्या है? इसकी आवश्यकता समझाइए।
2. 3D मॉडलिंग सॉफ्टवेयर पर उल्लेख करें।
3. तीव्र प्रतिकृति तीव्र विनिर्माण को समझाइए।
4. तीव्र प्रतिकृति के लिए 3D प्रिंटिंग की क्या आवश्यकता है? प्रकाश डालिए।
5. तीव्र प्रोटोटाइप के लिए 3D प्रिंटर का उपयोग क्या है?
6. फ्यूज्ड डिपोजिशन मॉडलिंग (FDM) क्या है?
7. FDM कैसे काम करता है? समझाइए।
8. एक डिज़ाइनर के दृष्टिकोण से क्या महत्वपूर्ण है—निर्माण आकार या परत की ऊंचाई? और क्यों?
9. FDM के लिए लागत और पदार्थ विकल्पों के बारे में आपके क्या विचार हैं?
10. FDM की लाभ और सीमाएं बताइए।
11. एक डिज़ाइनर के दृष्टिकोण से क्या महत्वपूर्ण है—बिल्ड साइज़ या लेयर हाइट? समझाइए।
12. परत-परत में वस्तु विनिर्माण की क्या विधि है?
13. 3D तकनीक के साथ किन सामग्रियों का उपयोग किया जा सकता है? उल्लेख करें।
14. 3D तकनीक की क्या खासियतें हैं?
15. परत-परत में वस्तु निर्माण के अनुप्रयोग क्या हैं?
16. बॉल 3 से 2 कण विनिर्माण प्रक्रिया समझाइए।

□□□



### 7.1 रोबोट का परिचय (Introduction to Robot):

जब आप शब्द 'Robot' सुनते हैं, तो पहली इमेज जो शायद दिमाग में आती है, वह एक सिल्वर कलर का मानव जैसा दिखने वाले रोबोट की है। लेकिन Robot के कई रूप होते हैं, जैसे आटोमेटेड ड्रोन, और तकनीकी रूप से भी सेल्फ-ड्राइविंग कारें। Robot का shape और size से कोई लेना देना नहीं होता है। जो मनुष्य के जैसा दीखता है उसी को रोबोट बोलते हैं ये बात बिल्कुल गलत है। ये किसी भी प्रकार का हो सकता है। ये उसके काम पर निर्भर करता है। इसके द्वारा जैसा काम लेना होता है उसी आकृति में बनाते हैं। अगर इंसान जैसे दिखने वाले रोबोट ही बनाये जाये तो फिर वो इंसानों जैसे ही काम करगे ना? जबकि ये तो बड़े बड़े आकार के भी बनाये जाते हैं जो heavy इंजीनियरिंग यानी बड़े आकार के मशीन को बनाने के लिए काम में लाये जाते हैं।

उदाहरण के लिए किसी ऑटोमोबाइल कंपनी में जहाँ 2 wheelers और 4 wheelers के body parts बनाए जाते हैं। बड़े और छोटे पार्ट्स को जोड़ करके बड़ी assembly बनाई जाती है। जो car या bike आप देखते हो वो कई छोटे-बड़े पार्ट्स से मिलकर बना होता है। इन छोटे-बड़े पार्ट्स को कौन जोड़ कर बड़े पार्ट्स में बदलते हैं। सभी कामों को मानव शक्ति से कर पाना संभव नहीं है। इसलिए कंपनी में बड़ी-बड़ी मशीनों का उपयोग किया जाता है जो ऑटोमेटेड या सेमी-ऑटोमेटेड होती हैं जिन्हें हम रोबोट बोल सकते हैं। रोबोट को बुद्धिमान कहा जाता है यदि वे खुद निर्णय कर काम को सक्षम करने में समर्थ होते हैं।

यह एक तरह की मशीन है जो खासतौर पर कम्प्यूटर के द्वारा डाले गए प्रोग्राम या निर्देश के आधार पर काम करता है। यह कई मुश्किल भरे काम को सरलता से अपने आप करने में सक्षम होता है। रोबोट मैकेनिकल, सॉफ्टवेयर और इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग के मिश्रण से मिलकर बना होता है। इसमें सभी का रोल लगभग एक समान ही होता है।

वर्तमान में, विभिन्न कंपनियां कृत्रिम बुद्धि के विकास पर काम कर रही हैं जो हमारे तर्क को पार करने में सक्षम हैं और उन्हें मनुष्यों के समान और अधिक बनाने के लिए प्रयास कर रहे हैं। उदाहरण के लिए सोफिया, एक बहुत ही रोचक रोबोट जिसे कंपनी हैनसन रोबोटिक्स द्वारा विकसित किया गया था, को मानव व्यवहार को सीखने और अनुकूल बनाने के लिए डिज़ाइन किया गया है। सोफिया एक बच्चे की तरह है, वह जो कुछ भी देखती है उसे अवशोषित करती है। इसकी त्वचा एक विशेष सिलिकॉन से बनी है और सर्किट से जुड़ी है जो चेहरे को प्राकृतिक दिखने देता है क्योंकि इससे उसके लिए चेहरे के भावों को अपनाना आसान हो जाता है। इसने इतना ध्यान आकर्षित किया है कि



चित्र 7.1—सोफिया रोबोट



दुनिया भर के विभिन्न मीडिया आउटलेट्स द्वारा इसका साक्षात्कार किया गया है। पिछले साल, वह एक सऊदी नागरिक बन गई, जो देश की नागरिकता वाला पहला रोबोट बन गया।

## 7.2 रोबोट की परिभाषा (Definition of Robot):

“रोबोट एक मशीन है जो इस तरह से निर्मित होता है कि एक से ज्यादा काम को खुद ही एक गति और शुद्धता के साथ पूरा कर सकता है।”

यू०सी० बर्कले के अनुसार “एक Robot शारीरिक रूप से समाविष्ट किया गया Artificially Intelligent एजेंट है जो भौतिक दुनिया पर प्रभाव डालने वाले कार्य कर सकते हैं”

हनुमंत सिंह (नॉर्थ ईस्टर्न यूनिवर्सिटी) के अनुसार “यह एक प्रणाली है जो ‘जटिल’ व्यवहार को प्रदर्शित करता है और इसमें संवेदन और सक्रियता शामिल है।”

## 7.3 रोबोट का इतिहास (History of Robots):

वास्तविक रूप से सबसे पहले रोबोट (Robot) बनाने का श्रेय स्पेरी जायरोस्कोप को जाता है। यह सन 1913 में बना था। पर आम लोगों के बीच इसका प्रदर्शन 1932 में पहली बार लंदन रेडियो में हुआ। करीब 30 साल बाद पहली बार एक अमेरिकन कंपनी ने रोबोट को बेचने की योजना बनाई और धीरे-धीरे कंपनियों ने मजदूरों की छंटनी कर रोबोट को काम पर बहाल करना शुरू कर दिया। पहली घटना 1980 में हुई जब एक मोटरकार कंपनी ने 200 मजदूरों की छंटनी कर 50 रोबोट को काम पर रखा था। रोबोट लोगों को वाकई बड़ी काम की चीज लगी। पूमा नाम का एक रोबोट तो कारखाने की मशीनों का नट बोल्ट कस और खोलने में भी सक्षम था। बाद में चिकित्सा क्षेत्र में लोगों ने रोबोट (Robot) की खूबी को पहचानते हुए ‘मल्विंग’ नाम के ऐसे रोबोट का निर्माण कर डाला जो कृत्रिम अंगुलियों द्वारा कंप्यूटर पर कैंसर की रसौलियों का पता लगा सकता था। आज रोबोट की दुनिया काफी विकसित हो चुकी है। कभी स्वचालित मशीनों के रूप में ‘ऑटोमैन’ कहे जाने वाले रोबोट (Robot) अब परमाणु रिएक्टर, अग्निशमन दस्ते और समुद्री गोताखोरी में अपनी भूमिका बखूबी अंजाम दे रहे हैं।

## 7.4 रोबोटिक्स के नियम (Rules of Robotics):

1. एक रोबोट किसी इंसान को घायल नहीं कर सकता है या निष्क्रियता के माध्यम से किसी इंसान को नुकसान पहुंचाने की अनुमति देता है।
2. एक रोबोट को मानव द्वारा दिए गए आदेशों का पालन करना चाहिए, सिवाय इसके कि इस तरह के आदेश पहले कानून के साथ संघर्ष करेंगे।
3. एक रोबोट को अपने स्वयं के अस्तित्व की रक्षा करनी चाहिए जब तक कि इस तरह का संरक्षण पहले या दूसरे कानून के साथ संघर्ष नहीं करता है।

## 7.5 रोबोट के भाग (Parts of a Robot):

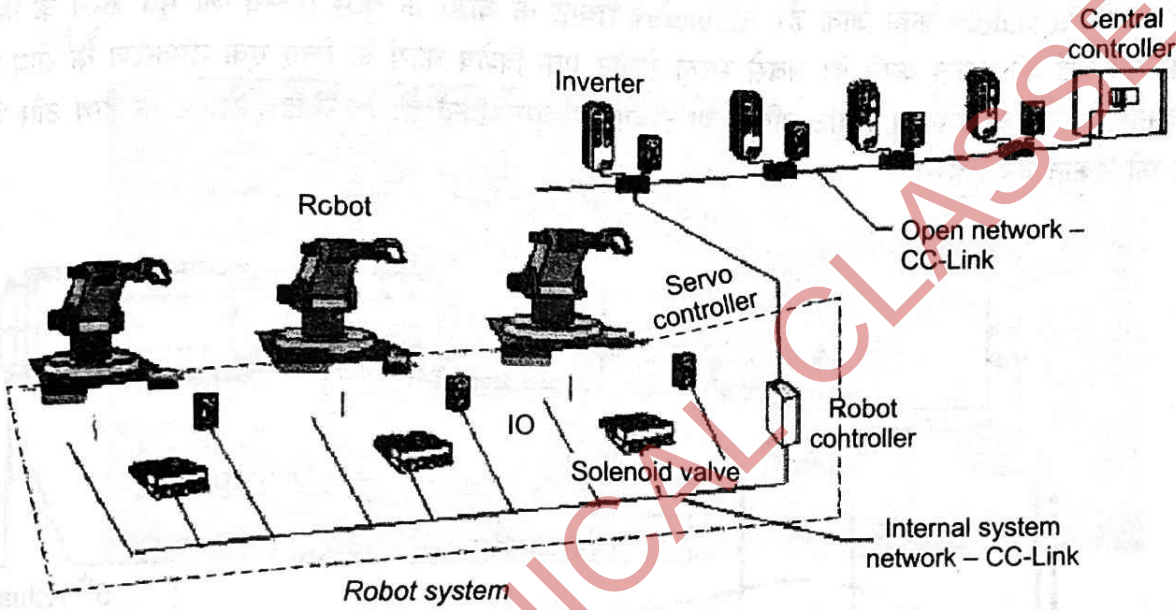
रोबोट में मुख्य रूप से 5 घटक होते हैं—

1. नियंत्रण प्रणाली (Control System)
2. सेंसर (Sensors)
3. मैनीपुलेटर (Manipulator)
4. एक्चुएटर (Actuators)
5. शक्ति आपूर्ति (Power Supply)



## 1. नियंत्रण प्रणाली (Control System)

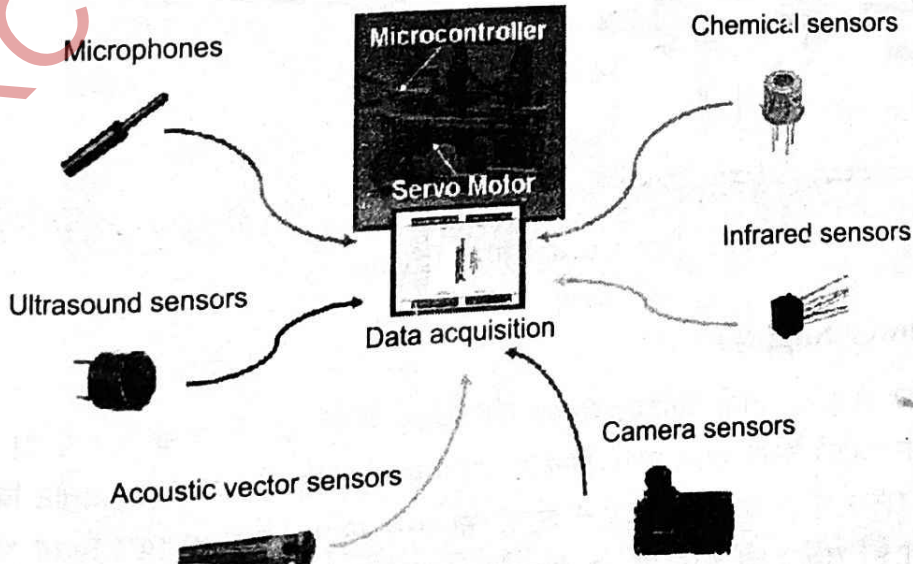
रोबोट का कंट्रोल सिस्टम प्रतिक्रिया का उपयोग वैसे ही करता है जैसे कि मानव मस्तिष्क करता है। हालांकि, न्यूरोन्स के संग्रह के बजाय, एक रोबोट के मस्तिष्क में एक सिलिकॉन चिप होती है जिसे Central Processing Unit या CPU कहा जाता है, यह आपके कंप्यूटर को चलाने वाली चिप के समान है। हमारा दिमाग तय करता है कि हमारी पांच इंद्रियों से मिले फीडबैक के आधार पर दुनिया को क्या करना है और कैसे प्रतिक्रिया देनी है। एक रोबोट का CPU सेंसर नामक उपकरणों द्वारा एकत्र किए गए डेटा के आधार पर वही काम करता है।



चित्र 7.2—नियंत्रण प्रणाली (Control System)

## 2. सेंसर (Sensors)

रोबोट सेंसर से प्रतिक्रिया प्राप्त करते हैं जो मानव इंद्रियों की नकल करते हैं, जैसे वीडियो कैमरा या लाइट-डिपेंडेंट सेंसर जो आंखों जैसे कार्य करते हैं और माइक्रोफोन जो कान के रूप में कार्य करते हैं। कुछ रोबोटों के पास स्पर्श, स्वाद और गंध भी होता है। रोबोट का CPU इन सेंसरों से सिग्नल की व्याख्या करता है और उसके अनुसार अपने कार्यों को समायोजित करता है।



चित्र 7.3—सेंसर (Sensors)

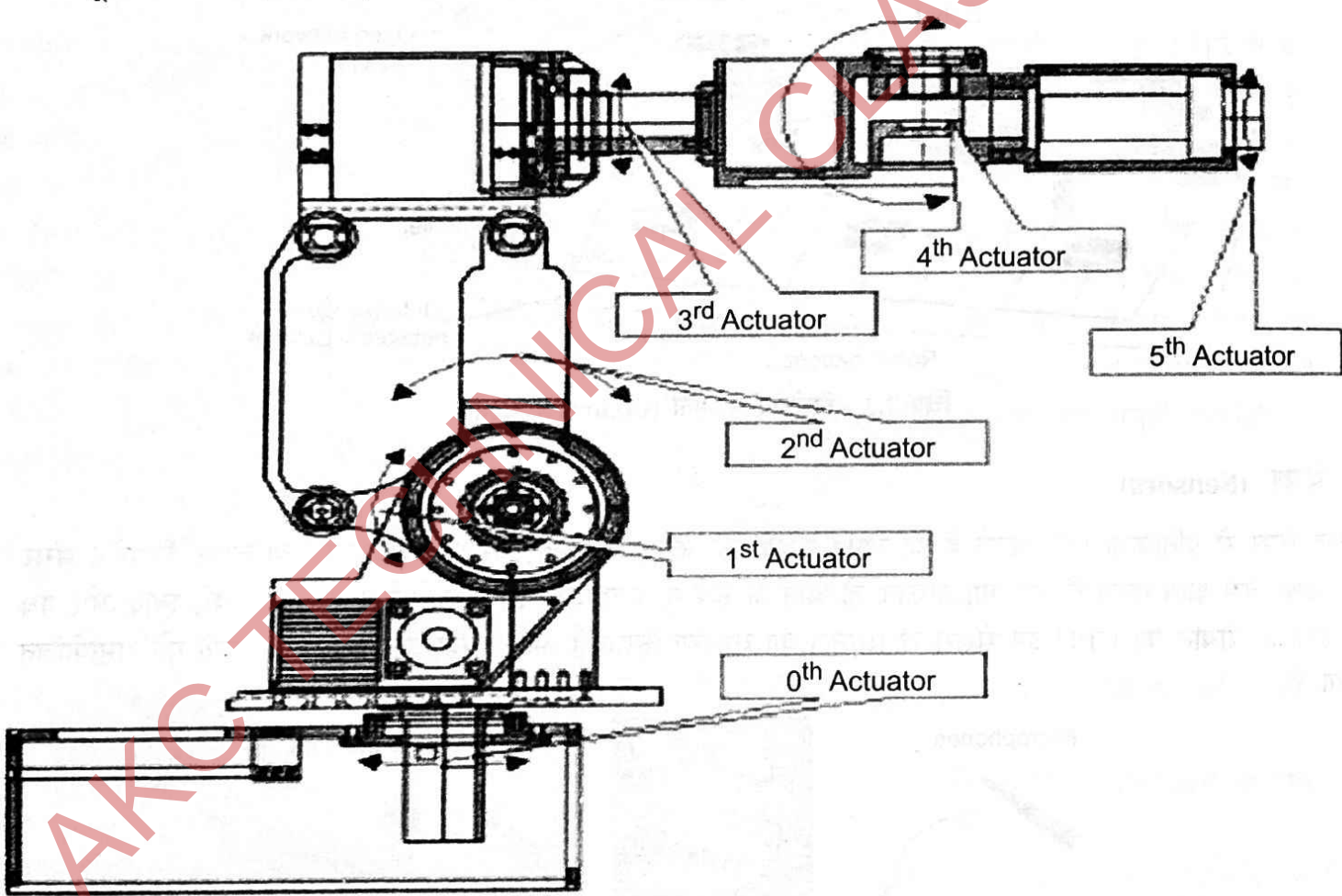


### 3. मैनीपुलेटर (Manipulator)

मानव हाथ की तरह, रोबोट में कई जॉइंट और लिंक होते हैं, जिन्हें manipulator कहा जाता है।

### 4. एक्चुएटर (Actuators)

एक रोबोट माना जाने के लिए, एक उपकरण में एक बॉडी होनी चाहिए जो इसके सेंसरों से प्रतिक्रिया लेने के लिए प्रतिक्रिया में मूव हो सकता है। रोबोट बॉडी में धातु, प्लास्टिक और इसी तरह की सामग्री होती है। इन बॉडी के अंदर छोटी मोटरें होती हैं जिन्हें Actuators कहा जाता है। Actuators रोबोट के बॉडी के कुछ हिस्सों को मूव करने के लिए मानव मांसपेशियों की कार्रवाई की नकल करते हैं। सबसे सरल रोबोट एक विशेष कार्य के लिए एक उपकरण के साथ एक हाथ से मिलकर बनता है। अधिक एडवांस रोबोट पहियों या तख्तों पर घूम सकते हैं। ह्यूमनॉइड रोबोट के हाथ और पैर हैं जो मानव मूवमेंट की नकल करते हैं।



चित्र 7.4—एक्चुएटर (Actuators)

