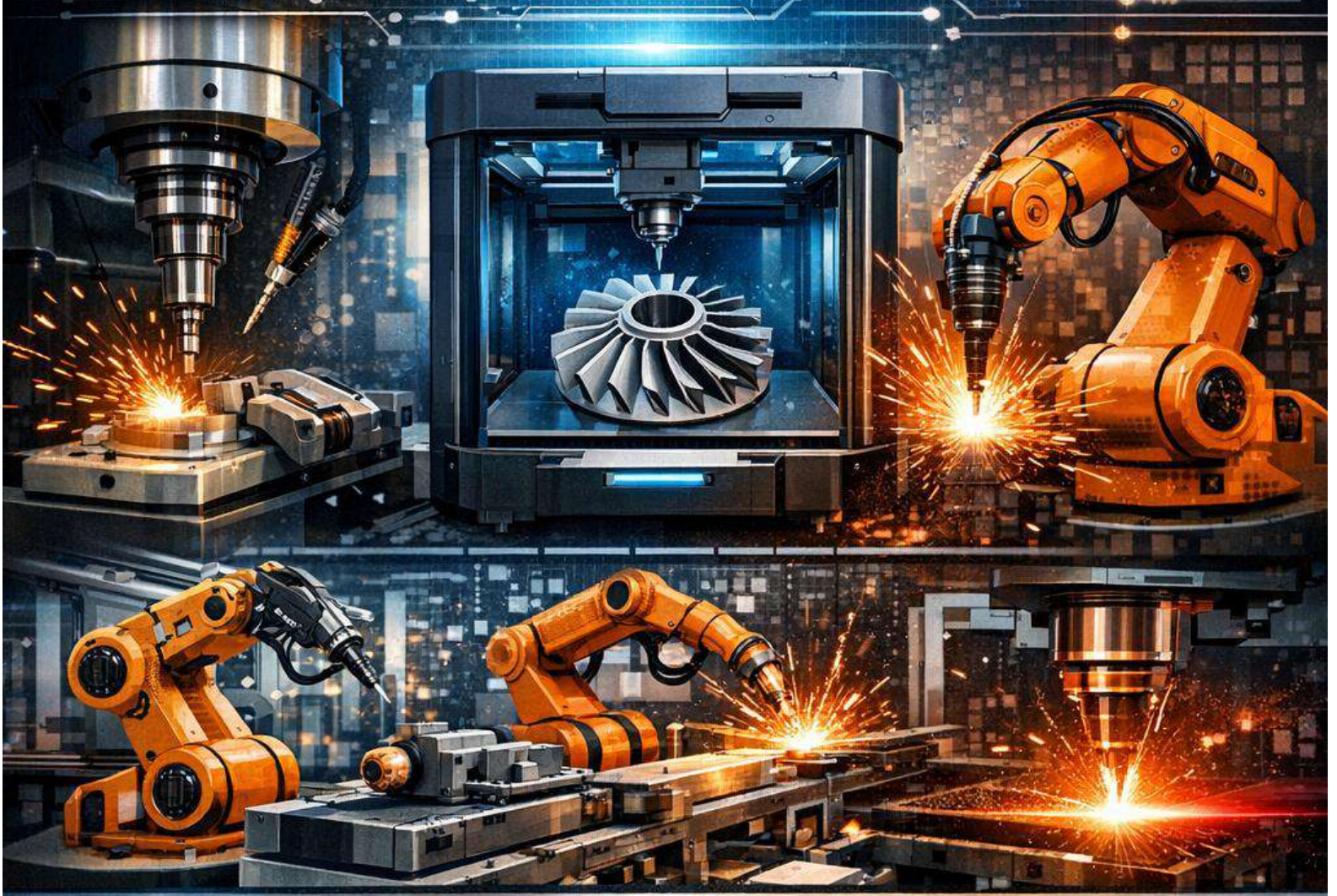
ADVANCE MANUFACTURING PROCESS



Notes Prepared by

BHUSHAN KUMAR NAYAK

LECTURER

GOVERNMENT POLYTECHNIC BHATAPARA

अपरंपरागत मशीनिंग प्रक्रिया

(Unconventional Machining Process)

अपरंपरागत मशीनिंग प्रक्रिया को **Non-Traditional Machining** भी कहा जाता है।

अपरंपरागत मशीनिंग का उपयोग उन **कठोर (Hard) और भंगुर (Brittle) पदार्थों** की मशीनिंग के लिए किया जाता है, जिन्हें पारंपरिक मशीनों जैसे **Lathe, Milling, Shaper, Planer** आदि से मशीन करना कठिन या असंभव होता है।

इन पदार्थों में **Carbides, Stainless Steel, Hastelloy, Nitralloy, Waspalloy** आदि शामिल हैं।

ये सामग्री मुख्य रूप से **न्यूक्लियर उद्योग, अंतरिक्ष अनुसंधान, मिसाइल तकनीक** और उन उद्योगों में उपयोग होती हैं जहाँ:

- उच्च Strength-to-Weight Ratio
- Heat Resistance
- अधिक Hardness और Toughness की आवश्यकता होती है।

पारंपरिक मशीनिंग में:

- मशीनिंग में अधिक समय लगता है
- Surface Finish कम होती है
- Accuracy (सटीकता) कम होती है

जबकि अपरंपरागत मशीनिंग में:

- कम समय में मशीनिंग होती है
- Surface Finish और Accuracy बहुत अच्छी होती है

अपरंपरागत मशीनिंग में **धातु हटाने (Metal Removal)** के लिए किसी न किसी प्रकार की **ऊर्जा (Energy)** का उपयोग किया जाता है, और इसमें **Tool और Workpiece का सीधा संपर्क नहीं होता**।

हालाँकि, कुछ मामलों में यह प्रक्रिया **महँगी, समय लेने वाली** और **जटिल आकृतियों के लिए कठिन या असंभव** भी हो सकती है।

अपरंपरागत मशीनिंग प्रक्रिया के लाभ

(Advantages)

- उच्च सटीकता (High Accuracy)
- बहुत अच्छा Surface Finish
- जटिल आकृतियों (Complex Shapes) की मशीनिंग आसानी से
- Tool Life अधिक होती है
- Metal Removal Rate अधिक होती है

अपरंपरागत मशीनिंग प्रक्रिया की हानियाँ

(Disadvantages)

- लागत अधिक होती है
- कुशल (Skilled) ऑपरेटर की आवश्यकता होती है
- Setup प्रक्रिया जटिल होती है

अपरंपरागत मशीनिंग प्रक्रिया के प्रकार

(Types of Unconventional Machining Process)

1. यांत्रिक ऊर्जा आधारित अपरंपरागत मशीनिंग

(Mechanical Energy Based Process)

1. Abrasive Jet Machining (AJM)
2. Ultrasonic Machining (USM)

2. रासायनिक ऊर्जा आधारित अपरंपरागत मशीनिंग

(Chemical Energy Based Process)

1. Chemical Machining (CHM

3.विद्युत-रासायनिक आधारित अपरंपरागत मशीनिंग प्रक्रिया

(Electrochemical Based Unconventional Machining Process)

इस प्रकार की मशीनिंग में **विद्युत और रासायनिक ऊर्जा** का उपयोग करके धातु हटाई जाती है।

इसके प्रकार:

1. Electro-Chemical Machining (ECM)
2. Electrochemical Grinding (ECG)

4. ताप-विद्युत ऊर्जा आधारित अपरंपरागत मशीनिंग

(Thermo-Electric Energy Based Unconventional Machining)

इस प्रक्रिया में **उच्च ताप और विद्युत ऊर्जा** का उपयोग किया जाता है।

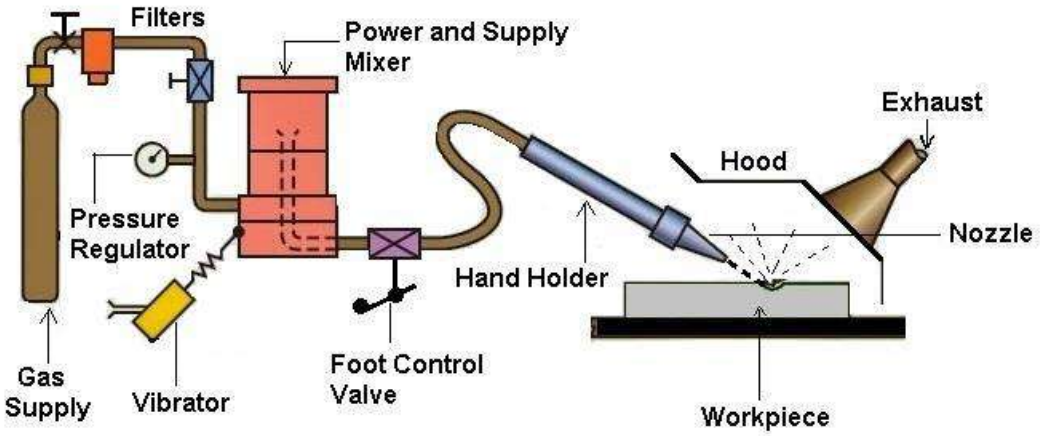
इसके प्रकार:

1. Ion-Beam Machining (IBM)
2. Plasma Arc Machining (PAM)
3. Electron-Beam Machining (EBM)
4. Laser-Beam Machining (LBM)

यांत्रिक ऊर्जा आधारित अपरंपरागत मशीनिंग प्रक्रिया

(Mechanical Energy Based Unconventional Machining Process)

1. Abrasive Jet Machining (AJM)



Abrasive Jet Machining

Abrasive Jet Machining में **उच्च वेग (High Velocity)** वाली **सूखी हवा, नाइट्रोजन या कार्बन डाइऑक्साइड गैस** का उपयोग किया जाता है, जिसमें बहुत छोटे **abrasive कण (लगभग 0.025 mm)** मिले होते हैं।
इस जेट को नियंत्रित परिस्थितियों में **workpiece की सतह** पर डाला जाता है।
जब abrasive कण workpiece की सतह से टकराते हैं, तो:

- सतह पर छोटे-छोटे **क्रैक (Cracks)** बनते हैं
- सामग्री टूटकर निकल जाती है
- गैस की धारा abrasive कणों और टूटी हुई धातु के कणों को बाहर ले जाती है

इस प्रक्रिया में:

- गैस का दबाव लगभग **850 kPa** होता है
- जेट की गति लगभग **300 m/s** तक हो सकती है
- जेट की गति को **Valve** द्वारा नियंत्रित किया जाता है

AJM की संरचना (Construction):

इस प्रक्रिया में एक **Mixing Chamber** होता है, जिसमें निम्न abrasive कणों का उपयोग किया जाता है:

- Aluminium Oxide
- Silicon Carbide
- Diamond Powder
- Glass Particles

इन abrasive कणों को **हवा या गैस (Nitrogen या Carbon Dioxide)** के साथ मिलाया जाता है।
Mixing Chamber से यह मिश्रण **Nozzle** तक भेजा जाता है। Nozzle बहुत मजबूत सामग्री का बना होता है, जैसे: **Tungsten Carbide**

Abrasive Jet Machining (AJM) के लाभ

(Advantages of Abrasive Jet Machining)

- यह **कठोर पदार्थों** जैसे **Composites, Ceramics और Glass** को काटने में सक्षम है।
- उन पदार्थों के लिए उपयुक्त है जो **उच्च तापमान सहन नहीं कर सकते**।
- **Hard और Brittle materials** में जटिल आकृतियाँ (Complex Shapes) आसानी से बनाई जा सकती हैं।