### 5. शक्ति आपूर्ति (Power Supply)

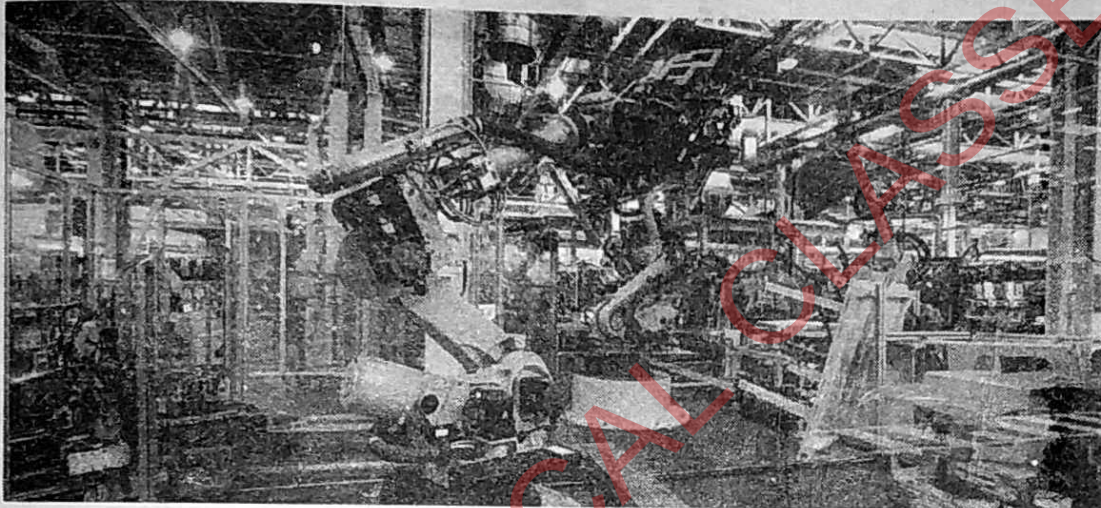
कार्य करने के लिए रोबोट में पावर होनी चाहिए। मनुष्य को भोजन से ही अपनी ऊर्जा मिलती है। हमारे खाने के बाद, भोजन पचाया जाता है और हमारी कोशिकाओं द्वारा ऊर्जा में परिवर्तित हो जाता है। अधिकांश रोबोट बिजली से अपनी ऊर्जा प्राप्त करते हैं। कार के कारखानों में काम करने वाले लोगों की तरह स्थिर रोबोट हथियार किसी भी अन्य उपकरण की तरह प्लग किए जा सकते हैं। रोबोट जो घूमते हैं, वे आमतौर पर बैटरी द्वारा ऑपरेट होते हैं।



## 7.6 रोबोट के प्रकार (Types of Robot )

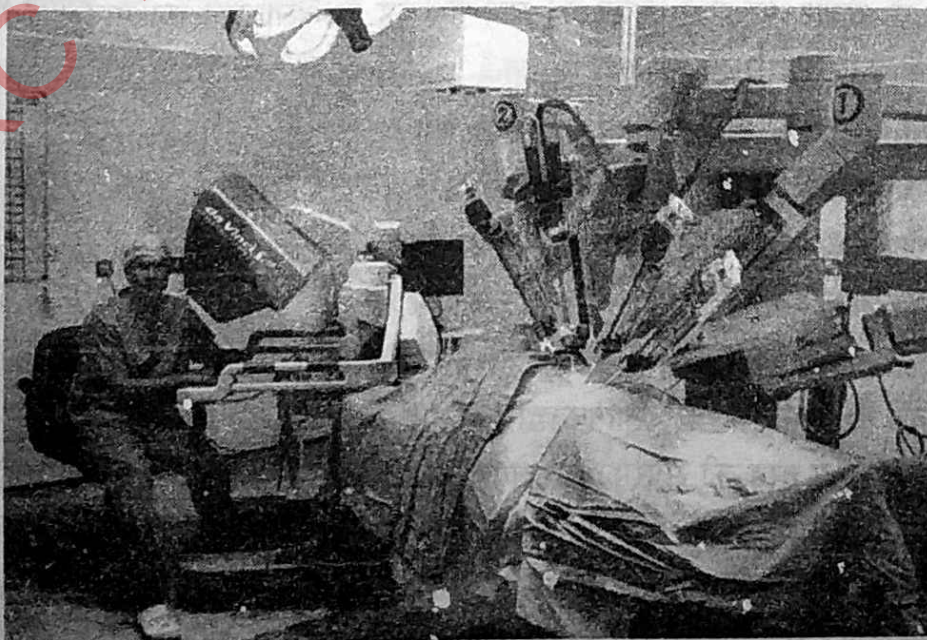
विगत सौ सालों से भी अधिक से वैज्ञानिकों के लिए रोबोट (Robot) शोध का विषय है। वर्तमान समय में रोबोट (Robot) अलग अलग क्षेत्रों में बढ़िया तरीके से काम में लाए जा रहे हैं। चूंकि भिन्न भिन्न क्षेत्रों में रोबोट से लिए जा रहे काम भी पूरी तरह अलग-अलग हैं इसी के आधार पर रोबोट को कुछ प्रकार में वर्गीकृत किया गया है।

1. **औद्योगिक रोबोट (Industrial Robot):** इस तरह के रोबोट का इस्तेमाल बड़ी-बड़ी फैक्ट्रियों और कारखानों में किया जाता है, जहां औद्योगिक रोबोट भारी सामानों की हैंडलिंग, पेटींग और वेल्डिंग का कार्य आसानी से कर पाते हैं।



चित्र 7.5—औद्योगिक रोबोट (Industrial robot)

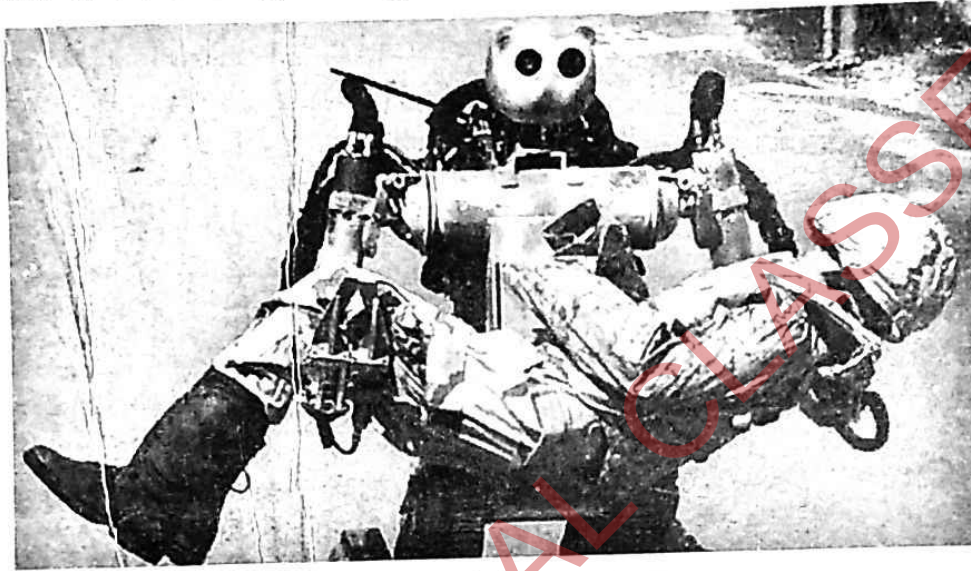
2. **घरेलू रोबोट (Domestic Robot):** आज के दौर में जब लोगों के पास समय का अभाव है ऐसे में घरेलू रोबोट ने लोगों के जीवन को काफी हद तक आसान किया है। यह घर के रोजमर्रा के काम जैसे वैक्यूम क्लीनर, सीवर की सफाई और घर के ऐसे छोटे बड़े काम जिसमें काफी समय खर्च होता है, करने में सक्षम होता है।
3. **मेडिकल रोबोट (Medical Robot):** बड़े बड़े अस्पतालों में कई तरह के मेडिकल कार्य और सर्जरी में इस प्रकार के रोबोट्स की मदद ली जाती है। ये अपना काम अच्छी तरह से करने में दक्ष होते हैं।



चित्र 7.6—मेडिकल रोबोट (Medical Robot)

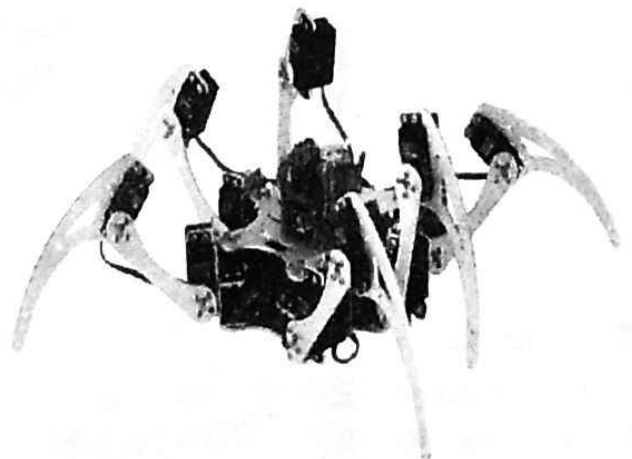


4. **सेवा रोबोट (Service Robot):** इस तरह के रोबोट्स विभिन्न प्रकार के छोटे बड़े काम जिनका उन्हें निर्देश दिया जाए तत्काल प्रभाव से कर देते हैं।
5. **सैन्य रोबोट (Army robot):** आज के दौर में कई देशों ने इस तरह के रोबोट का निर्माण किया है जिनका इस्तेमाल सेना में किया जाता है, इस प्रकार के रोबोट का प्रयोग युद्ध के दौरान किया जाता है जिससे अपनी देश की मानव सेना को कम से कम नुकसान पहुंचे। इस तरह के रोबोट कई तरह के हथियार चलाने में सक्षम होते हैं।



चित्र 7.7—सैन्य रोबोट (Army robot)

6. **मनोरंजन रोबोट (Entertainment Robots):** इस प्रकार के रोबोट मनोरंजन का कार्य करते हैं इन्हें इंटरैक्टिव रोबोट (Interactive robot) भी कहा जाता है जो व्यवहार और शिक्षा की क्षमता रखते हैं।
7. **अंतरिक्ष रोबोट (Sky Robot):** यह एक प्रकार का रोबोटिक हथियार है जो इंसान के नियंत्रण में रहता है, इसका उपयोग उपग्रहों को लॉन्च करने में और अंतरिक्ष में स्टेशन का निर्माण करने में किया जाता है।
8. **किलर रोबोट (Killer Robots):** यह एक ऐसा हथियार है जो टारगेट को खुद व खुद निशाने पर लेकर खत्म कर देता है। कई देशों में इस तरह के रोबोट को लेकर शोध किए गए हैं। लेकिन बहुत सारे देश के वैज्ञानिक लगातार इस तरह के रोबोट पर रोक लगाने की मांग कर रहे हैं। वैज्ञानिकों का मानना है कि इस तरह के रोबोट पूरी मानव जाति के लिए खतरा हो सकते हैं।
9. **कीट रोबोट (Spider Robot):** वैज्ञानिकों में एक ऐसे रोबोट (Robot) को बनाने का दावा किया है जो आकार में एक कीट के साइज का है और ये उड़ भी सकता है। यह रोबोट काफी चालाक और तेज है। कीट रोबोट कार्बन फाइबर (carbon fiber) से बनाया गया है। इसका वजन एक ग्राम के बराबर है। अमेरिका के वैज्ञानिक द्वारा बनाए गए इस रोबोट के पास एक तरह की सुपरफास्ट इलेक्ट्रॉनिक मांसपेशियां हैं। ये मांसपेशियां इसके पंखों को गति प्रदान करती हैं और रोबोट को उड़ने में ताकत देती हैं। वैज्ञानिकों ने दावा किया है कि इस तरह के रोबोट का इस्तेमाल बचाव कार्यों में किया जा सकता है।



चित्र 7.8—कीट रोबोट



## 7.7 रोबोट की भाषा (Language of Robot):

रोबोट को अपने आवश्यकता अनुसार काम करवाने के लिए उसे अनुदेश देना होगा। दिये गए आदेशों के अनुसार ही रोबोट किसी काम अंजाम देता है। लेकिन अनुदेशों को देने किए किसी निश्चित भाषा की आवश्यकता होगी जिसे रोबोट समझ सके। रोबोट के विकास के शुरुआती दौर में इनकी भाषा मशीन लेवल की होती थी, जो वास्तव में बहुत कठिन थी। लेकिन आज जैसे-जैसे रोबोट का विकास हो रहा है उनकी भाषा भी सरल होती जा रही है। वास्तव में रोबोट तो केवल मशीन की भाषा समझते हैं लेकिन अब हम उसे एक विशेष इंटरफ़ेस के जरिये अपनी भाषा में अनुदेश दे सकते हैं।

जब से सस्ते और शक्तिशाली कंप्यूटरों का आगमन हुआ है, तब से कंप्यूटर में लिखे प्रोग्राम के माध्यम से रोबोट की प्रोग्रामिंग का चलन तेजी से बढ़ रहा है। आमतौर पर, इन कंप्यूटर प्रोग्रामिंग भाषाओं में विशेष सुविधाएं हैं जो प्रोग्रामिंग की जटिल समस्याओं को दूर करती हैं। इसलिए यह रोबोट प्रोग्रामिंग लैंग्वेज (RPLs) कहलाती हैं। अधिकांश सिस्टम में रोबोट प्रोग्रामिंग भाषा के साथ-साथ शिक्षण पेंडेंट शैली इंटरफ़ेस के साथ भी सुसज्जित होते हैं।

रोबोट प्रोग्रामिंग भाषाओं को कई रूपों में विभाजित की जा सकता है। यहाँ पर रोबोट प्रोग्रामिंग भाषाओं तीन महत्वपूर्ण श्रेणियों में विभाजित किया गया है।

### 1. विशिष्ट मैनीपुलेटर भाषा (Specialized Manipulation Languages)

ये रोबोट प्रोग्रामिंग लैंग्वेज पूरी तरह से नई भाषा विकसित करके बनाया गया है, इसे कंप्यूटर का सामान्य प्रोग्रामिंग माना जा सकता है जो रोबोट के विशिष्ट क्षेत्रों से अच्छी तरह से संबन्धित होता है। उदाहरण के लिए VAL भाषा है जिसे औद्योगिक रोबोट को नियंत्रित करने के लिए विकसित किया गया है। VAL को विशेष रूप से मैनीपुलेटर (manipulator) को नियंत्रित करने के लिए सामान्य कंप्यूटर की भाषा के रूप में विकसित किया गया था। यह काफी कपजोर भाषा थी क्योंकि यह दशमलव, वर्ण तथा तर्क का समर्थन नहीं करता था।

VAL नवीन संस्करण, V-II, उपरोक्त सुविधाओं को प्रदान करता है। इस भाषा के वर्तमान संस्करण, V+ में कई नई सुविधाएं भी शामिल हैं। स्टैनफोर्ड यूनिवर्सिटी में विकसित एक विशेष मैनीपुलेटर भाषा का एक अन्य उदाहरण AL है। हालांकि AL भाषा अब अतीत का अवशेष है, फिर भी इसकी कुछ विशेषताएं जैसे बल नियंत्रण, समानता आदि अभी भी अधिकांश आधुनिक भाषाओं में नहीं मिलती हैं।

### 2. मौजूदा कंप्यूटर भाषा के लिए रोबोट लाइब्रेरी

(Robot Library for an Existing Computer Language)

इन रोबोट प्रोग्रामिंग भाषाओं को लोकप्रिय कंप्यूटर भाषा तथा रोबोट के विशिष्ट सबरूटीन्स को लाइब्रेरी के साथ जोड़ने के लिए विकसित किया गया है (जैसे पास्कल)। इसमें उपयोगकर्ता पहले से परिभाषित किए सबरूटीन पैकेज को आवश्यकता अनुसार त्वरित रूप से उपयोग कर सकता है। एक अन्य उदाहरण AR-BASIC है जो अमेरिका के सिमफेक्स (Cimfiex) द्वारा विकसित किया गया है। जिसमें मानक बुनियादी कार्यान्वयन के लिए सबरूटीन लाइब्रेरी की आवश्यकता होती है। JARS, नासा के जेट प्रोपल्शन लेबोरेटरी द्वारा विकसित है, इस तरह की रोबोट प्रोग्रामिंग पास्कल भाषा पर आधारित है।

### 3. नई सामान्य प्रयोजन की भाषा के लिए रोबोट लाइब्रेरी

(Robot Library for a New General-purpose Language)

ये रोबोट प्रोग्रामिंग भाषाओं को विकसित करने के लिए सबसे पहले सामान्य उद्देश्य वाली भाषा को प्रोग्रामिंग की भाषा में बदल कर पहले से परिभाषित की गयी विशिष्ट सबरूटीन्स की लाइब्रेरी को प्रेषित करते हैं। इस तरह के रोबोट प्रोग्रामिंग



भाषाओं के उदाहरण ABB रोबोटिक्स द्वारा विकसित RAPID, IBM द्वारा विकसित AML और GMF रोबोटिक्स द्वारा विकसित KAREL है।

## 7.8 औद्योगिक रोबोट मैनिपुलेटर की संरचना

(Structure of Industrial Robot Manipulator):

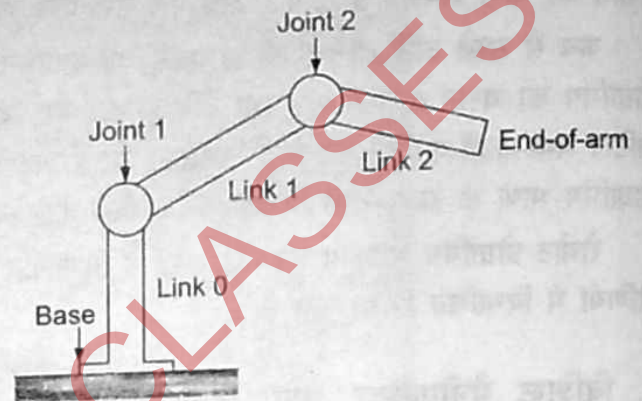
औद्योगिक रोबोट मैनिपुलेटर (या आर्म) की संरचना जोड़ों की एक श्रृंखला से निर्मित होती है और लिंक जैसा कि चित्र 7.9 में दिखाया गया है, वर्क पीस को संभालने के लिए ग्रिपर या टूल मैनिपुलेटर के अंत से जुड़ी होती है। प्रत्येक जोड़ को रोबोटमैनिपुलेटर के लिए स्वतंत्रता की डिग्री के रूप में माना जाता है। अगर किसी रोबोट में 2 जोड़ हैं, तो रोबोट के पास 2 डिग्री की स्वतंत्रता है। इसलिए  $n$  जोड़ वाले रोबोट में  $n$  डिग्री फ्रीडम होती है।

ज्यामितीय विन्यास के आधार पर मूल रूप से चार निम्न प्रकार के औद्योगिक रोबोट हैं—

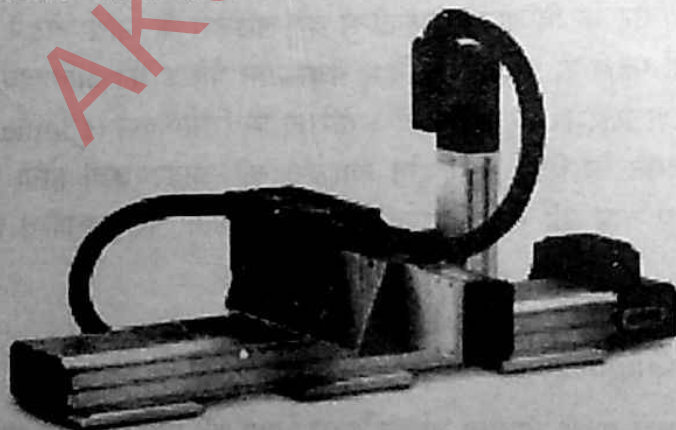
1. कार्टीज़ियन रोबोट (Cartesian Robot)
2. SCARA रोबोट
3. आर्टिक्युलेटेड रोबोट (Articulated Robot)
4. समानांतर रोबोट (Parallel Robots)