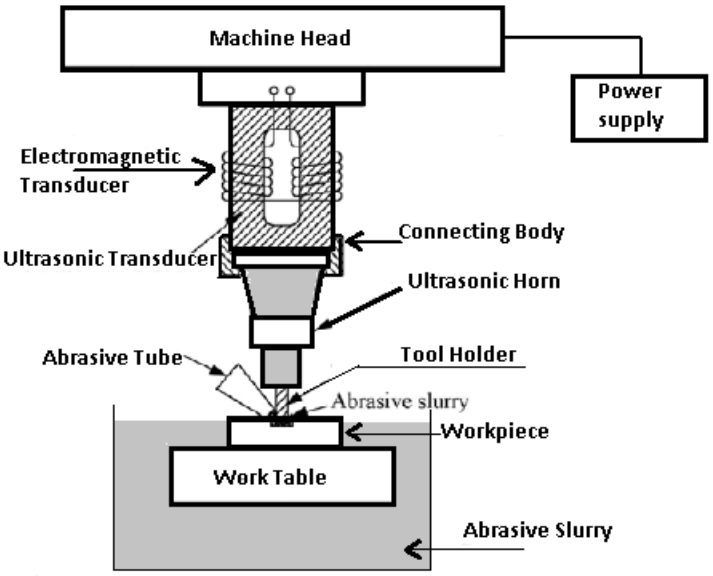
- **Heat Sensitive Materials** की मशीनिंग के लिए उपयुक्त है।
- प्रारंभिक लागत (Initial Cost) कम होती है।

Abrasive Jet Machining (AJM) की हानियाँ

(Disadvantages of Abrasive Jet Machining)

- यह एक **महँगी प्रक्रिया** है।
- **Flaring** (कट चौड़ा होना) अधिक हो सकता है।
- अधिक रखरखाव (High Maintenance) के कारण **Mass Production के लिए उपयुक्त नहीं** है।
- **Metal Removal Rate** धीमी होती है।
- **Nozzle का घिसाव (Wear Rate)** अधिक होता है।
- मशीनिंग के बाद **अतिरिक्त सफाई (Additional Cleaning)** की आवश्यकता होती है।

Ultrasonic Machining (USM)



ULTRA SONIC MACHINING

Ultrasonic Machining में Ultrasonic तरंगें उत्पन्न की जाती हैं, जो **Magnetostrictive Effect** के माध्यम से पैदा होती हैं और इन्हें **यांत्रिक कंपन (Mechanical Vibration)** में परिवर्तित किया जाता है।

इस मशीनिंग प्रक्रिया में workpiece से धातु हटाने का कार्य:

- Micro-chipping
- Erosion

के द्वारा किया जाता है, जिसमें **अत्यंत सूक्ष्म abrasive कणों** वाली **slurry** का उपयोग किया जाता है।

कार्य विधि (Working Principle):

- Tool का सिरा **20 kHz** की आवृत्ति (Frequency) पर कंपन करता है।
- कंपन की **Amplitude बहुत कम होती है**, लगभग **0.0125 mm से 0.075 mm**।
- Tool का आकार उसी **cavity के समान** होता है जिसे मशीन किया जाना है।

USM की संरचना (Construction):

इस मशीन में निम्न भाग होते हैं:

- **Electro-Mechanical Transducer**, जो AC supply से जुड़ा होता है
- **Velocity Transformer**, जो tool को मजबूती से पकड़ता है
- **Abrasive Gun**, जो abrasive slurry की आपूर्ति करता है

Abrasive Slurry = Abrasive कण + पानी

यह slurry **tool और workpiece के बीच** दबाव के साथ प्रवाहित की जाती है।

Ultrasonic Machining (USM) के लाभ

(Advantages of Ultrasonic Machining)

- मशीनिंग के बाद workpiece में **कोई अवशिष्ट तनाव (Residual Stress)** नहीं होता।
- अत्यंत **कठोर और भंगुर पदार्थ** आसानी से मशीन किए जा सकते हैं।
- बहुत अच्छी **Accuracy और Surface Finish** प्राप्त होती है।

- संचालन लागत (Operational Cost) कम होती है।
- यह प्रक्रिया **पर्यावरण के अनुकूल (Eco-friendly)** है क्योंकि:
    - कोई रासायनिक अभिक्रिया नहीं होती
    - कोई अधिक ताप उत्पन्न नहीं होता
    - यह लगभग **नॉइज़लेस** होती है
- यह प्रक्रिया **आर्थिक (Economical)** है।
- बेहतर **Efficiency** प्राप्त की जा सकती है।
- यह **Conducting और Non-Conducting** दोनों प्रकार की सामग्री के लिए उपयुक्त है।

Ultrasonic Machining (USM) की हानियाँ

(Disadvantages of Ultrasonic Machining)

- **Metal Removal Rate कम** होती है, इसलिए बड़े cavities के लिए उपयुक्त नहीं है।
- प्रारंभिक लागत और **Tool की लागत अधिक** होती है।
- Tool का घिसाव अधिक होने के कारण **बार-बार Tool बदलना पड़ता है**।
- **Soft और Ductile materials** के लिए उपयुक्त नहीं है।
- **Power Consumption अधिक** होती है।
- Slurry को बार-बार बदलना पड़ता है।
- **Tool Life कम** होती है।