### 1. कार्टीज़ियन रोबोट (Cartesian Robot)

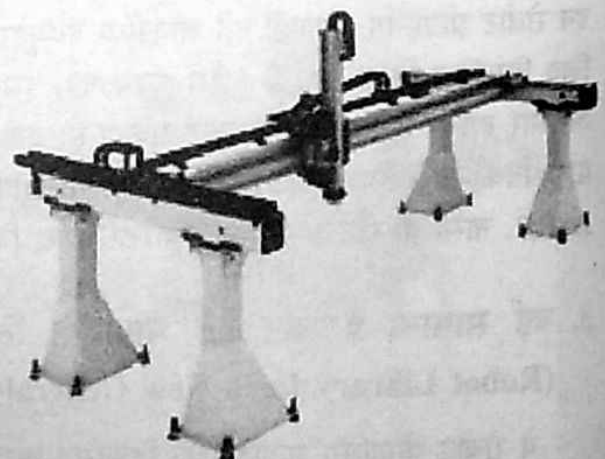
कार्टीज़ियन रोबोट को रैखिक रोबोट/XYZ रोबोट/गैन्ट्री रोबोट नाम से भी जाना जाता है। कार्टीज़ियन रोबोट को एक औद्योगिक रोबोट के रूप में परिभाषित किया जा सकता है, जिसके तीन प्रमुख अक्ष रैखिक होते हैं जो एक दूसरे के समकोण पर होते हैं। अपनी कठोर संरचना का उपयोग करके, वे उच्च पेल्ड ले जा सकते हैं। ये पिक एंड प्लेस, लोडिंग एंड अनलोडिंग, मटेरियल हैंडलिंग आदि जैसे कार्य कर सकते हैं। कार्टीज़ियन रोबोट को गैन्ट्री रोबोट भी कहा जाता है क्योंकि उनका क्षैतिज सदस्य दोनों छोरों का समर्थन करता है।



चित्र 7.9—लिंक और रोबोट मैनिपुलेटर के जोड़



Linear Robot



Gantry Robot

चित्र 7.10—कार्टीज़ियन रोबोट (Cartesian Robot)



### अनुप्रयोग—

कार्टीजियन रोबोट का उपयोग सीलिंग, प्लास्टिक मोल्डिंग, 3D प्रिंटिंग, और कंप्यूटर संख्यात्मक नियंत्रण मशीन (CNC) में किया जा सकता है।

### लाभ—

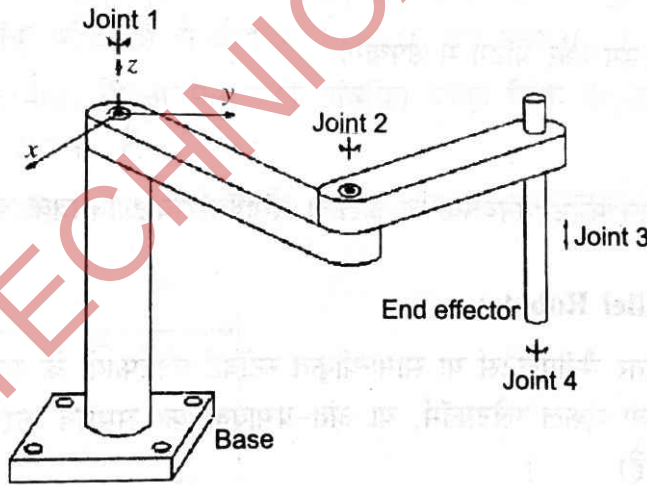
- अत्यधिक सटीक और गति
- कम लागत
- सरल संचालन प्रक्रिया
- उच्च पेलोड
- बहुत बहुमुखी काम
- रोबोट और मास्टर नियंत्रण प्रणाली को सरल करता है

### हानियाँ—

उन्हें संचालित करने के लिए बड़ी मात्रा में जगह की आवश्यकता होती है।

## 2. SCARA रोबोट

SCARA का मतलब चयनात्मक अनुपालन असेंबली रोबोट आर्म या चयनात्मक अनुपालन आर्टिकुलेटेड रोबोट आर्म होता है। रोबोट का विकास यमनशी विश्वविद्यालय में प्रोफेसर हिरोशीमाकिनो के मार्गदर्शन में किया गया था। SCARA की भुजाएं XY-अक्षों में लचीली होती हैं और Z-अक्ष में अनम्य (rigid) होती हैं जो XY-अक्षों में काम करने के लिए जानी जाती हैं।



चित्र 7.11—SCARA रोबोट

### अनुप्रयोग—

SCARA रोबोट का उपयोग असेंबली, पैकेजिंग, पैलेटिसेशन और मशीन लोडिंग के लिए किया जाता है।

### लाभ—

- उच्च गति क्षमताओं
- शॉर्ट-स्ट्रोक, फास्ट असेंबली और पिक-एंड-प्लेस एप्लिकेशन में शानदार प्रदर्शन
- डूनट (donut) शेड वर्क स्पेस

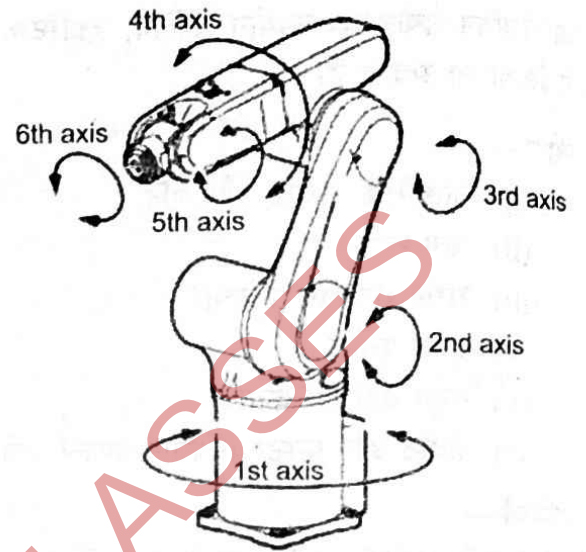
### हानियाँ—

SCARA रोबोट को आमतौर पर पीएलसी/पीसी जैसे लाइन मास्टर नियंत्रक के अलावा समर्पित रोबोट नियंत्रक की आवश्यकता होती है।



### 3. आर्टिक्युलेटेड रोबोट (Articulated Robot)

एक आर्टिक्युलेटेड रोबोट को रोटरी जोड़ के साथ एक रोबोट के रूप में परिभाषित किया जा सकता है और ये रोबोट सरल दो-जोड़ से लेकर 10 या अधिक इंटरैक्टिंग जोड़ों वाले हो सकते हैं। ये रोबोट किसी भी बिंदु तक पहुंच सकते हैं क्योंकि वे तीन आयामी स्थानों में काम करते हैं। इन रोबोटों की संरचना मानव हाथ के समान होती है।



चित्र 7.12—आर्टिक्युलेटेड रोबोट

#### अनुप्रयोग—

आर्टिक्युलेटेड रोबोटों का उपयोग पैलेटाइजिंग फूड (बेकरी), स्टील पुलों के निर्माण, स्टील काटने, फ्लैट-ग्लास हैंडलिंग, 500 किलोग्राम पेलोड के साथ हैवीड्यूटी रोबोट, फाउंड्री इंडस्ट्री में ऑटोमेशन, हीट रेसिस्टेंट रोबोट, मेटल कास्टिंग और स्पॉट वेल्डिंग में किया जा सकता है।

#### लाभ—

- तीव्र गति
- बड़ा कार्य स्थान
- अद्वितीय नियंत्रक, वेल्डिंग और पेंटिंग में उपयोगी

#### हानि—

आमतौर पर PLC/PC जैसे लाइन मास्टर नियंत्रक के अलावा समर्पित रोबोट नियंत्रक की आवश्यकता होती है।

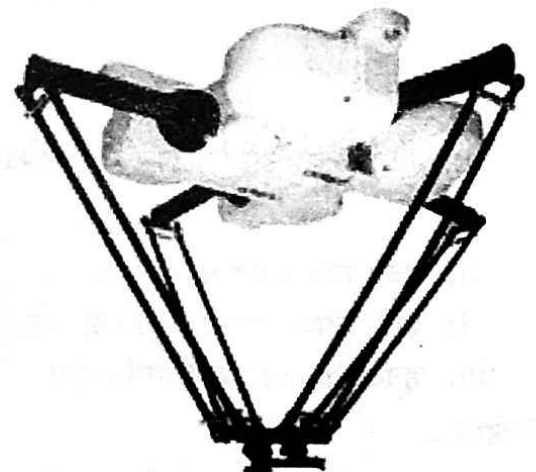
### 4. समानांतर रोबोट (Parallel Robots)

समानांतर रोबोट को समानांतर मैनीपुलेटर्स या सामान्यीकृत स्टीवर्ट प्लेटफार्मों के रूप में भी जाना जाता है। समानांतर रोबोट एक यांत्रिक प्रणाली है जो एकल प्लेटफॉर्म, या अंत-प्रभावक का समर्थन करने के लिए कई कंप्यूटर-नियंत्रित सीरियल चेन का उपयोग करता है।

#### अनुप्रयोग—

समानांतर रोबोट का उपयोग विभिन्न औद्योगिक अनुप्रयोगों में किया जाता है जैसे:

- फ्लाइट सिमुलेटर
- ऑटोमोबाइल सिमुलेटर
- कार्य प्रक्रियाओं में
- फोटोनिक्स/ऑप्टिकल फाइबर संरेखण



चित्र 7.13—समानांतर रोबोट



लाभ—

- बहुत तेज गति
- संपर्क लेंस के आकार का कार्य क्षेत्र
- उच्च गति से पिक्क एंड प्लेस

हानियाँ—

इसमें पीएलसी/पीसी जैसे लाइन मास्टर कंट्रोलर के अलावा समर्पित रोबोट नियंत्रक की आवश्यकता होती है।

## 7.9 रोबोट की गति (Robot Motion):

मैनिपुलेटर गति की रोबोट के एंड-ऑफ आर्म की स्थिति और अभिविन्यास या उससे जुड़े एंड एम्फेक्टर्स के साथ समय से संबंधित है लेकिन इसमें द्रव्यमान और बल के प्रभाव पर विचार नहीं किया जाता है। मैनिपुलेटर गतिकी का उपयोग रोबोट के एंड-ऑफ-आर्म की स्थिति और अभिविन्यास के गणितीय प्रतिनिधित्व तक सीमित होगा।

दो डिग्री-ऑफ़-फ्रीडम के साथ दो मैनिपुलेटर्स पर विचार करने पर:

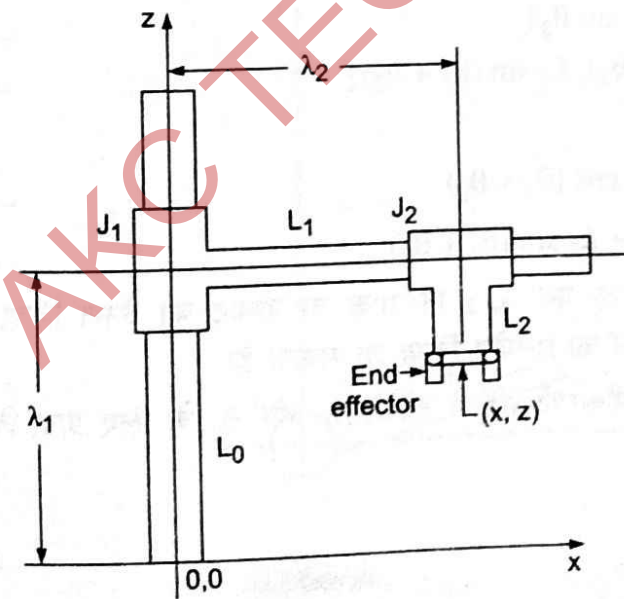
(a) 00 (ऑर्थोगोनल जोड़) रोबोट और

(b) RR (घूर्णी जोड़) रोबोट जैसा कि चित्र 7.14(b) में दिखाया गया है।

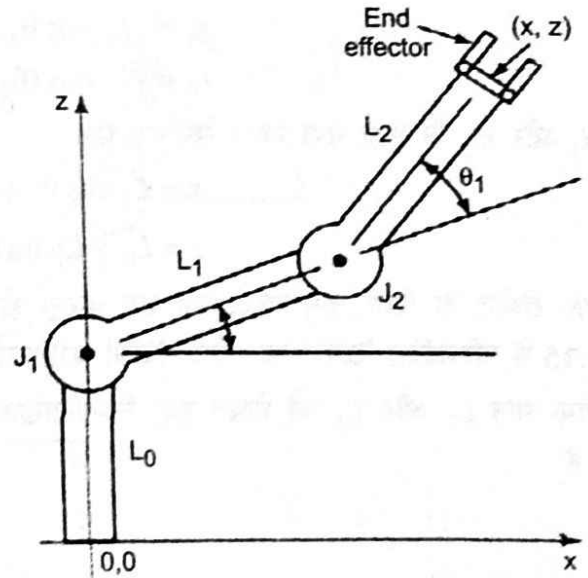
रोबोट मैनिपुलेटर में जोड़ ( $J_1, J_2$ ) और लिंक ( $L_1, L_2$ ) है तथा इस मैनिपुलेटर का डिग्री-ऑफ़-फ्रीडम 2 है। अगर मैनिपुलेटर में  $n$  डिग्री-ऑफ़-फ्रीडम है तो जोड़  $J_1, J_2, \dots, J_n$  तथा लिंक  $L_1, L_2, \dots, L_n$  होगा।

दिखाए गए चित्र 7.14(a) के अनुसार उनके संबंधित इनपुट लिंक के सापेक्ष जोड़ों की स्थिति  $\lambda_1$  और  $\lambda_2$  हैं। चित्र 7.14(b) में मान  $\theta_1$  और  $\theta_2$  हैं

चित्र 7.14 (a) और (b) में जोड़ों की स्थिति और अभिविन्यास निम्नानुसार हैं:



चित्र 7.14(a)—00 रोबोट



चित्र 7.14(b)—RR रोबोट



$$P_j = (\lambda_1, \lambda_2) \quad \dots(7.1)$$

$$P_j = (\theta_1, \theta_2) \quad \dots(7.2)$$

स्थिति का प्रतिनिधित्व करने का एक वैकल्पिक तरीका कार्टेशियन या वर्ल्ड कोऑर्डिनेट है।

ईन्ड आर्म (end arm) स्थिति  $P_w$  को कार्टेशियन या वर्ल्ड कोऑर्डिनेट में निम्न प्रकार परिभाषित किया जा सकता है:

$$P_w = (x, z) \quad \dots(7.3)$$

6 जोड़ वाले रोबोट के लिए

$$P_w = (x, y, z, a, b, c) \quad \dots(7.4)$$

$x, y, z, a, b, c$  की इकाई मिमी में ली गयी हैं।

**दो जोड़ों (joints) के साथ एक रोबोट के लिए अग्र और पश्च परिवर्तन:**

रोबोट के स्पेस में मैनिपुलेटर की स्थिति को परिभाषित करने के जॉइंट स्पेस (joint space) और वर्ल्ड स्पेस (world space) दोनों तरीके महत्वपूर्ण हैं। जॉइंटस्पेस (joint space) से वर्ल्ड स्पेस (world space) तक के मानचित्रण अग्र परिवर्तन (forward transformation) तथा वर्ल्ड स्पेस (world space) से जॉइंट स्पेस (joint space) में परिवर्तन को पश्च परिवर्तन (backward transformation) कहा जाता है।

$X$  और  $Z$  निर्देशांक सीधे मैनिपुलेटर के जोड़ से संबन्धित हैं।

अग्र परिवर्तन:  $x = \lambda_2$  and  $z = \lambda_1$  ... (7.5)

पश्च परिवर्तन:  $\lambda_1 = z$  and  $\lambda_2 = x$  ... (7.6)

जहाँ  $x$  और  $z$  वर्ल्ड स्पेस में समन्वय मान हैं और  $\lambda_1$  और  $\lambda_2$  जॉइंट स्पेस में समन्वय मान हैं।

चित्र के  $RR$  रोबोट के लिए, अग्र परिवर्तन को ध्यान में रखकर गणना की जाती है। दो लिंक की लंबाई और दिशा को स्पेस में वेक्टर के रूप में देखा जा सकता है।

$$r_1 = \{L_1 \cos \theta_1, L_1 \sin \theta_1\} \quad \dots(7.7a)$$

$$r_2 = \{L_2 \cos (\theta_1 + \theta_2), L_2 \sin (\theta_1 + \theta_2)\} \quad \dots(7.7b)$$

$R_1$  और  $R_2$  के लिए नया स्थान समन्वय मान

$$x = L_1 \cos \theta_1 + L_2 \cos (\theta_1 + \theta_2) \quad \dots(7.8a)$$

$$z = L_0 + L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin (\theta_1 + \theta_2) \quad \dots(7.8b)$$

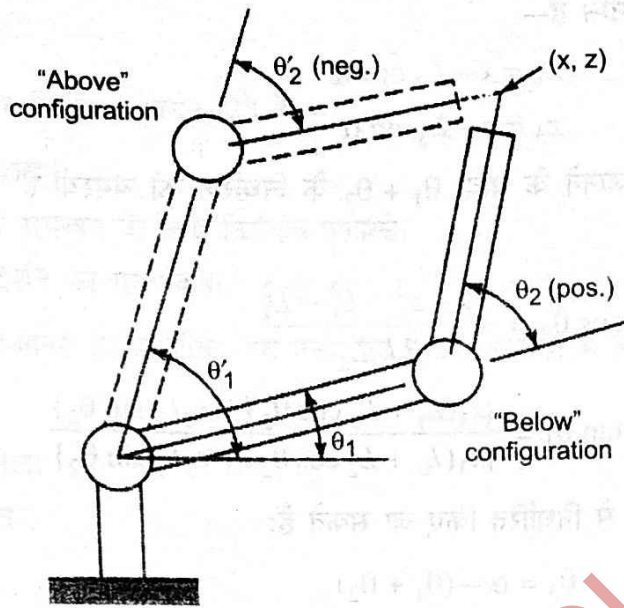
$RR$  रोबोट के लिए, हमें पहले यह तय करना होगा कि क्या  $x, z$  निर्देशांक पर रोबोट को तैनात किया जाएगा चित्र 7.15 में परिभाषित 'ऊपर' या 'नीचे' किसी कॉन्फिगरेशन का उपयोग किया जा सकता है।

लिंक मान  $L_1$  और  $L_2$  को देखते हुए, निम्नलिखित समीकरणों को दो कोणों  $\theta_1$  और  $\theta_2$  के लिए प्राप्त किया जा सकता है:

$$x = \frac{x^2 + (z - L_0)^2 - L_1^2 - L_2^2}{2L_1 L_2} \quad \dots(7.9a)$$

$$\tan \theta = \frac{\{(z - L_0)(L_1 + L_2 \cos \theta_2) - xL_2 \sin \theta_2\}}{\{x(L_1 + L_2 \cos \theta_2) + (z - L_0)L_2 \sin \theta_2\}} \quad \dots(7.9b)$$




 चित्र 7.15—RR रोबोट में  $x$ - $z$  निर्देशांक

तीन जोड़ों (joints) के साथ एक रोबोट के लिए अग्र और पश्च परिवर्तन:

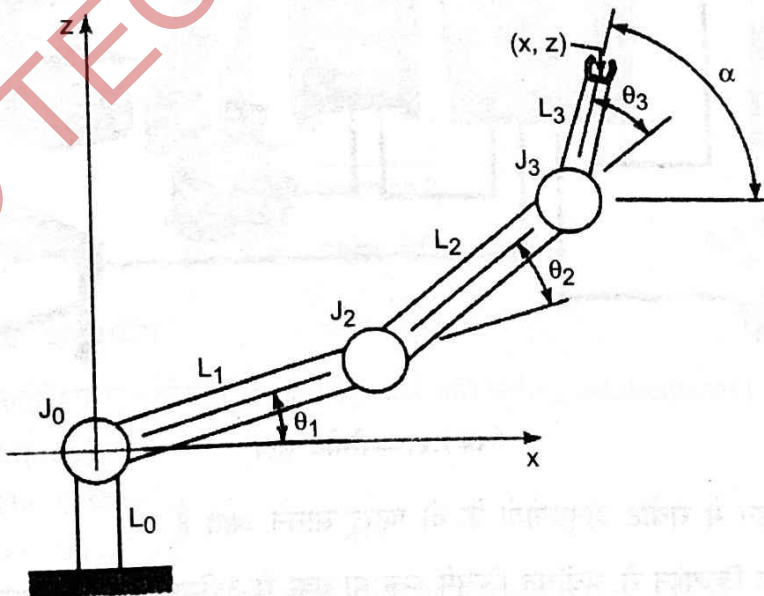
अग्र परिवर्तन के लिए,  $x$  और  $z$  निर्देशांक को उसी तरह से गणना कर सकते हैं जैसे कि पिछले RR रोबोट के लिए उपयोग किया जाता है। चित्र 7.16 से  $x$  और  $z$  के मानों की गणना निम्नानुसार की जा सकती है।

$$x = L_1 \cos \theta_1 + L_2 \cos (\theta_1 + \theta_2) + L_3 \cos (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) \quad \dots(7.10a)$$

$$z = L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin (\theta_1 + \theta_2) + L_3 \sin (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) \quad \dots(7.10b)$$

क्षैतिज के साथ कलाई (end effector) द्वारा बनाया गया कोण

$$\alpha = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 \quad \dots(7.10c)$$



चित्र 7.16—RR रोबोट



जोड़ 3 ( $J_3$ ) के निर्देशांक निम्न हैं—

$$x_3 = x - L_3 \cos \alpha \quad \dots(7.11a)$$

$$z_3 = z - L_3 \sin \alpha \quad \dots(7.11b)$$

संयुक्त 3 के निर्देशांक को जानने के बाद,  $\theta_1 + \theta_2$  के निर्धारण की समस्या है जो पिछले RR कॉन्फिगरेशन रोबोट के समान होगा।

$$\cos \theta_2 = \frac{x_3^2 + z_3^2 - L_1^2 - L_2^2}{2L_1L_2} \quad \dots(7.12a)$$

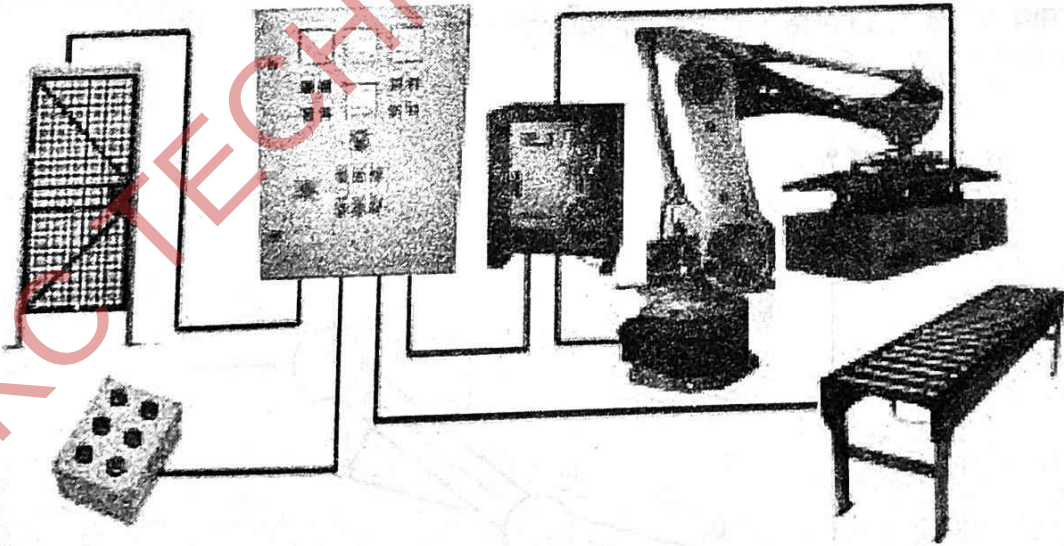
$$\tan \theta_1 = \frac{\{z_3(L_1 + L_2 \cos \theta_2) - x_3L_2 \sin \theta_2\}}{\{x_3(L_1 + L_2 \cos \theta_2) + z_3L_2 \sin \theta_2\}} \quad \dots(7.12b)$$

जोड़ 3 के मान निम्न प्रकार से निर्धारित किए जा सकते हैं:

$$\theta_3 = \alpha - (\theta_1 + \theta_2) \quad \dots(7.12c)$$

### 7.10 रोबोट सेल या कार्य सेल (Robot Cell or Work Cell)

रोबोट सेल एक पूर्ण प्रणाली है जिसमें रोबोट, नियंत्रक और अन्य बाह्य उपकरणों जैसे कि पार्ट पोजिशनर और सुरक्षित वातावरण शामिल हैं। रोबोट सेल को कभी-कभी वर्क सेल के नाम से जाना जाता है। रोबोट और उससे जुड़े उपकरण एक बुनियादी रोबोट वर्क सेल (या वर्क स्टेशन) का निर्माण करते हैं। सामान्य तौर पर मानव श्रमिकों को भी वर्क सेल में उन कार्यों को करने के लिए शामिल किया जा सकता है जो आसानी से स्वचालित नहीं होते हैं। निरीक्षण या संचालन जिसमें निर्णय की आवश्यकता होती है जहां पर सामान्य रोबोट प्रक्रिया नहीं करता है वहां मानव श्रमिकों की सहायता ली जाती है।



चित्र 7.17—रोबोट सेल

औद्योगिक उत्पादन लाइन में रोबोट अनुप्रयोगों के दो पहलू सामने आते हैं:

1. रोबोट वर्क सेल के डिजाइन से संबंधित जिसमें एक या एक से अधिक रोबोट और एक से अधिक मशीन शामिल हो सकते हैं।
2. दूसरा नियंत्रण प्रणाली से संबंधित है जो कार्य सेल के विभिन्न घटकों के बीच गतिविधियों का समन्वय करेगा।



## रोबोटवर्क सेल लेआउट

रोबोटवर्क सेल लेआउट में निम्नलिखित अवयव होते हैं—

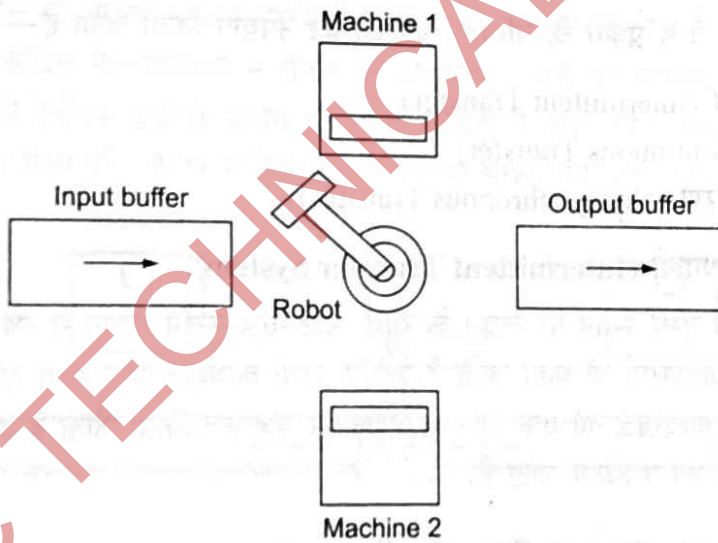
- वर्क सेल का भौतिक डिज़ाइन।
- सेल में विभिन्न घटकों के समन्वय के लिए नियंत्रण प्रणाली।
- डिज़ाइन के प्रत्याशित प्रदर्शन का मूल्यांकन।

रोबोट वर्क सेल बहुत सारे लेआउट हैं। हालाँकि, हम उन्हें तीन मुख्य विन्यासों में वर्गीकृत कर सकते हैं—

- रोबोट केंद्रित वर्क सेल
- इन-लाइन रोबोट वर्क सेल।
- मोबाइल रोबोट वर्क सेल

### (i) रोबोट केंद्रित वर्क सेल

इस कॉन्फिगरेशन में, रोबोट वर्क सेल के केंद्र पर स्थित होता है। अन्य घटकों और उपकरणों को रोबोट के चारों ओर एक आंशिक घेरे में व्यवस्थित किया जाता है। यह लेआउट रोबोट के उच्च उपयोग के लिए अनुमति देता है। यह व्यवस्था उन प्रतिष्ठानों के लिए उपयुक्त है जहां एक एकल रोबोट एक या अधिक उत्पादन मशीनों की सेवा कर रहा है।



चित्र 7.18—रोबोट केंद्रित वर्क सेल

### रोबोट केंद्रित वर्क सेल के अनुप्रयोग

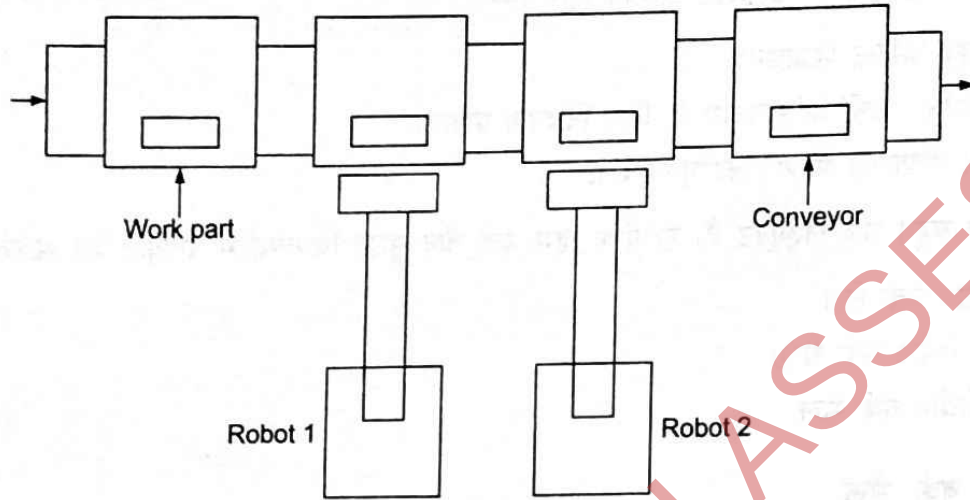
- 1-लोडिंग और अनलोडिंग एप्लिकेशन (Loading and unloading applications)
- 2-मशीनिंग (Machining)
- 3-डाई-कास्टिंग (Die-casting)
- 4-आर्क वेल्डिंग (Arc welding)
- 5-प्लास्टिक मोल्डिंग अनुप्रयोगों (Plastic moulding applications)

### (ii) इन-लाइन रोबोट वर्क सेल (In-Line Robot Work Cell)

एक या एक से अधिक रोबोट एक इन-लाइन कन्वेयर या अन्य सामग्री परिवहन प्रणाली में एक साथ स्थित होते हैं।



काम को इस प्रकार व्यवस्थित किया जाता है ताकि परिवहन प्रणाली द्वारा रोबोट को भागों (parts) को प्रस्तुत किया जाए। प्रत्येक रोबोट कुछ प्रसंस्करण या असेंबली ऑपरेशन करता है।



चित्र 7.19—इन-लाइन रोबोट वर्क सेल

इसका उपयोग वेल्डिंग लाइनों का उपयोग कार बॉडीफ्रेम को स्पॉट करने के लिए किया जाता है, जो आमतौर पर कई रोबोट का उपयोग करता है।

इन-लाइन रोबोट वर्क सेल में 3 प्रकार के परिवहन प्रणाली का उपयोग किया जाता है—

- आंतरायिक स्थानांतरण (Intermittent Transfer)
- निरंतर स्थानांतरण (Continuous Transfer)
- नॉन सिंक्रोनस स्थानांतरण (Nonsynchronous Transfer)

#### (a) आंतरायिक स्थानांतरण प्रणाली (Intermittent Transfer System)

कार्यखंड को एक स्टेशन से दूसरे स्थान पर लाइन के साथ स्टार्ट-एंड-स्टॉप मोशन में स्थानांतरित किया जाता है। इसे समकालिक (synchronous) स्थानांतरण भी कहा जाता है क्योंकि सभी कार्यखंड एक साथ अगले पड़ाव में चले जाते हैं। इस प्रणाली का लाभ यह है कि कार्यखंड को एक निश्चित स्थान पर पंजीकृत किया जाता है और रोबोट के कार्य चक्र के दौरान रोबोट के संबंध में उन्मुखीकरण किया जाता है।

#### (b) सतत स्थानांतरण प्रणाली (Continuous Transfer System)

कार्यखंड को निरंतर गति से लाइन के साथ लगातार स्थानांतरित किया जाता है। कार्यखंड गति के साथ-साथ रोबोट को काम करना होता है। लाइन के साथ किसी भी निश्चित स्थान के संबंध में कार्यखंड की स्थिति और अभिविन्यास लगातार बदल रहे हैं। ट्रैकिंग की सहायता से रोबोट कार्यखंड के हिस्से के संबंध में अपने उपकरण की सापेक्ष स्थिति और अभिविन्यास बनाए रखता है। रोबोट को समान गति से कन्वेयर के समानांतर ले जाकर या स्टेशनरी बेस लाइन ट्रैकिंग सिस्टम द्वारा ट्रैकिंग समस्या को आंशिक रूप से हल किया जा सकता है।

स्टेशनरी बेस लाइन ट्रैकिंग प्रणाली में निम्नलिखित इंजीनियरिंग समस्याएं आ सकती हैं—

- सबसे पहले रोबोट के पास पर्याप्त कम्प्यूटेशनल और नियंत्रण क्षमताएं होनी चाहिए।
- रोबोट की ट्रैकिंग विंडो पर्याप्त मात्रा में होनी चाहिए।
- ट्रैकिंग विंडो में आने वाले विभिन्न हिस्सों की पहचान करने के लिए सेंसर सिस्टम।
- रोबोट के उपकरण के सापेक्ष चलते कार्यखंड को ट्रैक करने की क्षमता।

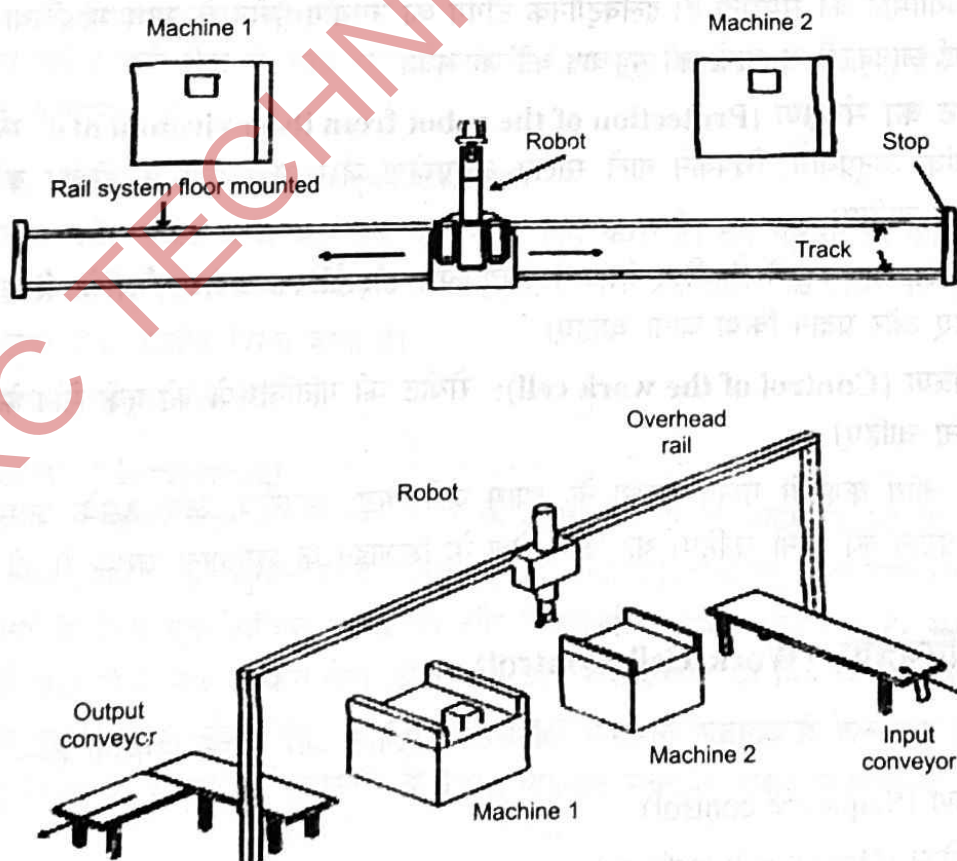


### (c) नॉनसिंक्रोनस ट्रांसफर सिस्टम (Nonsynchronous Transfer System)

इसे “पावर एंड फ्री सिस्टम” के नाम से भी जाना जाता है। प्रत्येक कार्यखंड का हिस्सा अन्य हिस्सों से स्वतंत्र रूप से ट्रांसफर लाइन पर रुक-रुक कर चलता है। जब कोई कार्य स्टेशन किसी कार्यखंड पर कार्य करना पूर्ण कर लेता है, तो वह भाग अगले कार्य स्टेशन पर पहुंच जाता है। एक समय में कुछ कार्यखंड पर कार्य होता है जबकि अन्य स्थानांतरण प्रणाली के द्वारा स्थानांतरित होते रहते हैं। प्रत्येक स्टेशन की चक्र समय आवश्यकताओं के अनुसार समय-समय पर बदलता रहता है। इस प्रकार की स्थानांतरण प्रणाली का डिज़ाइन और संचालन अन्य दो की तुलना में अधिक जटिल है क्योंकि प्रत्येक भाग को अपने स्वयं के स्वतंत्र रूप से संचालित चलती गाड़ी (cart) के साथ प्रदान किया जाना चाहिए। जबकि पावर-एंड-फ्री पद्धति में उपयोग किए जाने वाले रोबोट सिस्टम को डिज़ाइन और नियंत्रित करने की समस्या निरंतर हस्तांतरण विधि की तुलना में कम जटिल है। नॉनसिंक्रोनस ट्रांसफर सिस्टम पर आगमन की अनियमित समय के लिए, सेंसर का उपयोग किया जाता है जो रोबोट को उचित निर्देश देता है कि कार्य चक्र कब शुरू किया जाए। नॉनसिंक्रोनस ट्रांसफर सिस्टम अन्य दो प्रणालियों की तुलना में अधिक लचीलापन प्रदान करते हैं।

### (iii) मोबाइल रोबोट वर्क सेल (Mobile Robot Work Cell)

इस व्यवस्था में, विभिन्न स्थानों पर विभिन्न कार्यों को करने के लिए वर्क सेल के भीतर, रोबोट को परिवहन के साधन प्रदान किए जाते हैं, जैसे कि मोबाइल बेस। परिवहन तंत्र फ़र्श माउंटेड ट्रैक या ओवरहेड रेलिंग सिस्टम हो सकता है जो रोबोट को रैखिक रास्तों पर ले जाने की अनुमति देता है। मोबाइल रोबोट कार्य कोशिकाएं उन प्रतिष्ठानों के लिए उपयुक्त होती हैं, जहाँ रोबोट को एक से अधिक स्टेशन (उत्पादन मशीन) की सेवा करनी होती है, जिसमें लंबे समय तक प्रसंस्करण चक्र होते हैं, और रोबोट-केंद्रित सेल व्यवस्था में रोबोट के आसपास स्टेशनों की व्यवस्था नहीं की जा सकती है। भौगोलिक रूप से रोबोट की पहुंच से अधिक दूरी से अलग होने वाले स्टेशनों के लिए भी इसका उपयोग किया जाता है। इस वर्क सेल को डिज़ाइन करने के लिए स्टेशनों या मशीनों की अधिकतम संख्या का पता लगाना एक समस्या है।