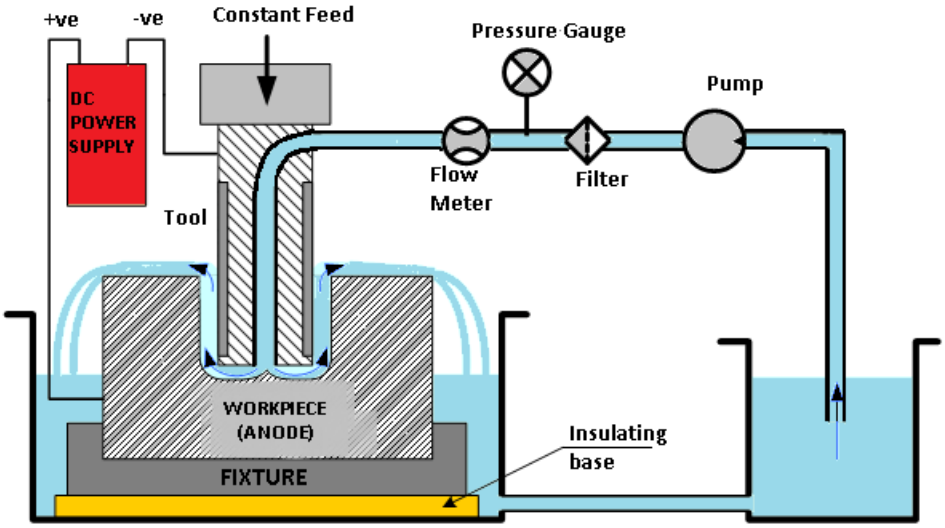
रासायनिक ऊर्जा आधारित अपरंपरागत मशीनिंग

(Chemical Energy Based Unconventional Machining)

1. Electro-Chemical Machining (ECM)

Electro-Chemical Machining में एक **Electrolyte**, **Current Carrier** के रूप में कार्य करता है।

Tool और Workpiece के बीच **उच्च वेग से बहने वाला Electrolyte**, workpiece से निकलने वाले **Metal Ions** को तुरंत धोकर हटा देता है, जिससे वे tool पर **जमा (Plate)** नहीं हो पाते।



ELECTRO CHEMICAL MACHINING (ECM)

Electro-Chemical Machining (ECM)

Electro-Chemical Machining को **Electroplating की उलटी प्रक्रिया (Reverse of Electroplating)** कहा जाता है। इस प्रक्रिया के विभिन्न **संशोधित रूप (Modifications)** का उपयोग निम्न कार्यों के लिए किया जाता है:

- Turning
- Slotting
- Trepanning
- Profiling

इन सभी प्रक्रियाओं में **Electrode ही Cutting Tool के रूप में कार्य करता है**।

Tool और Material:

ECM में Tool निम्न धातुओं से बनाया जाता है:

- Brass
- Copper
- Bronze
- Stainless Steel

यह Tool workpiece पर मशीनिंग कार्य करने के लिए उपयोग किया जाता है।

Electrolyte और Power Supply:

ECM में प्रयुक्त **Electrolyte** एक **अत्यधिक चालक (Highly Conductive) अकार्बनिक लवण घोल** होता है, जैसे:

- Sodium Chloride + Water
- Sodium Nitrate

यह Electrolyte:

- Tool के अंदर बने passages से
- **उच्च वेग (High Rate)** से पंप किया जाता है

ECM में **DC Power Supply (5 – 25 Volt)** का उपयोग किया जाता है। इसमें:

- Current Density लगभग **1.5 – 8 A/mm²**
- Active Machined Surface पर बनाए रखी जाती है

Electro-Chemical Machining (ECM) के लाभ

(Advantages of Electro-Chemical Machining)

- **कठोर और भंगुर पदार्थों** की मशीनिंग अच्छी **Surface Finish और Accuracy** के साथ संभव है।
- **Complex Shapes** आसानी से मशीन की जा सकती हैं।
- Tool Wear लगभग **न के बराबर** होता है, इसलिए **Mass Production** में Tool की लागत केवल **एक बार का निवेश** होती है।
- Tool और Workpiece के बीच **कोई सीधा संपर्क नहीं** होता, इसलिए बल (Force) का प्रयोग नहीं होता।
- **Heat का उपयोग नहीं** होता, जिससे Workpiece में:
    - Mechanical Stress
    - Thermal Stress

    नहीं उत्पन्न होते।
- बहुत **Close Tolerances** प्राप्त की जा सकती हैं।

Electro-Chemical Machining (ECM) की हानियाँ

(Disadvantages of Electro-Chemical Machining)

- **Non-Conducting materials** की मशीनिंग संभव नहीं है।
- Tool और Workpiece दोनों का **Electrolyte घोल के साथ रासायनिक रूप से स्थिर** होना आवश्यक है।
- Tool का **Design और निर्माण कठिन** होता है, हालाँकि Tool Life लंबी होती है, इसलिए यह प्रक्रिया **Mass Production के लिए उपयुक्त** मानी जाती है।
- Tool की **Feed Rate बहुत सटीक** होनी चाहिए।

Electrical Discharge Machining (EDM)

Electrical Discharge Machining को:

- **Electro-Discharge Machining**
- **Spark Erosion Machining**

भी कहा जाता है।

यह प्रक्रिया **Spark Discharge द्वारा धातु के क्षरण (Erosion)** के सिद्धांत पर आधारित होती है।

EDM की संरचना (Basic EDM System):

EDM प्रणाली में निम्न मुख्य भाग होते हैं:

- **आकार दिया हुआ Tool (Electrode)**
- **Workpiece**
- **DC Power Supply**
- **Dielectric Fluid** (विद्युत रूप से non-conducting द्रव)

Tool और Workpiece को **DC Supply से जोड़ा जाता है** और इन्हें **Dielectric Fluid** में रखा जाता है।

कार्य विधि (Working Principle):

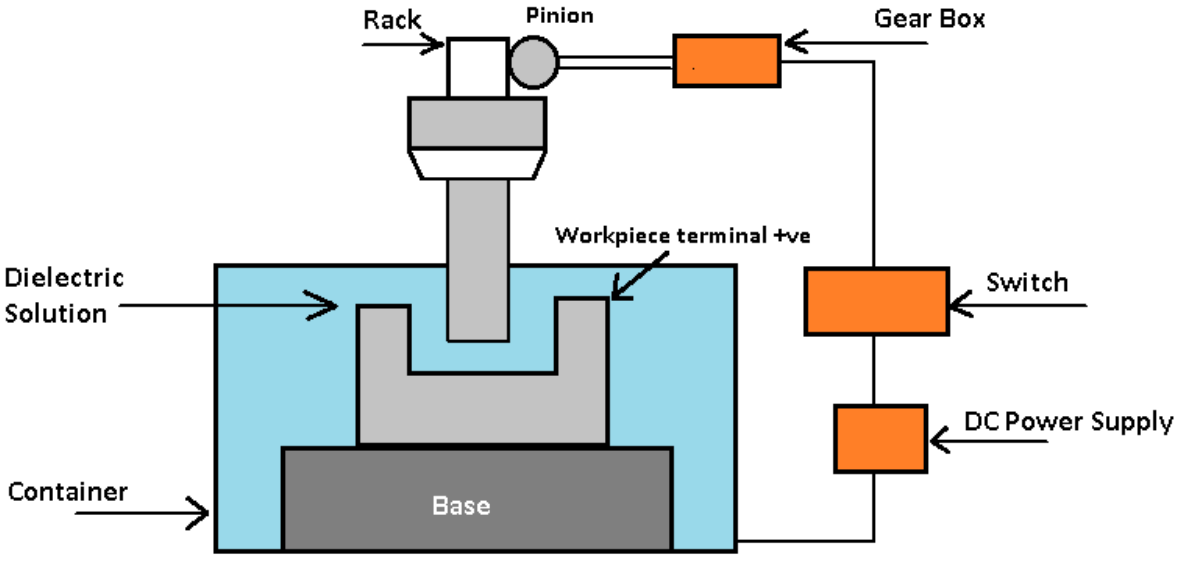
जब Tool और Workpiece के बीच **उच्च Potential Difference** उत्पन्न किया जाता है, तो:

- Dielectric Fluid के माध्यम से **Spark Discharge** होता है
- Spark के कारण Workpiece की सतह से **बहुत थोड़ी मात्रा में धातु हट जाती है**

इस प्रक्रिया में:

- Voltage लगभग **50 V से 980 V** तक होता है
- Current लगभग **0.1 A से 500 A** तक हो सकता है

Workpiece को एक **Tank** में स्थिर रखा जाता है, जिसमें **Dielectric Fluid** भरा होता है।



ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING

Tool और Workpiece के बीच का **Gap (अंतर)** बहुत महत्वपूर्ण होता है।

इसलिए Tool की **नीचे की ओर Feed** को एक **Feed Mechanism** द्वारा नियंत्रित किया जाता है, जो अपने आप **Constant Gap** बनाए रखता है।

EDM में सामान्यतः:

- **Spark Gap** लगभग **0.005 mm से 0.50 mm** के बीच होता है।

EDM में प्रयुक्त Dielectric Fluid:

EDM में सबसे अधिक उपयोग किए जाने वाले **Dielectric Fluids** हैं:

- **Mineral Oil** (जैसे Kerosene)
- विशेष अनुप्रयोगों में **Distilled Water** और **Deionised Water**

वर्तमान समय में:

- **Clear और Low Viscosity Fluids** का उपयोग अधिक किया जा रहा है, क्योंकि वे बेहतर flushing और surface finish देते हैं।

EDM की उपयोगिता:

EDM प्रक्रिया का उपयोग: **किसी भी ऐसे पदार्थ पर किया जा सकता है जो विद्युत का सुचालक (Electrical Conductor)** हो।

Electro Discharge Machining (EDM) के लाभ

(Advantages of Electro Discharge Machining)

- अत्यंत **कठोर पदार्थों की मशीनिंग** के लिए यह प्रक्रिया उपयुक्त होती है, भले ही लागत अधिक हो।
- यह **उच्च Dimensional Accuracy** बनाए रखती है, इसलिए **Tool और Die Making** के लिए इसकी सिफारिश की जाती है।
- **जटिल आकृतियाँ (Complex Geometries)** आसानी से बनाई जा सकती हैं।
- अत्यधिक **Critical Sections** और **कमज़ोर पदार्थों** की मशीनिंग बिना विकृति (Deformation) के की जा सकती है, क्योंकि इस प्रक्रिया में **workpiece पर कोई प्रत्यक्ष दबाव नहीं पड़ता**।
- **Fine Holes** को आसानी और सटीकता से ड्रिल किया जा सकता है।
- अन्य Non-Conventional Machining प्रक्रियाओं की तुलना में **उच्च Metal Removal Rate (MRR)** प्राप्त किया जा सकता है।

Electro Discharge Machining (EDM) की हानियाँ

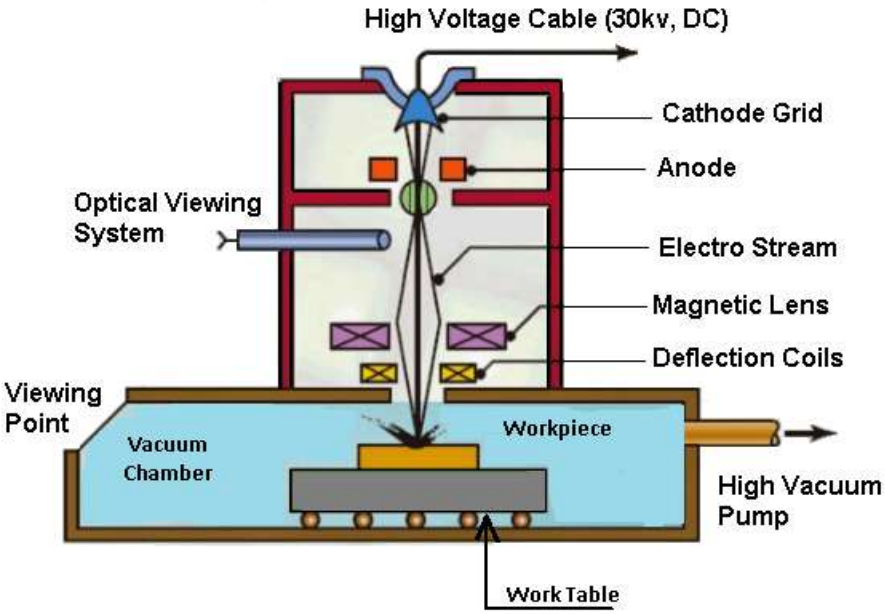
(Disadvantages of Electro Discharge Machining)