चित्र 7.20—मोबाइल रोबोट वर्क सेल



**वर्कसेल डिजाइन के आवश्यक विचार—**

- सेल में अन्य उपकरणों के लिए संशोधन
- कार्यखंड की स्थिति और अभिविन्यास
- कार्यखंड की पहचान
- रोबोट का संरक्षण
- उपयोगिताएं
- काम सेल का नियंत्रण
- सुरक्षा

वर्कसेल के डिजाइन करने के दौरान निम्नलिखित मुद्दों पर ध्यान देना चाहिए—

**वर्क सेल के अन्य उपकरणों का संशोधन (Modifications to other equipment in the work cell):** वर्क सेल में उपकरणों को रोबोट से इंटरफ़ेस करने के लिए संशोधनों की आवश्यकता होती है। विशेष जुड़नार और नियंत्रण उपकरणों को एकीकृत संचालन के लिए तैयार किया जाना चाहिए।

**कार्यखंड स्थिति और अभिविन्यास (Part position and orientation):** कार्यखंड को वर्क सेल में वितरित करने के लिए, पिक-अप स्थान का कन्वेयर के साथ सटीक संबंध स्थापित किया जाना चाहिए। रोबोट का सटीक रूप से कार्य करने के लिए कार्यखंड को ज्ञात स्थिति और अभिविन्यास में होना चाहिए। कार्यखंड पर प्रोसेस होने दौरान कार्यखंड अभिविन्यास को लुप्त नहीं होना चाहिए।

**कार्यखंड की पहचान (Part identification):** यदि कार्यखंड एक से अधिक प्रकार के हैं, तो स्वचालित साधनों द्वारा विभिन्न भागों की पहचान करने की आवश्यकता होगी, जैसे कि ऑप्टिकल तकनीक, चुंबकीय तकनीक या सीमा स्विच जो विभिन्न आकारों या ज्यामिति को समझती हैं। इलेक्ट्रॉनिक टैगिंग का उपयोग पैलेट के साथ भी किया जा सकता है ताकि सूचना कार्ड द्वारा की गई जानकारी से भागों की पहचान की जा सके।

**पर्यावरण से रोबोट का संरक्षण (Protection of the robot from its environment):** स्प्रे पेंटिंग, हॉट मेटल वर्किंग कंडीशन, अपघर्षक अनुप्रयोग, चिपकने वाले सीलेंट अनुप्रयोगों जैसे अनुप्रयोगों में, रोबोट को संभावित प्रतिकूल वातावरण से बचाया जाना चाहिए।

**उपयोगिताएं (Utilities):** भट्टियों के लिए बिजली, वायु और हाइड्रोलिक दबाव, गैस के लिए आवश्यकताओं पर विचार किया जाना चाहिए और प्रदान किया जाना चाहिए।

**वर्क सेल का नियंत्रण (Control of the work cell):** रोबोट की गतिविधियों को वर्क सेल के अन्य उपकरणों के साथ समन्वित किया जाना चाहिए।

**सुरक्षा (Safety):** कार्य कक्ष में मानव सुरक्षा के उपाय जैसे बाड़, अवरोध, और उसके आसपास सेंसर के साथ सुरक्षा व्यवधान प्रणाली प्रदान की जानी चाहिए। यह काम सेल के डिजाइन के शुरुआती चरणों में भी किया जाना चाहिए।

**7.11 वर्क सेल नियंत्रण (Work Cell Control)**

कार्य सेल का कार्य मूल रूप से अनुक्रम नियंत्रण, ऑपरेटर इंटरफ़ेस और सुरक्षा निगरानी है—

- (a) अनुक्रम नियंत्रण (Sequence control)
- (b) संचालक इंटरफ़ेस (Operator Interface)
- (c) सुरक्षा निगरानी (Safety Monitoring)



### (a) अनुक्रम नियंत्रण (Sequence Control)

यह वर्क सेल नियंत्रक का मूल कार्य है। अनुक्रम नियंत्रण में शामिल हैं:

1. गतिविधियों के अनुक्रम का विनियमन।
2. एक साथ गतिविधियों का नियंत्रण।
3. मशीनिंग सेंटर में ऑटोमशीनिंग चक्र होता है।
4. मशीन ऑटोमशीनिंग करती है। रोबोट मशीन को अनलोड करता है और कार्यखंड को पैलेट पर रख देता है।
5. रोबोट पीकअप बिन्दु पर वापस चला जाता है।

#### उदाहरण

एक वर्क सेल में, गतिविधियों का क्रम इस प्रकार होता है:

1. रोबोट एक ज्ञात पिक अप स्थान (आदर्श मशीन) पर कन्वेयर से कार्यखंड को चुनता है।
2. मशीनिंग सेंटर में रोबोट कार्यखंड को लोड करता है (आदर्शमशीन)।
3. मशीनिंग सेंटर ऑटो मशीनिंग चक्र से शुरू होती है।
4. मशीन ऑटोमशीनिंग को पूरा करती है। रोबोट मशीन से कार्यखंड को अनलोड करता है और पैलेट पर जगह देता है।
5. रोबोट पिक-अप बिन्दु पर वापस चला जाता है।

यहाँ लगभग सभी गतिविधियाँ क्रमिक रूप से पूरी होती हैं। इसलिए, नियंत्रक को यह सुनिश्चित करना चाहिए कि गतिविधियाँ सही क्रम में हों और अगली शुरुआत से पहले प्रत्येक चरण पूरा हो जाए।

### (b) संचालक इंटरफ़ेस (Operator Interface)

यह ऑपरेटर के लिए रोबोट वर्क सेल के साथ संवाद करने के लिए एक साधन प्रदान करना है। ऑपरेटर इंटरफ़ेस के लिए निम्नलिखित बिन्दु आवश्यक हैं:

1. रोबोट को प्रोग्राम, संशोधित और अद्यतन (update) करना।
2. यदि मानव ऑपरेटर और रोबोट दोनों कार्यखंड एक साथ कार्य करते हैं। तब मनुष्य उन कार्यों में शामिल होता है जिनके लिए निर्णय और संवेदी क्षमताओं की आवश्यकता होती है जो रोबोट के पास नहीं होती है।
3. मानव ऑपरेटर द्वारा डेटा प्रविष्टि किया जाता है।
4. आपातकालीन गतिविधियों को रोकना।

### (c) सुरक्षा निगरानी (Safety Monitoring)

आपातकालीन की स्थिति में कार्य चक्र को बाधित करने के लिए एक सतर्क ऑपरेटर की आवश्यकता होती है (हालांकि, आपात स्थिति हमेशा ऑपरेटर की सुविधाजनक समय पर नहीं होती है)। इसलिए, सेल उपकरणों की सुरक्षा और कार्य क्षेत्र में रहने वाले लोगों के लिए एक अधिक स्वचालित और विश्वसनीय साधन आवश्यक है। सुरक्षा निगरानी एक वर्क सेल नियंत्रण फ़ंक्शन है जहां सेंसर का उपयोग सेल की स्थिति और गतिविधियों की निगरानी के लिए किया जाता है, ताकि असुरक्षित या संभावित असुरक्षित स्थितियों का पता लगाया जा सके। ऐसे विभिन्न प्रकार के सेंसर हैं जिनका उपयोग इस तरह के उद्देश्य के लिए किया जा सकता है, उदाहरण के लिए, तापमान संवेदक, दबाव संवेदनशील फर्श मैट, प्रकाश संवेदक, और मशीन दृष्टि।

निम्नलिखित प्रकार से सुरक्षा निगरानी को विभिन्न परिस्थितियों में प्रतिक्रिया देने के लिए प्रोग्राम किया गया है—

- सेल गतिविधियों का पूर्ण ठहराव।



- मानव के मौजूद होने पर रोबोट की गति को एक सुरक्षित स्तर पर ले जाना।
- रखरखाव कर्मियों को सचेत करने के लिए चेतावनी।
- रोबोट को विशेष रूप से असुरक्षित घटना से उबरने की अनुमति देने के लिए विशेष रूप से क्रमादेशित सबरूटीन्स।

## 7.12 इंटरलॉक (Interlocks)

इंटरलॉक तब तक कार्य चक्र अनुक्रम को रोकने का साधन प्रदान करते हैं जब तक कि कुछ निश्चित शर्तों को पूरा नहीं किया जाता है। यह कार्य सेल नियंत्रण की एक बहुत ही महत्वपूर्ण विशेषता है, जो गतिविधियों के अनुक्रम को नियंत्रित करती है। गतिविधियों के समन्वय और सिंक्रनाइजेशन के लिए इंटरलॉक आवश्यक हैं। इंटरलॉक काम चक्रों में कुछ तत्वों के लिए समय में बदलाव की अनुमति देते हैं।

निम्नलिखित उद्देश्यों के लिए इंटरलॉक का उपयोग किया जाएगा—

- यह सुनिश्चित करने के लिए कि पिकअप स्थान पर एक कच्ची सामग्री था, इससे पहले कि रोबोट इसे समझने की कोशिश करता है।
- कार्यखंड को मशीन पर लोड करने के प्रयास से पहले यह निर्धारित करने के लिए कि मशीनिंग चक्र पूरा हो गया है।
- यह इंगित करने के लिए कि कार्यखंड सफलतापूर्वक लोड किया गया है ताकि ऑटोमशीनिंग चक्र शुरू हो सके।

इंटरलॉक को दो वर्गों में विभाजित किया जा सकता है—

- इनपुट इंटरलॉक
- आउटपुट इंटरलॉक

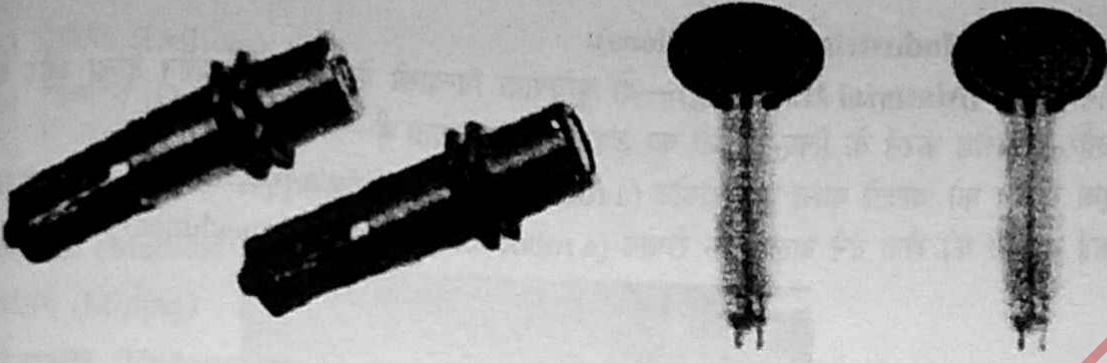
**इनपुट इंटरलॉक (Input interlocks)**—इनपुट इंटरलॉक सेल में घटकों से नियंत्रक को भेजे गए संकेतों का उपयोग करते हैं। वे संकेत देते हैं कि कुछ शर्तों को पूरा किया गया है और क्रमादेशित कार्य क्रम जारी रह सकता है। उदाहरण के लिए काम की स्थिरता पर एक सीमा स्विच यह इंगित करने के लिए एक संकेत भेज सकता है कि भाग ठीक से लोड किया गया है।

**आउटपुट इंटरलॉक (Output interlocks)**—आउटपुट इंटरलॉक नियंत्रक से भेजे गए संकेतों का उपयोग वर्क सेल के अन्य उपकरणों या मशीनों के लिए करता है। ऑटो चक्र शुरू करने के लिए मशीनिंग केंद्र को संकेत देने के लिए आउटपुट सिग्नल का उपयोग किया जाता है। संकेत कुछ शर्तों को पूरा करने पर आकस्मिक है, जैसे कि, काम का हिस्सा ठीक से लोड किया गया है और रोबोट ग्राइपर को सुरक्षित दूरी पर ले जाया गया है। इन स्थितियों को आमतौर पर इनपुट इंटरलॉक के माध्यम से निर्धारित किया जाता है। कार्य कक्ष को डिजाइन करते समय, हमें न केवल सामान्य ऑपरेशन के दौरान घटनाओं के नियमित अनुक्रम पर विचार करना चाहिए, बल्कि संभावित अनियमितताओं और खराबी पर भी विचार करना चाहिए। नियमित चक्र में, विभिन्न अनुक्रमिक के साथ-साथ गतिविधियों की पहचान करनी चाहिए, और साथ में सभी आवश्यक शर्तों को पूरा करना चाहिए।

## 7.13 रोबोट सेंसर (Robot Sensor)

सेंसर रोबोट और आसपास के वातावरण के ज्यामितीय और भौतिक गुणों को संवेदन करने और मापने के लिए आवश्यक उपकरण हैं। जैसे स्थिति, अभिविन्यास, वेग, त्वरण-दूरी, आकार-बल, क्षण-तापमान, प्रकाश, भार आदि।



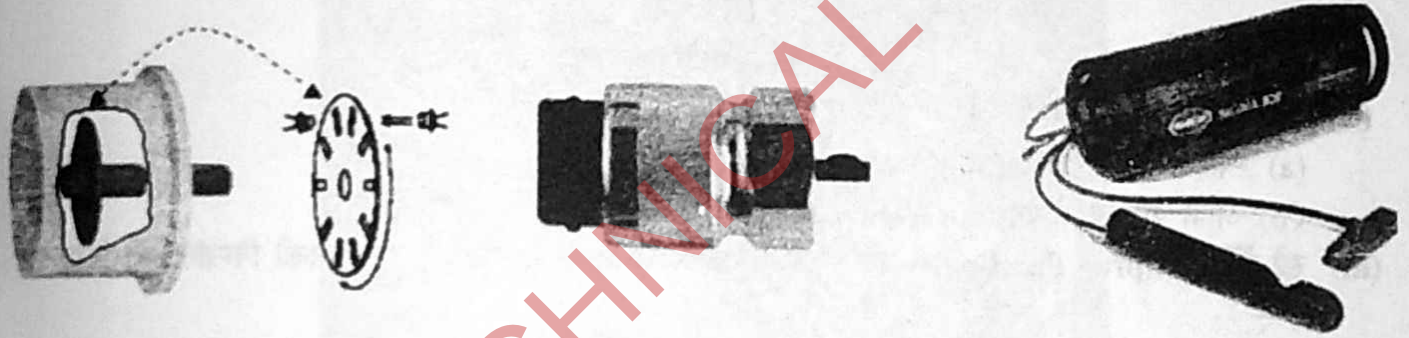


चित्र 7.21—(a) अतिध्वनि संवेदक (Ultrasonic sensor) (b) टॉर्च सेंसर (Torch sensor)

रोबोट सेंसर को दो समूहों में वर्गीकृत किया जा सकता है—

- आंतरिक सेंसर
- बाहरी सेंसर

**आंतरिक सेंसर (Internal Sensors):** आंतरिक सेंसर स्वयं रोबोट के बारे में जानकारी प्राप्त करते हैं। जैसे स्थिति सेंसर, वेग सेंसर, त्वरण सेंसर, मोटर टार्क (torque) सेंसर, आदि।



चित्र 7.22—(a) प्रकाशीय संवेदक (Optical sensor) (b) त्वरण सेंसर (acceleration sensor)  
(c) वेग सेंसर (velocity)

**बाहरी सेंसर (External sensors):** बाहरी सेंसर आसपास के वातावरण में जानकारी प्रदान करते हैं। जैसे बाहरी पर्यावरण को देखने के लिए कैमरे आदि।

बाहरी सेंसर निम्न प्रकार के हो सकते हैं—

**रेंज सेंसर:** IR सेंसर, लेज़र रेंज फाइंडर, अल्ट्रासोनिक सेंसर आदि।

**संपर्क और निकटता सेंसर:** Photodiode, IR डिटेक्टर, RFID, स्पर्श आदि।

**बल सेंसर:** Strain Gauge Transducer (तनाव गेज ट्रांसड्यूसर) Piezo-Electric Transducer (पिज़ो-इलेक्ट्रिक ट्रांसड्यूसर) Megnetostriuctive Transducer (मैग्नेटोस्ट्रिक्टिव ट्रांसड्यूसर) आदि।

## 7.14 रोबोट अनुप्रयोग (Robot Applications)

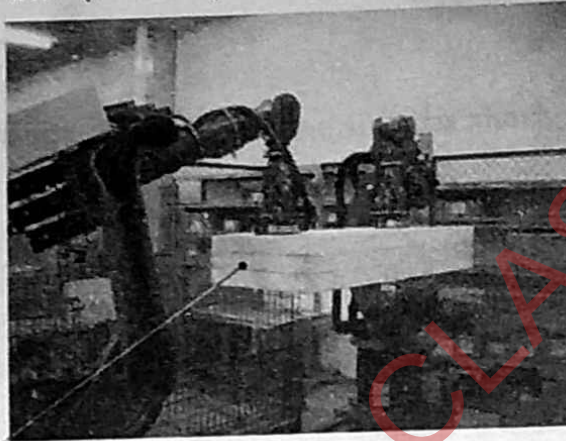
कुछ निश्चित औद्योगिक कार्य, जैसे कि मेटेरियल ट्रांसफर, मशीन लोडिंग, स्पॉट वेल्डिंग, निरंतर आर्क वेल्डिंग, स्प्रे कोटिंग, मेटेरियल रिमूवल, कटिंग ऑपरेशंस, असेंबलिंग ऑपरेशंस, पार्ट इन्स्पेक्शन, पार्ट क्लीनिंग, पार्ट क्लीनिंग, पार्ट पॉलिशिंग, और मशीन ऑपरेशन जैसे अधिक विशिष्ट कार्य रोबोट अधिक कुशलता से करते हैं। इस खंड में कुछ अनुप्रयोगों को विस्तृत किया गया है।



### 1. औद्योगिक अनुप्रयोग (Industrial Applications):

(i) **पदार्थ संचालन (Material Handling)**—दो बुनियादी विन्यासों के बीच में मशीन टूल्स और कार्यखंड को लोड और अनलोड करने के लिए रोबोटों का उपयोग किया जाता है—

- (a) एक मशीन को चलाने वाला एक रोबोट (a robot tending a single machine)
- (b) कई मशीनों को सेवा देने वाला एक रोबोट (a robot serving several machines)



Workpiece

चित्र 7.23—औद्योगिक रोबोट

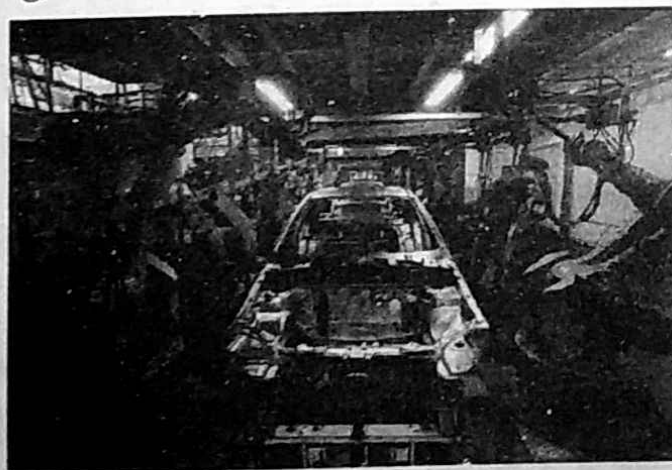
(ii) **वैल्डिंग (Welding)**—

- (a) स्पॉट वैल्डिंग रोबोट (Spot-welding Robots)
- (b) आर्क वैल्डिंग रोबोट (Arc Welding Robots)

(iii) **स्प्रे पेंटिंग (Spray Painting)**—स्प्रे पेंटिंग रोबोट उच्च क्षमता के होते हैं और इनकी निम्नलिखित विशेषताएं हैं—

- (a) जोड़तोड़ निपुणता का उच्च स्तर (high level of manipulator dexterity),
- (b) छोटे आधार जोड़तोड़ के लिए बड़े काम की मात्रा (large working volume for small-base manipulator),
- (c) कॉम्पैक्ट साइट्स (compact writs),
- (d) छोटा पेलोड (small payload)
- (e) कम सटीकता और पुनरावृत्ति (low accuracy and repeatability)

(iv) **संयोजन (Assembling)**



चित्र 7.24—कार संयोजन में रोबोट



(v) मशीनिंग (Machining)

(a) ड्रिलिंग (Drilling)

(b) डिब्रिंग (Deburring)

2. अन्य अनुप्रयोग (Other Applications)

(i) चिकित्सा (Medical)

(ii) मिलिंग (Mining)

(iii) अंडरवाटर (Underwater)

(iv) सैन्य (Defence)

(v) शिक्षा (education)



चित्र 7.24—कृषि में रोबोट का उपयोग

(vii) अन्तरिक्ष (Space)—अन्तरिक्ष मिशन के लिए एक रोबोट में तीन विशेषताएं होनी चाहिए—

- (a) कॉम्पैक्टनेस और लाइटनेस (Compactness and Lightness)—रोबोट को अन्तरिक्ष में भेजने की लागत सीधे उसके आकार और वजन से संबंधित है। इसके लिए रोबोट हल्के वजन के होने चाहिए।
- (b) मजबूतता (Robustness)—रोबोट के प्रत्येक भाग मजबूत होने चाहिए।
- (c) बहुमुखी प्रतिभा और अनुकूलनशीलता (Versatility and Adaptability)—अन्वेषण (exploration) में जहां वातावरण स्वाभाविक रूप से अज्ञात है, सफलता की संभावना बढ़ाने के लिए अनुकूलन क्षमता उच्च होनी चाहिए।



## अभ्यास प्रश्न

1. रोबोटके कार्यक्षेत्र क्या है, वर्णन करे?
2. रोबोट के जन्म पर टिप्पणी लिखे।
3. रोबोट की परिभाषा दीजिये तथा इसके इतिहास पर प्रकाश डालिए।
4. रोबोटिक्स का क्या नियम है?
5. रोबोट के विभिन्न भागों की कार्य प्रणाली बताए।
6. रोबोट हेतु प्रयोग की जाने वाली भाषा क्या है? समझाइए।
7. रोबोट कितने प्रकार के है? विस्तार पूर्वक वर्णन करे।
8. औद्योगिक रोबोट मैनीपुलेटर की संरचना समझाइए।
9. SCARA रोबोट की कार्य क्षमता पर प्रकाश डालिए व इसकी लाभ और हानियों का उल्लेख कीजिये।
10. रोबोट की गति कैसे नियंत्रित की जाती है? उचित समीकरण द्वारा समझाइए।
11. रोबोट सेल से आप क्या समझते है? समझाइए।
12. वर्क सेल नियंत्रण से आप क्या समझते है? ये कितने प्रकार के होते है?
13. इंटरलॉक (Interlocks) पर टिप्पणी लिखे।
14. रोबोट सेंसर (Robot sensor) क्या होता है? रोबोट के क्षेत्र में इनकी उपयोगिता समझाइए।
15. विभिन्न क्षेत्र में रोबोट के अनुप्रयोग का वर्णन करें।
16. किस प्रकार के वेल्डिंग रोबोट का उपयोग किया जाता है?
17. स्प्रे पेइंटिंग रोबोट की क्या विशेषताएं हैं?



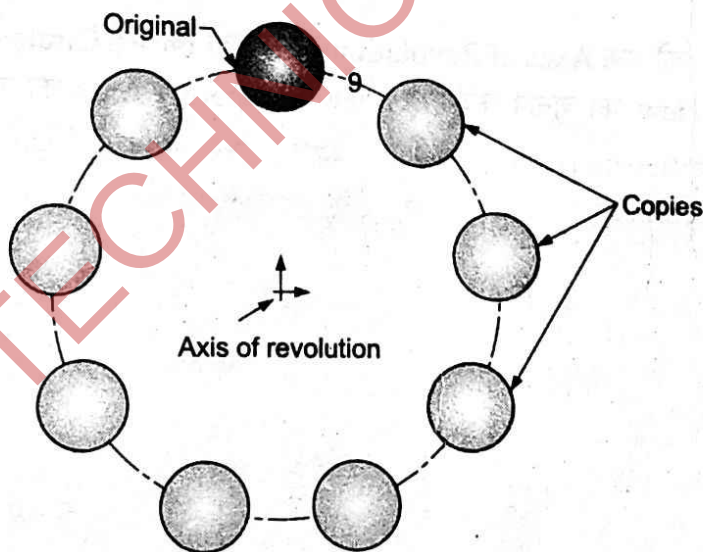
# प्रयोगात्मक (PRACTICALS)

## PRACTICAL No. 1

### उद्देश्य (Object):

सॉलिड वर्क का उपयोग करते हुए ऐरे (Array), मिरर (mirror), रोटेशन (rotation), ट्रांसलेशन (translation) जैसे 3D कमांड का संचालन करना।

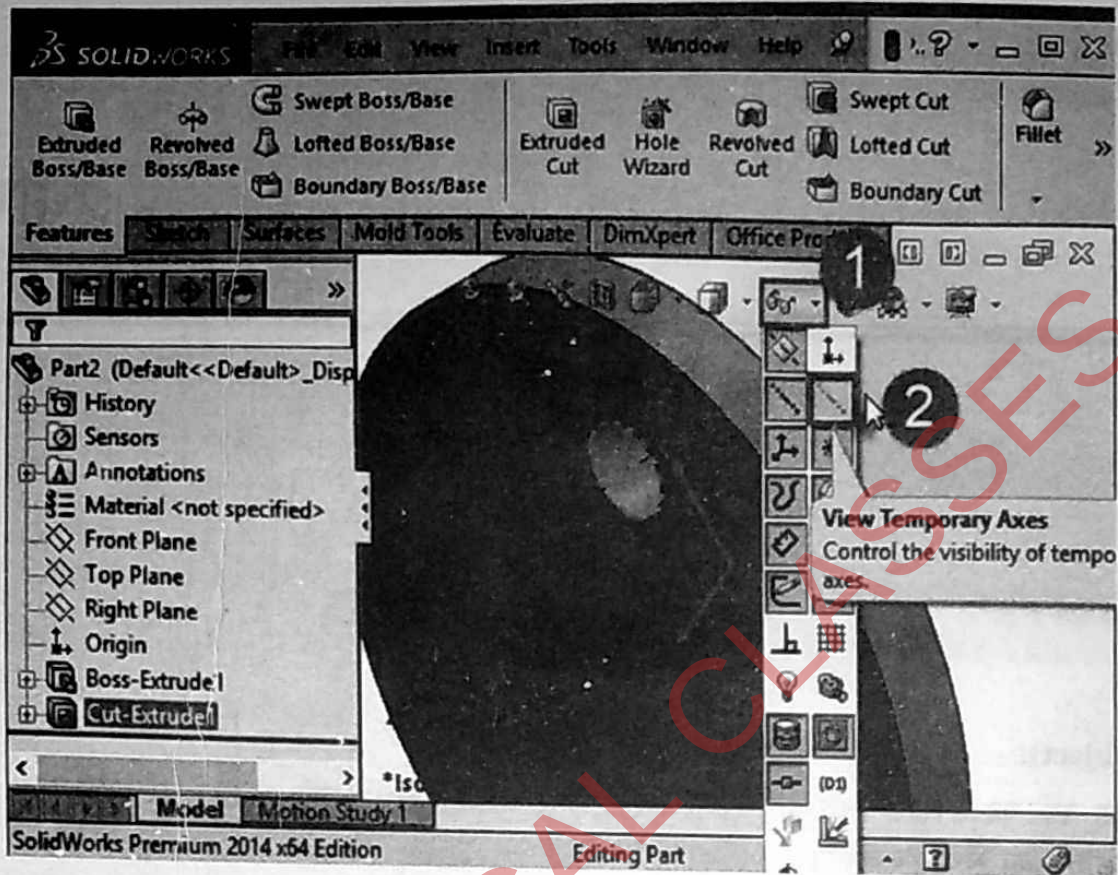
### 1. ARRAY (Pattern)



चित्र P.1

दिये गए Blue Circle को Solid works में Pattern command की सहायता से बनाते हैं।  
सबसे पहले फ़िगर में इंगित पार्ट को बना लेते हैं।

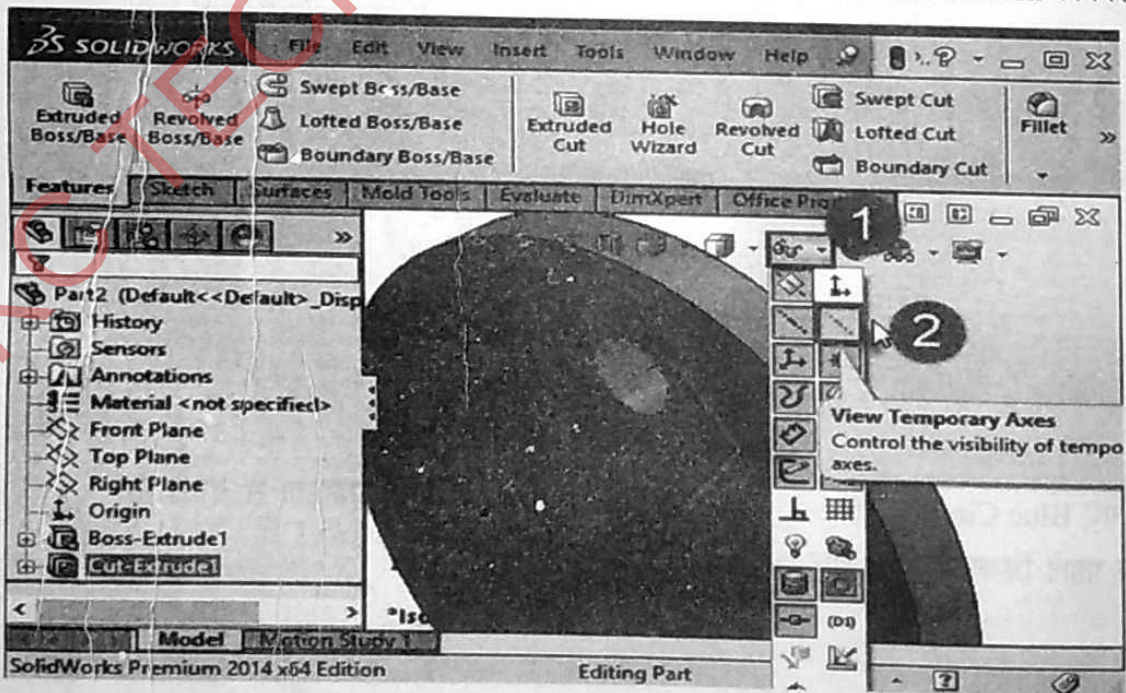




चित्र P.2

छोटे Circular Pattern को एक Axes of Revolution चाहिए जो कि बड़े Circle के केंद्र से लम्बवत जाएगा। Axes को activate करने के लिए View का चुनाव करें फिर View Temporary Axes का चुनाव करें।

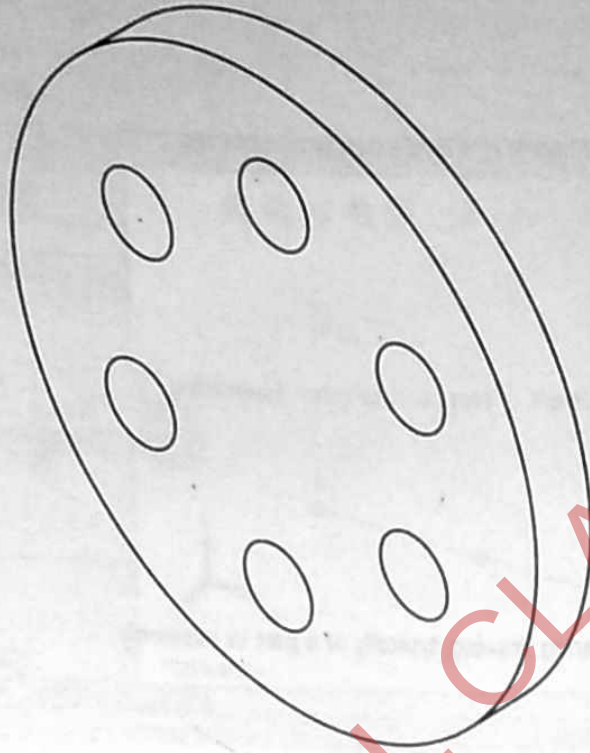
अब छोटे सर्कल के hole (Extruded Cut) पर क्लिक करते हैं फिर Toolbar से Circular Pattern पर क्लिक करते हैं।



चित्र P.3



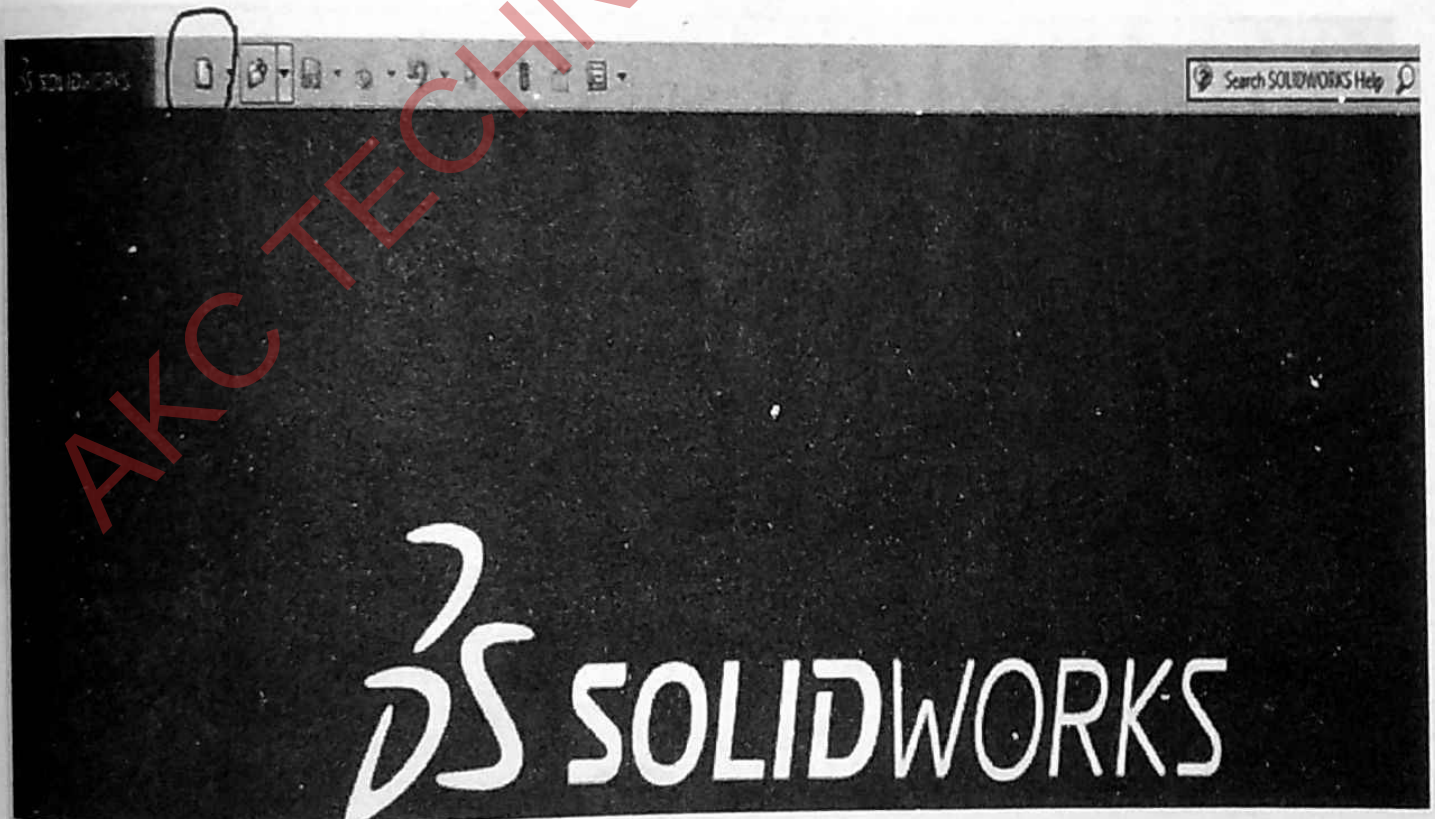
अब बड़े circle के केंद्र को as a Revolving Axes की तरह चुनते हैं अब Equal Pattern पर क्लिक करते हैं और इच्छित संख्या enter करते हैं।