- बड़े आकार के workpiece पर यह प्रक्रिया लागू नहीं की जा सकती, क्योंकि workpiece का आकार **Setup के आकार से सीमित** होता है।
- **Electrically Non-Conducting materials** की मशीनिंग संभव नहीं है।
- मशीनिंग क्षेत्र में **बहुत अधिक तापमान** उत्पन्न होने के कारण पतले या नाज़ुक भागों में **विकृति (Deformation)** की संभावना रहती है।
- EDM प्रक्रिया से **Sharp Corners** नहीं बनाए जा सकते।
- EDM में प्राप्त **MRR पारंपरिक मशीनिंग की तुलना में कम** होती है, इसलिए यह Conventional Machining का पूर्ण विकल्प नहीं है।
- **Deep Holes** के लिए Tool को बार-बार **Redress (पुनः आकार देना)** करना पड़ता है।

ताप-विद्युत ऊर्जा आधारित अपरंपरागत मशीनिंग

(Thermo-Electric Energy Based Unconventional Machining)

1. Electron Beam Machining (EBM)



Electron Beam Machining

Electron Beam Machining (EBM)

Electron Beam Machining की व्यवस्था (Arrangement) **चित्र में दिखाए अनुसार** होती है। इसमें **Cathode** सामान्यतः **Tungsten या Tantalum** से बना होता है। Cathode के filament को लगभग **2500°C** तापमान तक गरम किया जाता है। इस उच्च तापमान के कारण **Thermo-Ionic Emission** द्वारा इलेक्ट्रॉनों का उत्सर्जन होता है। Chamber के अंदर **बहुत अधिक Vacuum** बनाए रखने से इलेक्ट्रॉनों का उत्सर्जन और अधिक बढ़ जाता है। Cathode के ठीक बाद एक **Grid** होती है।

इस Grid पर **उच्च Negative Bias** लगाया जाता है, ताकि Cathode से निकले इलेक्ट्रॉन फैलें नहीं (Diverge न हों) और अगले भाग की ओर सही दिशा में बढ़ें। इसके बाद **Anode** होता है, जो Beam के रूप में होता है। Anode इलेक्ट्रॉन बीम को आकर्षित करता है और उसे **धीरे-धीरे Accelerate (तेज़)** करता है।

Electron Beam Machining (EBM) के लाभ

(Advantages of Electron Beam Machining)

- जब **छोटे व्यास के गहरे छेद (High Aspect Ratio Holes)** बनाने हों, तब EBM बहुत **उच्च Drilling Rate** देता है।
- यह लगभग **सभी प्रकार की सामग्रियों** को मशीन कर सकता है, उनके Mechanical Properties की परवाह किए बिना।
- Mechanical Cutting Force न होने के कारण **Work Holding और Fixturing Cost बहुत कम** होती है।
- इसलिए **Fragile और Brittle Materials** की भी मशीनिंग संभव है।
- **Short Pulse** के कारण **Heat Affected Zone (HAZ)** बहुत कम होता है।
- **Electromagnetic Coils** द्वारा Beam Deflection के साथ किसी भी आकार के छेद **उच्च Accuracy** के साथ बनाए जा सकते हैं।
- यह एक **Fast Process** है।
- मशीनिंग के लिए **CNC Table** का उपयोग किया जा सकता है।

Electron Beam Machining (EBM) की हानियाँ

(Disadvantages of Electron Beam Machining)

- मशीन और Vacuum System के कारण **उपकरण की लागत अधिक** होती है तथा **Regular Maintenance** की आवश्यकता होती है।
- आवश्यक Vacuum प्राप्त करने के लिए **Pump Down Time** लगता है, जो Non-Productive Time होता है।
- इसमें केवल **छोटी कटाई (Small Cuts)** ही संभव है।
- छेद का आकार **Workpiece की गहराई** से प्रभावित होता है।
- इसके लिए **Highly Skilled Operator** की आवश्यकता होती है।

Laser Beam Machining (LBM)

Laser एक **Optical Transducer** है, जो **Electrical Energy को Coherent Light Energy** में परिवर्तित करता है।

Laser का पूरा नाम है:

"Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation"

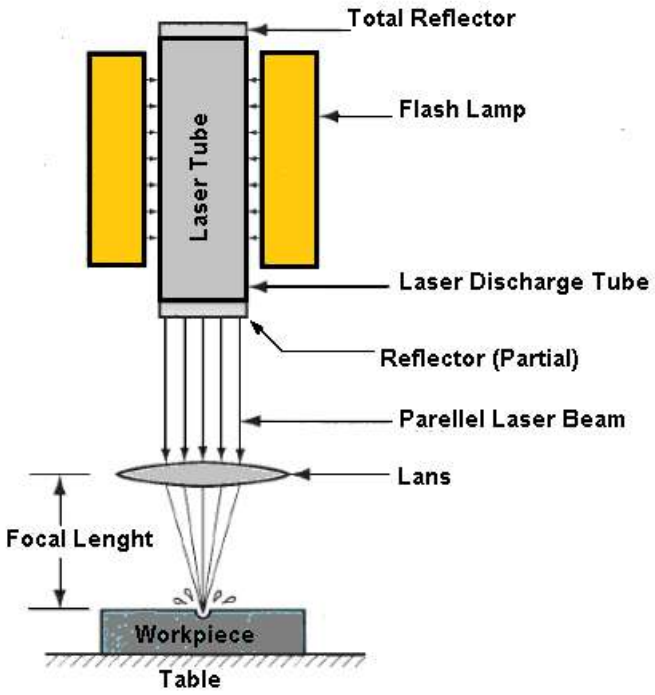
Laser Light **Coherent और Consistent** प्रकृति की होती है, जिसके कारण यह **बहुत उच्च Power Density** उत्पन्न करती है।

Laser सामान्यतः **Man-Made Ruby Crystal** से बनाई जाती है, जिसमें:

- **Chromium**
- या **Aluminium Oxide** मौजूद होता है।

Laser Beam Machining (LBM) में:

- Laser Beam की **Light Energy** का उपयोग
- Material Removal के लिए **Vaporization और Ablation** द्वारा किया जाता है।
- इस प्रक्रिया में **Coherent (सुसंगत) या Consistent प्रकाश किरण** को **Optical System** की सहायता से **एक निश्चित समय अवधि** के लिए **Focus** किया जाता है।



Laser Beam को **Pulsed रूप** में उपयोग किया जाता है, जिससे निकलने वाली ऊर्जा **Workpiece की सतह पर एक Impulse** उत्पन्न करती है।

इस Impulse के कारण **धातु पिघलती (Melting)** है और फिर **वाष्पीकृत (Evaporation)** होकर हट जाती है।

इस प्रक्रिया में **Metal Removal की विधि EDM के समान** होती है, लेकिन **Heat उत्पन्न करने का तरीका अलग** होता है।

LBM में **Heat का प्रयोग बहुत अधिक Focused** होता है, जबकि EDM में Heat अपेक्षाकृत कम Focused होती है।

Laser Beam Machining (LBM) की संरचना

(LBM Setup)

Laser Beam Machining Setup में निम्न भाग होते हैं:

- **Laser Tube**

- **दो Reflectors** (Tube के दोनों सिरों पर)
- **Flash Tube या Lamp**
- **Amplification Source**
- **Power Supply Unit**
- **Cooling System**

पूरा Setup एक **Enclosure** के अंदर फिट किया जाता है, जिसके अंदर **उच्च गुणवत्ता की Reflecting Surface** होती है।

Laser Beam Machining (LBM) के लाभ

(Advantages of Laser Beam Machining)

- जिन सामग्रियों की मशीनिंग **पारंपरिक विधियों से संभव नहीं** होती, उन्हें LBM द्वारा मशीन किया जा सकता है।
- इसमें **कोई Tool नहीं होता**, इसलिए **Tool Wear नहीं होता**।
- **Heat बहुत Focused** होती है, जिससे Workpiece का शेष भाग **न्यूनतम रूप से प्रभावित** होता है।
- **Precise Holes और Cavities** प्राप्त की जा सकती हैं।
- **Metals और Non-Metals** दोनों की मशीनिंग संभव है।
- **Micro-Drilling** संभव है।
- **Rubber और Plastics** की भी मशीनिंग की जा सकती है।
- Tool न होने के कारण **Tool Wear पूरी तरह से नहीं होता**।

Laser Beam Machining (LBM) की हानियाँ

(Disadvantages of Laser Beam Machining)

- **प्रारंभिक लागत (Initial Cost)** और **संचालन लागत (Operating Cost)** बहुत अधिक होती है।
- **उत्पादन दर (Production Rate) कम** होने के कारण यह केवल **कुछ विशेष कार्यों** के लिए ही उपयुक्त है।
- **अधिक प्रकाश परावर्तित (Highly Light Reflecting) सामग्री** पर इसका उपयोग नहीं किया जा सकता।
- इसके लिए **Highly Skilled Operator** की आवश्यकता होती है।
- इस प्रक्रिया की **Efficiency कम** होती है।
- इसका उपयोग मुख्यतः **पतली सामग्रियों (Thin Materials)** के लिए ही किया जाता है।
- **Material Removal Rate (MRR) धीमी** होती है।

UNIT-2.0

Metal Casting Basics (धातु कास्टिंग की मूल बातें)

- **परिचय (Introduction):**

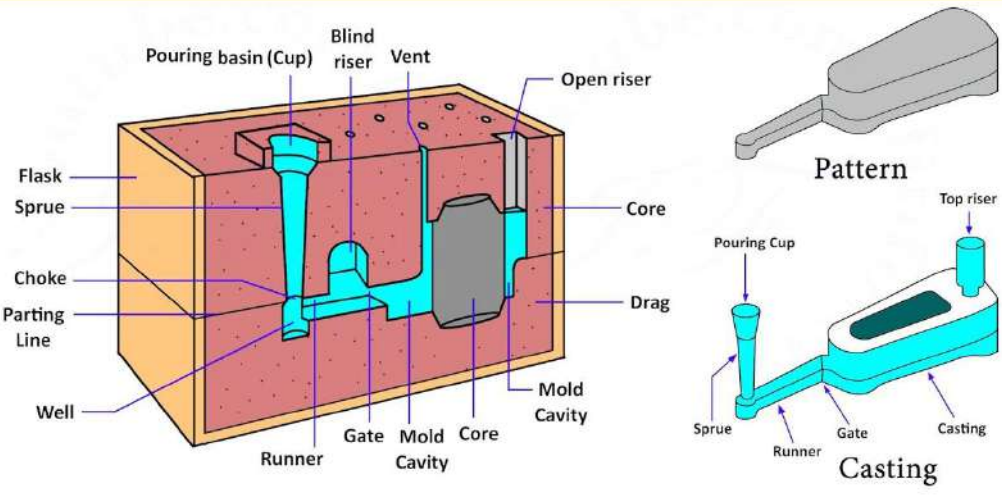
कास्टिंग (Casting) एक विनिर्माण प्रक्रिया (Manufacturing Process) है जिसमें पिघली हुई धातु (Molten Metal) को एक पहले से तैयार किए गए सांचे (Mold) में डाला जाता है। ठंडा होने और जमने (Solidification) के बाद, धातु सांचे का आकार ले लेती है। इसे सांचे से बाहर निकालकर 'कास्टिंग' कहा जाता है।