चित्र P.4

## 2. MIRROR

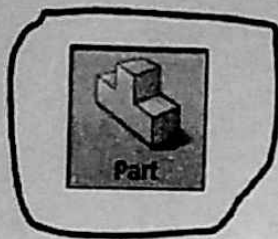
1. New Part बनाते हैं—



चित्र P.5



New SOLIDWORKS Document



a 3D representation of a single design component



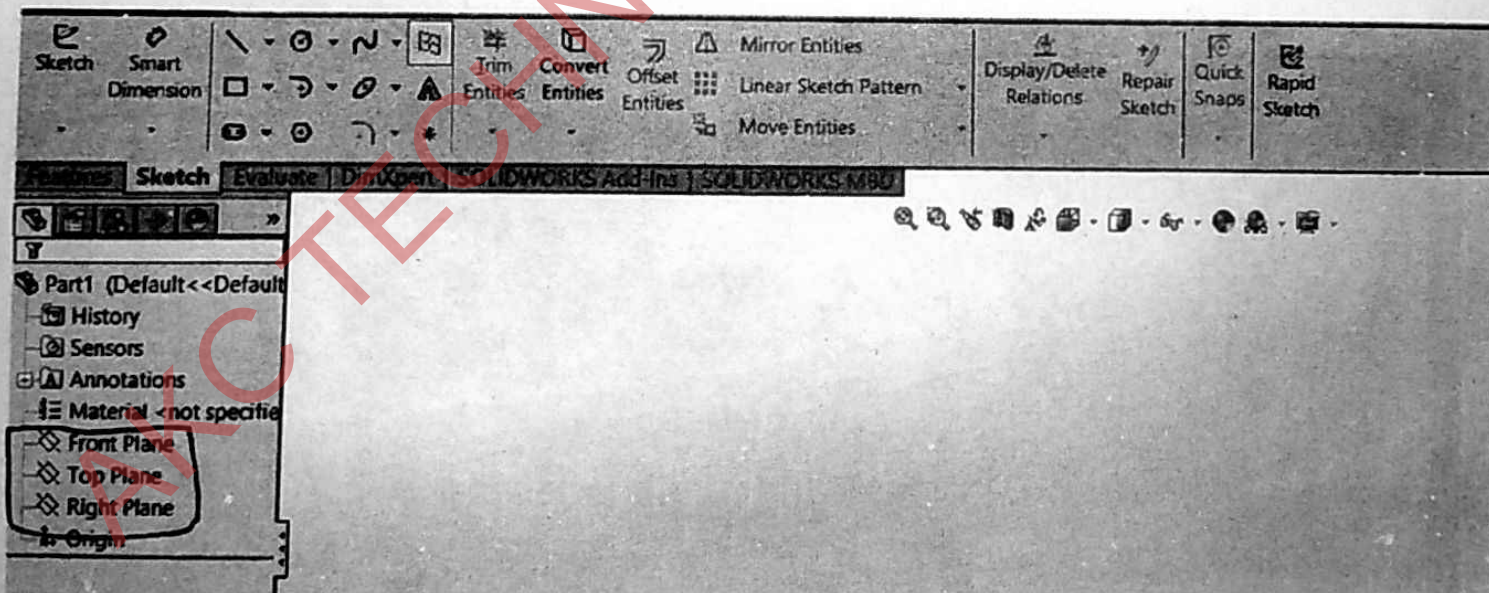
a 3D arrangement of parts and/or other assemblies



a 2D engineering drawing, typically of a part or assembly

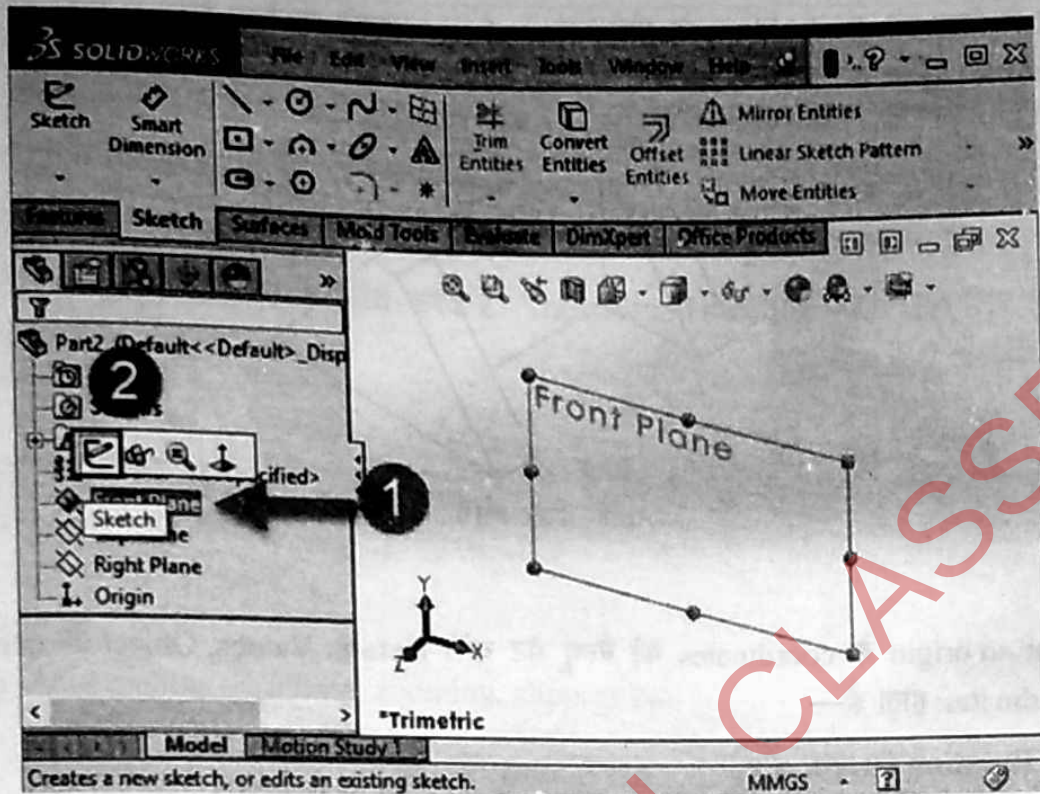
चित्र P.6

2. इच्छनुसार प्लेन का चयन करते हैं—



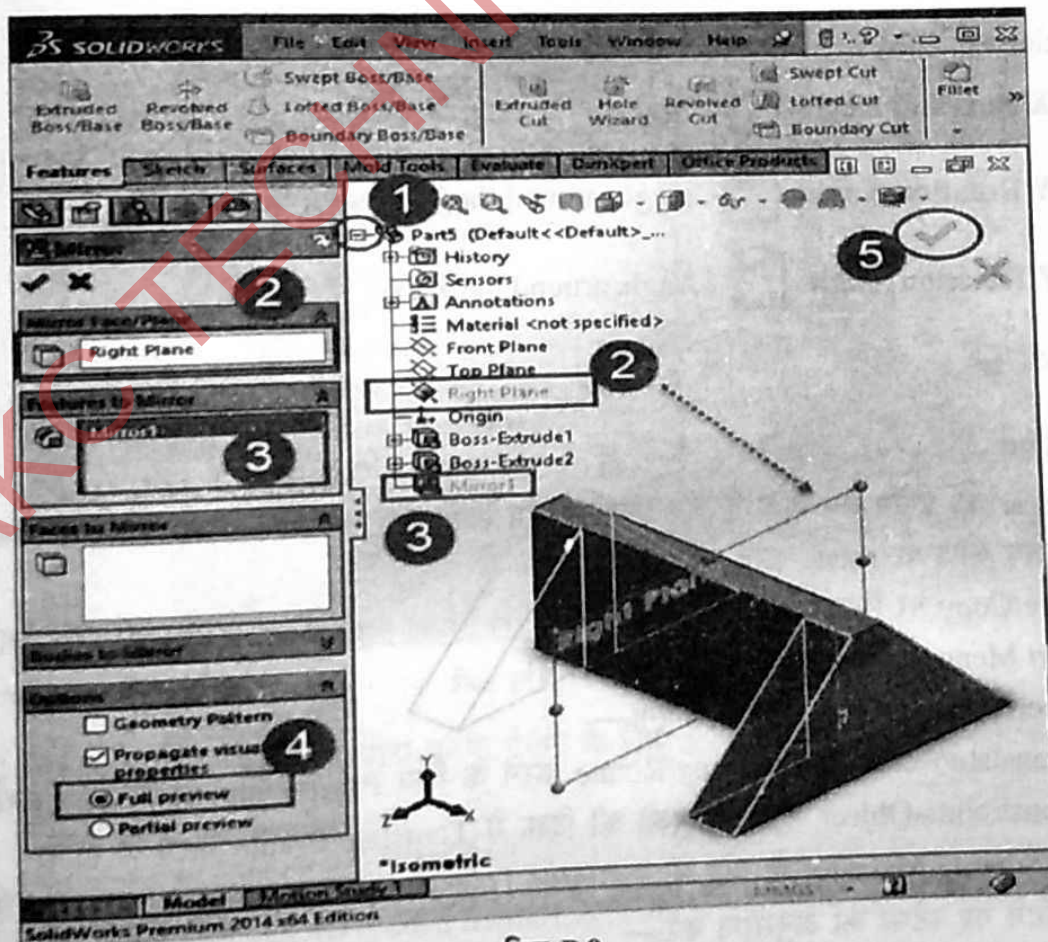
चित्र P.7





चित्र P.8

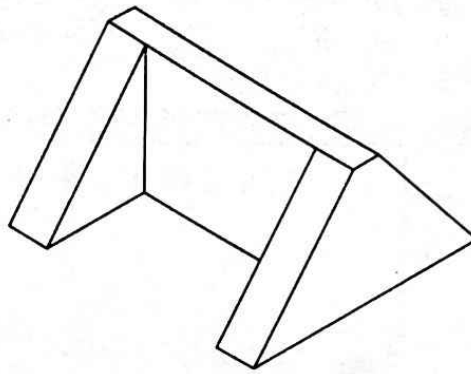
इच्छानुसार model बनाते हैं तथा Plane सेलेक्ट करके Mirror icon पर click करते हैं। यदि Mirror टूलबार में नहीं है तो Insert में जाकर Pattern Mirror से Mirror पर क्लिक करते हैं।



चित्र P.9



3. फ़िगर में दिख रहे Right Plane के पीछे Mirror Image बनाने के लिए चित्र में दिख रहे नम्बरों के क्रम में options का चुनाव करते हैं। अंत में हमें Model का अभिष्ट Mirror Image प्राप्त होता है।



चित्र P.10

### 3. Rotate

1. Rotation origin के coordinates की वैल्यू सेट करें। Default Values, Object के center of mass का coordinates होता है—

- X Rotation Origin
- Y Rotation Origin
- Z Rotation Origin

2. Value Set करते हैं—

- X Rotation Angle . Angle around the X axis.
- Y Rotation Angle . Angle around the Y axis.
- Z Rotation Angle . Angle around the Z axis.

3. Click

### 4. Translation

Translation का प्रयोग तब होता है जब किसी विशेष दिशा में Object का Movement, जबकि Rotation से Object को विशेष कोण पर rotate करते हैं।

1. Move/Copy पर क्लिक करते हैं, जिससे Property Manager active हो जाएगा। Move/Copy का option, Insert Menu से भी select किया जा सकता है।

Property Manager दो page दिखाएगा—

- Translate/Rotate-Move/Copy/Rotate करने के लिए Parameters का निर्धारण करते हैं।
- Constraints-Object के दो बिन्दुओं की दिशा में Translate/Rotate करने के लिए।

2. अब Property Manager के अंत में, इच्छानुसार Translate/Rotate अथवा Constraints पर क्लिक करते हैं।

3. नीचे दिये गए स्टेप्स का अनुसरण करें—



### Translate—

- Object को Reposition करने के लिए **Delta X  $\Delta X$ , Delta Y  $\Delta Y$ , Delta Z  $\Delta Z$**  की वैल्यू एंटर करते हैं।
- Translation Reference  पर क्लिक करते हैं—
  - A. Translation Direction बताने के लिए graphic area में एक Edge select करते हैं।
  - B. Distance  की वैल्यू निर्धारित करते हैं। Translation Direction बदलने के लिए ऋणात्मक वैल्यू enter करते हैं।
-  पर क्लिक करते हैं।

## PRACTICAL No. 2

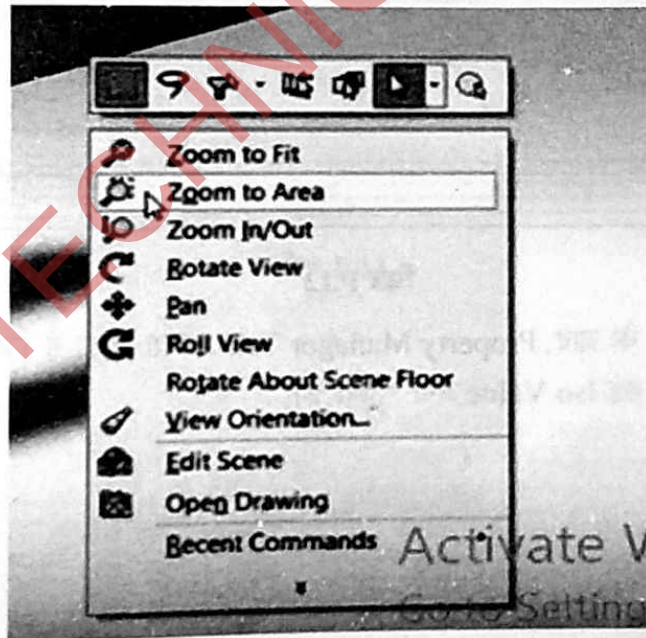
### उद्देश्य (Object):

Performing 3D operation—panning, zooming, clipping etc.

### Method:

स्क्रीन पर right क्लिक करने पर चित्रानुसार options खुल जाते हैं जिनका प्रयोग आवश्यकतानुसार करते हैं।

**PANNING**—जब Object को बिना disturb किए Screen को randomly move करना होता है तो इसका प्रयोग करते हैं। Mouse के Rotating Key को press किए हुये स्क्रीन को Drag करते हैं।



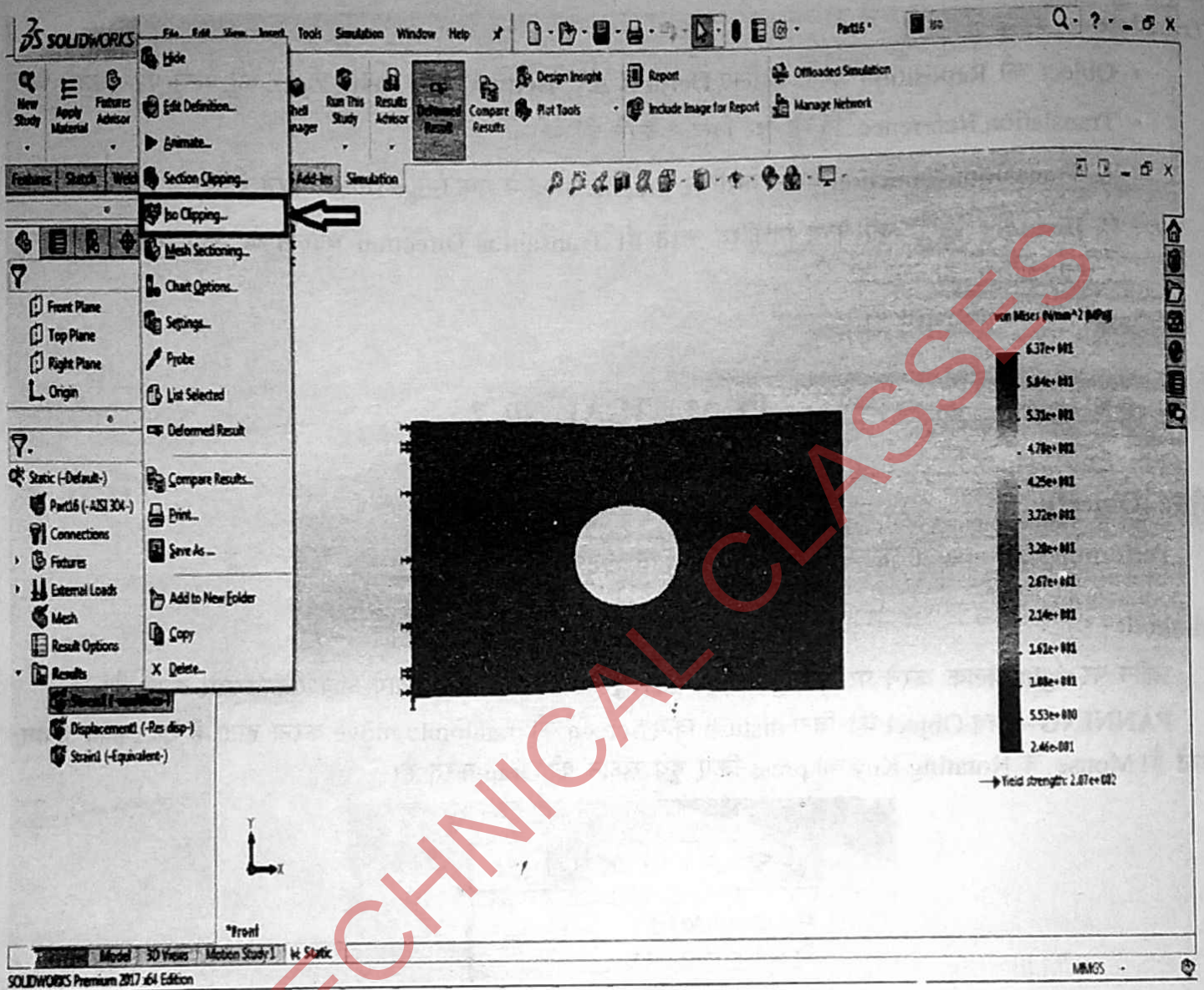
चित्र P.11

**ZOOMING**—Object को बड़ा अथवा छोटा करके देखने के लिए zoom in अथवा zoom out का क्रमशः प्रयोग करते हैं।

Zoom, Object का real size change नहीं करता है।

**CLIPPING**—आइसो क्लिपिंग SOLIDWORKS SIMULATION में एक विशेष tool है जिसका उपयोग Plotted Result के निर्दिष्ट सतहों को अलग-अलग देखने के लिए किया जाता है।

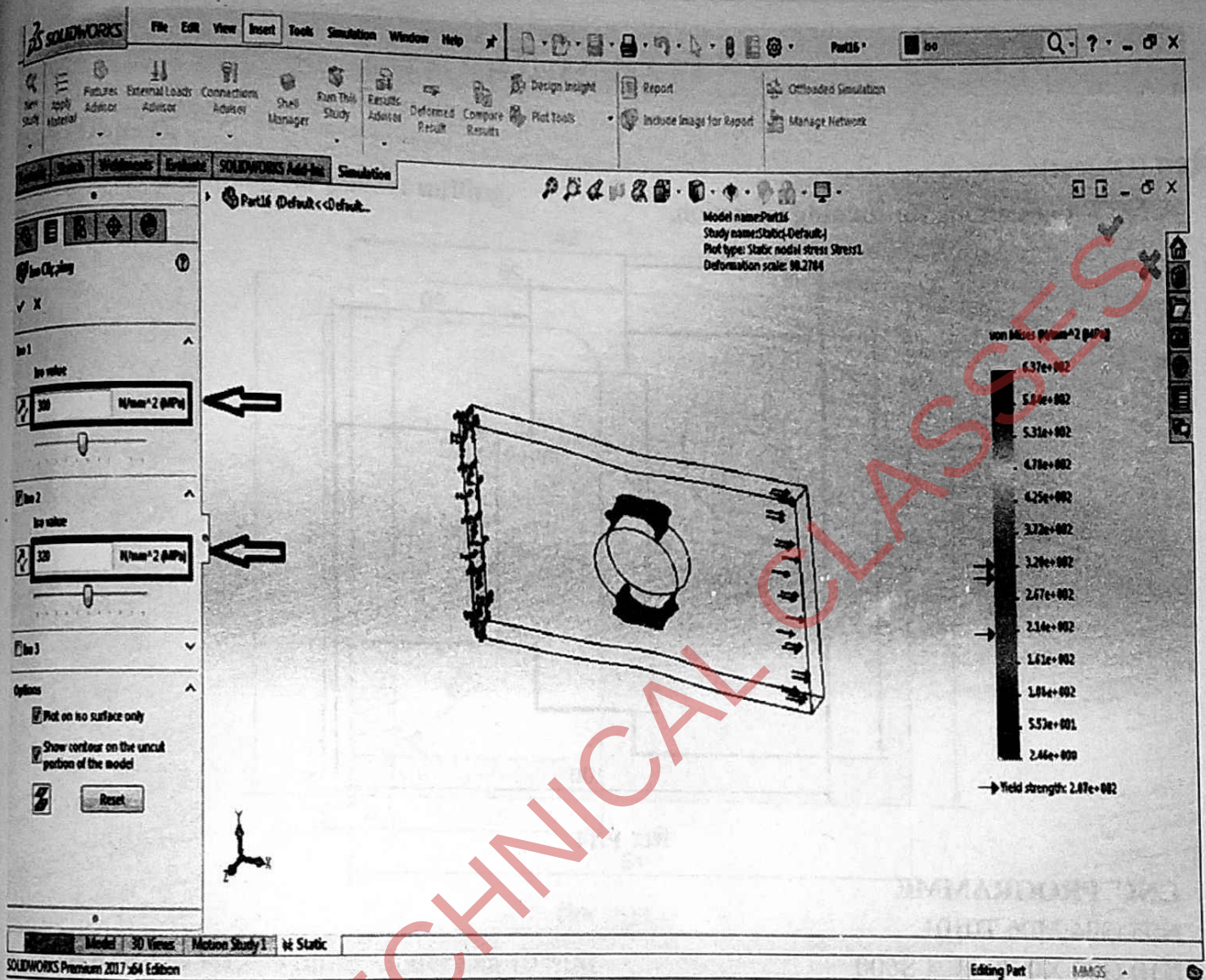




चित्र P.12

Iso Clipping का चयन करने के बाद, Property Manager Tab खोला जाता है जिसमें हमें Iso Value सेट करने की आवश्यकता होती है। एक साथ छह Iso Value बना सकते हैं।





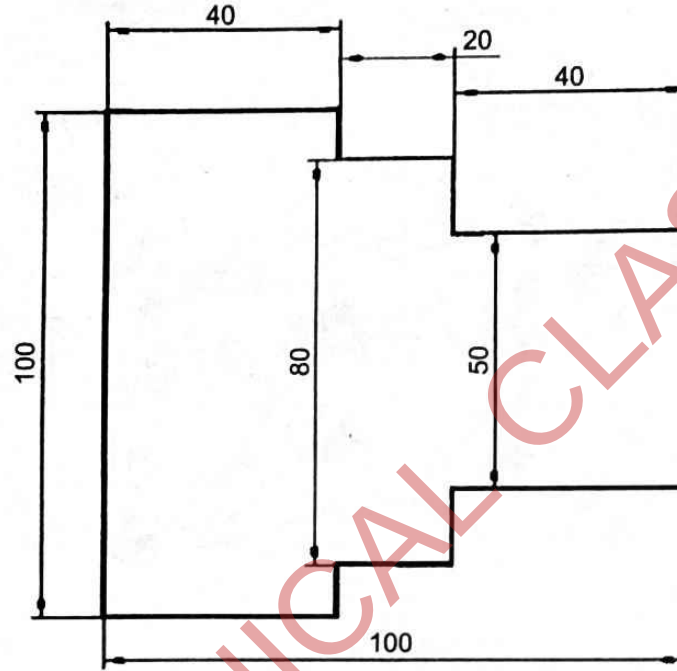
चित्र P.13



### PRACTICAL No. 3

उद्देश्य (Object):

CNC Programming for **turning** operation.



चित्र P.14

#### CNC PROGRAMME

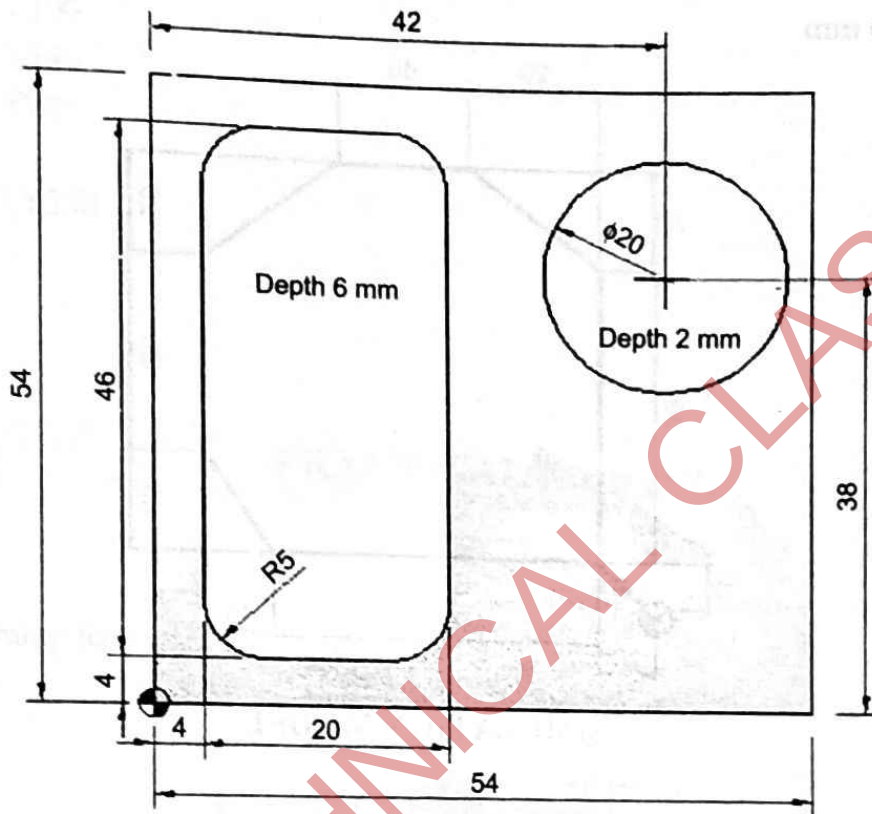
```
N05 G94 M06 T0101
N10 G00 X0 Z0 M04 S600
N15 G01 X50 F30
N20 G01 Z-40
N25 G01 X80
N30 G01 Z-60
N35 G01 X100
N40 G01 Z-100
N45 G00 X120
N50 G00 Z10
N55 M05
N60 M30
```



## PRACTICAL No. 4

उद्देश्य (Object):

CNC Programming for pocket milling.



चित्र P.15

PROGRAMME—Milling Cutter Dia 10 MM

N05 G55

N10 M6 T2 H3 G43 M3

N15 S1000 F60

N20 G0 X9 Y9 Z1

N25 G1 Z0

N30 M98 P030035

N35 G0 Z1 G90

N40 X42 Y38

N45 G1 Z-2 F30

N50 X47 F300

N55 G3 X47 Y38 I-5 J0

N60 G0 Z100

N65 G49

N70 M30

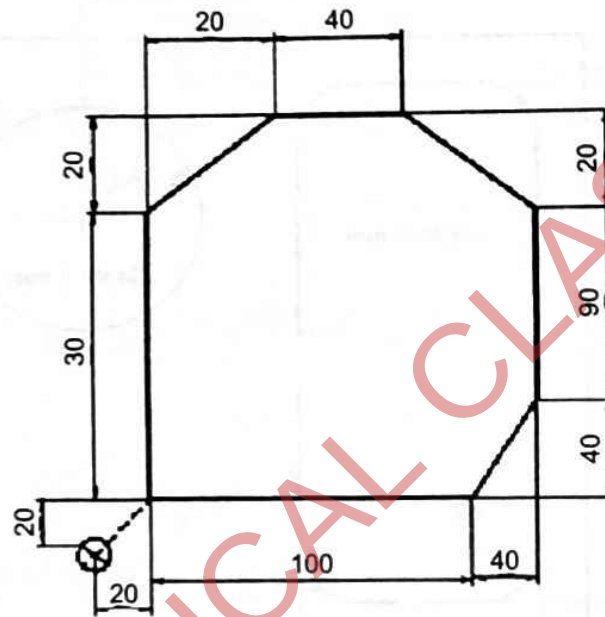


## PRACTICAL No. 5

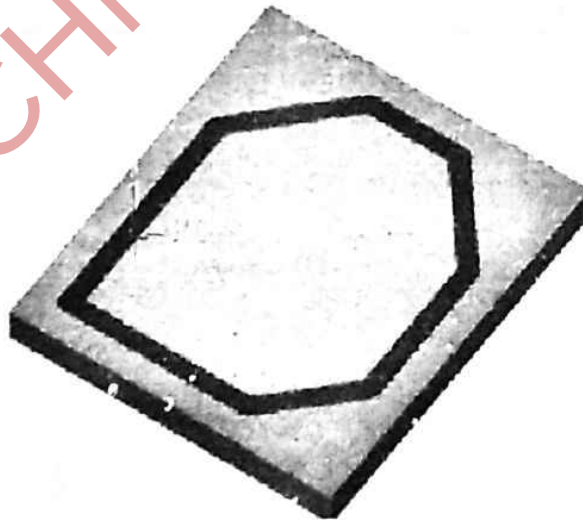
### उद्देश्य (Object):

CNC Programming for profile milling.

Thickness = 20 mm



SIMULATION MODEL



चित्र P.16

### ABSOLUTE MODE (90)

G90 G00 G54 G17 G21 G95

T01 M06

G43 Z50 M08

S1000 M03

G90 G00 X20 Y20



CLASSES

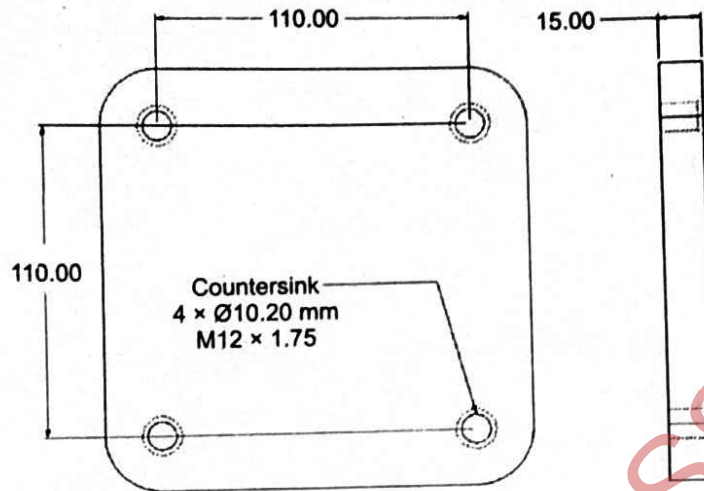
AKC

500 (D = Maximum spindle speed)

**N60 M30**



## DRILLING



चित्र P.18

00001 (SPOT DRILL FOUR HOLES)

T01 M06 (16 mm spot drill)

G90 G0 G54 X-55. Y-55. S2500 M3

G43 H01 Z3. M8

G81 G98 Z-6. R1. F200.

Y55.

X55.

Y-55.

G80

G0 G53 Z0

G53 Y0

M30

%

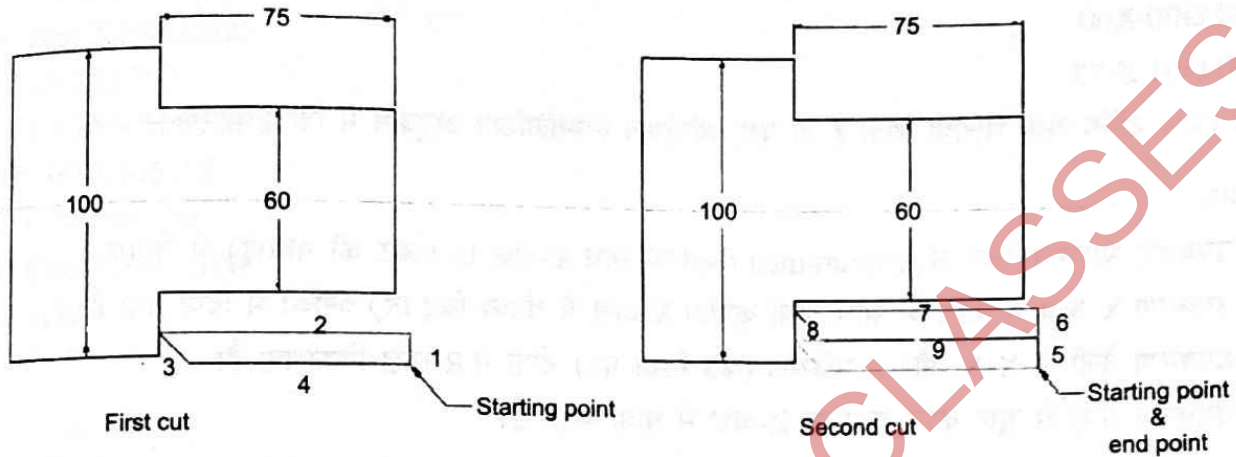


# PRACTICAL No. 7

उद्देश्य (Object):

Performing operation on trainer Lathe.

## STEP TURNING



चित्र P.19

### Parameters

#### First block

##### Parameter

U

Description

Depth of cut.

R

Retract height.

#### Second block

##### Parameter

P

Description

Contour start block number.

Q

Contour end block number.

U

Finishing allowance in x-axis.

W

Finishing allowance in z-axis.

F

Feedrate during G71 cycle.

S

Spindle speed during G71 cycle.

### G71 Turning Cycle Overview

- G71 टर्निंग चक्र पूरे Countour को बार-बार काटता है जो P Q ब्लॉकों में दिया जाता है।
- हर कट की गहराई को प्रथम-ब्लॉक U मान द्वारा नियंत्रित किया जा सकता है।
- दूसरा-ब्लॉक UW finishing allowances हैं जो आप दे सकते हैं यदि आप G70 finishing cycle. के साथ एक कटौती करना चाहते हैं।
- F कटिंग फीड है और S स्पिंडल स्पीड (सेकंड-ब्लॉक में दी गई) है जो G71 टर्निंग चक्र के दौरान उपयोग की जाती है।



**Note**—PQ ब्लॉक के अंदर दिए गए F और S का उपयोग G71 टर्निंग चक्र के दौरान नहीं किया जाएगा, इन्हें G70 फिनिशिंग चक्र के साथ उपयोग किया जाता है यदि बाद में कहा जाता है।

### G71 Turning Cycle कार्यविधि

N60 G71 U10 R10

N70 G71 P80 Q90 U3 W0 F0.25

N80 G00 X60

N90 G01 Z-75

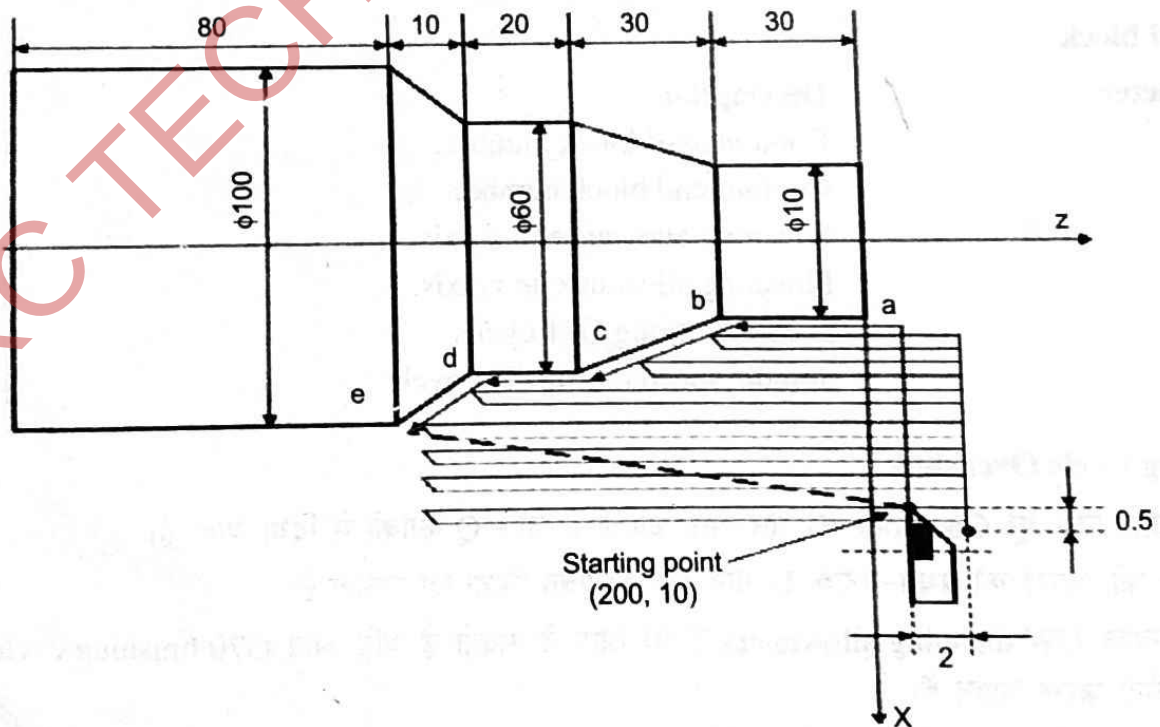
जब G71 टर्निंग चक्र चलाया जाता है तो पूरा ऑपरेशन निम्नलिखित अनुक्रम में किया जाएगा—

#### First-cut

1. उपकरण प्रारंभिक बिंदु से programmed feed के साथ X-अक्ष U (कट की गहराई) में जाएगा।
2. उपकरण X-अक्ष में फीड के साथ यात्रा करेगा। X-अक्ष में गंतव्य बिंदु PQ ब्लॉकों में दिया गया है।
3. उपकरण तेजी से X-X और Z-एक्सिस (45 डिग्री पर) दोनों में R राशि निकालता है।
4. उपकरण तेजी से शुरू करने के लिए Z-अक्ष में यात्रा करते हैं।

#### Later-cuts

5. उपकरण तेजी से अंतिम कट गहराई तक जाता है।
6. X-axis (first-block U depth of cut) में फीड के साथ टूल मूव करता है।
7. Z-अक्ष में फीड चाल के साथ उपकरण (PQ blocks में दिए गए गंतव्य बिंदु)।
8. उपकरण X-axis और Z-axis आर amount (45 डिग्री) में तेजी से पीछे हटता है।
9. टूल तेजी से केवल Z-axis में start point की ओर बढ़ता है।



चित्र P.20



# **Programming**

N50 G00 X106 Z5 M3 S800

N60 G71 U10 R10

N70 G71 P80 Q90 U3 W0 F0.25

N80 G00 X60

N90 G01 Z-75 F0.15

N100 G00 X200 Z100

N110 G92 S1200

N120 T3 G96 S150 M03

N130 G00 X106 Z5

N140 G70 P80 Q90

N150 G00 X200 Z100

N160 M30

AKC TECHNICAL CLASSES

# माडल पेपर-1

## कम्प्यूटर एडेड डिज़ाइन एवं मैनुफैक्चरिंग

नोट—सभी प्रश्नों के उत्तर दीजिये।

1. किन्ही दो प्रश्नों के उत्तर दीजिये—
  - (a) CAD/CAM के लिए कम्प्यूटर सिस्टम की संरचना क्या है?
  - (b) CIM सिस्टम के प्रमुख तत्व का वर्णन करो।
  - (c) CAM प्रक्रिया में प्रयुक्त होने वाले चरण को समझाइये।
2. किन्ही दो प्रश्नों के उत्तर दीजिये—
  - (a) किन्ही दो डिज़ाइन सॉफ्टवेयर का विस्तार से वर्णन करो।
  - (b) SECTION, SHELL, और SEPRATE कमांड का उपयोग बताएं।
  - (c) 2D और 3D परिवर्तन के लिए स्केलिंग, रोटेशन, जूमिंग, पैनिंग और क्लिपिंग कमाण्ड का उपयोग बताएं।
3. किन्ही दो प्रश्नों के उत्तर दीजिये—
  - (a) आइसोमेट्रिक स्केल के आधार पर सही लंबाई और सममितीय लंबाई के बीच क्या संबंध है?
  - (b) मॉडल स्पेस और पेपर स्पेस का उपयोग कैसे करते हैं?
  - (c) निम्नलिखित में से किन्ही तीन को परिभाषित करें—
    - (i) प्रक्षेपण (Projection)
    - (ii) प्रक्षेपण तल (Plane of projection)
    - (iii) वस्तु object
    - (iv) दृश्य बिन्दु (Observer or Station Point)
4. किन्ही दो प्रश्नों के उत्तर दीजिये—
  - (a) CAM प्रणाली में NC प्रोग्राम बनाने के पद समझाइये।
  - (b) CAD सॉफ्टवेयर से CNC मशीन को डाटा ट्रांसफर प्रणाली का वर्णन करें।
  - (c) कैड चक्र समझाइये।
5. किन्ही दो प्रश्नों के उत्तर दीजिये—
  - (a) लूप लेआउट, लैडर टाइप लेआउट और खुला क्षेत्र लेआउट में अंतर स्पष्ट करें।
  - (b) उत्पादन उपकरण का वर्गीकरण दीजिये।
  - (c) FMS योजना और नियंत्रण प्रणाली का लाभ बताएं।
6. किन्ही दो प्रश्नों के उत्तर दीजिये—
  - (a) परत-परत में वस्तु निर्माण के अनुप्रयोग क्या हैं?
  - (b) FDM की लाभ और सीमाएं बताइए।
  - (c) 3D तकनीक के साथ किन सामग्रियों का उपयोग किया जा सकता है? उल्लेख करें।
7. किन्ही दो प्रश्नों के उत्तर दीजिये—
  - (a) रोबोट के विभिन्न भागों की कार्य प्रणाली बताएं?
  - (b) रोबोट कितने प्रकार के हैं? विस्तार पूर्वक वर्णन करें।
  - (c) विभिन्न क्षेत्र में रोबोट के अनुप्रयोग का वर्णन करें।