मूल चरण (Basic Steps):

- पैटर्न बनाना (Pattern Making)।
- मोल्ड और कोर बनाना (Mold and Core Making)।
- धातु पिघलना और डालना (Melting and Pouring)।
- ठंडा होना (Solidification/Cooling)।
- कास्टिंग को निकालना और साफ करना (Fettling and Cleaning)।
- Gating and Riser Design (गेटिंग और राइजर डिजाइन)

कास्टिंग की गुणवत्ता सीधे तौर पर इस बात पर निर्भर करती है कि पिघली हुई धातु सांचे में कैसे प्रवेश करती है।

- **गेटिंग और राइजर डिजाइन (Gating And Riser Design):**



गेटिंग सिस्टम (Gating System):

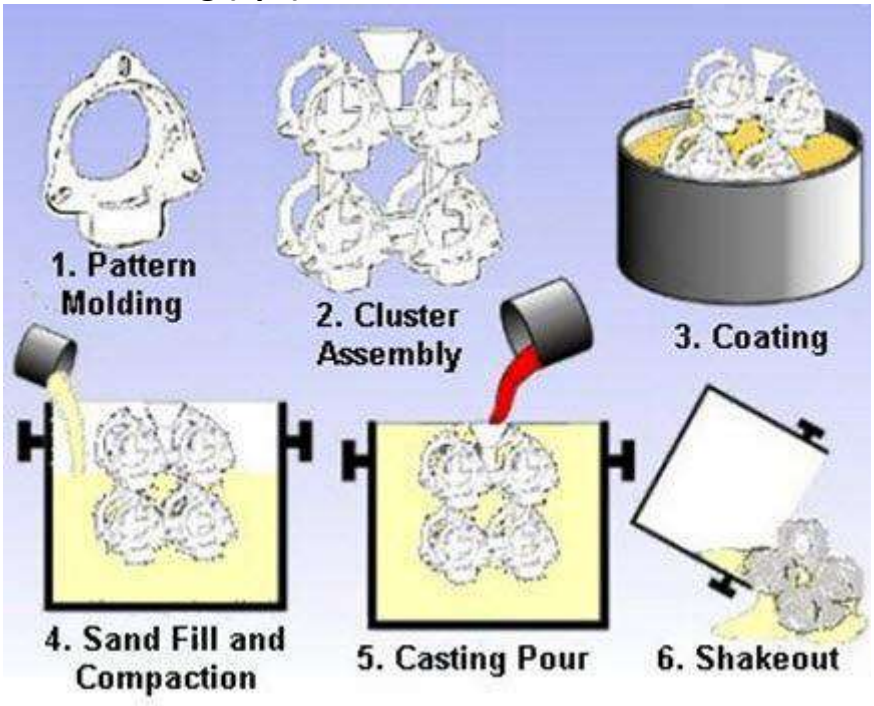
गेटिंग सिस्टम उन चैनलों (Channels) का नेटवर्क है जिसके माध्यम से पिघली हुई धातु सांचे की कैविटी (Cavity) में प्रवेश करती है। इसके मुख्य घटक हैं:

- Pouring Basin (पोरिंग बेसिन): यह सबसे ऊपरी हिस्सा है जहाँ धातु डाली जाती है। यह धातु के प्रवाह को नियंत्रित करता है।
- Sprue (स्प्रू): यह एक वर्टिकल (Vertical) चैनल है जो पोरिंग बेसिन से धातु को नीचे ले जाता है।
- Runner (रनर): यह एक हॉरिजॉन्टल (Horizontal) चैनल है जो धातु को स्प्रू से गेट तक ले जाता है।
- Gate (गेट): यह वह अंतिम बिंदु है जहाँ से धातु मोल्ड कैविटी में प्रवेश करती है।
- राइजर (Riser):
- राइजर पिघली हुई धातु का एक भंडार (Reservoir) होता है। जब धातु ठंडी होकर सिकुड़ती (Shrinkage) है, तो राइजर अतिरिक्त धातु की आपूर्ति करता है ताकि कास्टिंग में कोई खाली जगह (Voids) या दोष न आए।

➢ **Working Principle, Set Up, And Parameters (कार्य सिद्धांत और प्रक्रिया)**

यहाँ विभिन्न उन्नत कास्टिंग प्रक्रियाओं का विवरण दिया गया है:

- **Evaporative Pattern Casting (Epc) / Lost Foam Process**



कार्य सिद्धांत (Working Principle):

इस प्रक्रिया में पॉलीस्टायरीन (Polystyrene - थर्माकोल) फोम से बना एक पैटर्न इस्तेमाल किया जाता है। जब पिघली हुई धातु सांचे में डाली जाती है, तो गर्मी के कारण फोम तुरंत वाष्पित (Evaporate) हो जाता है और धातु उसकी जगह ले लेती है।

सेटअप (Set Up):

- ❖ फोम पैटर्न (Foam Pattern)।
- ❖ रिफ्रैक्टरी कोटिंग (Refractory Coating)।
- ❖ मोल्डिंग बॉक्स जिसमें बिना बाइंडर वाली सूखी रेत (Dry Sand) होती है।

प्रक्रिया (Process):

फोम का पैटर्न तैयार किया जाता है। पैटर्न पर रिफ्रैक्टरी कोटिंग की जाती है। पैटर्न को मोल्ड बॉक्स में रखकर चारों ओर सूखी रेत भरी जाती है और कंपन (Vibration) द्वारा उसे सेट किया जाता है। पिघली हुई धातु डाली जाती है, जो फोम को जलाकर उसकी जगह ले लेती है।

लाभ (Advantages):

1. जटिल आकृतियाँ (Complex Shapes) आसानी से बनाई जा सकती हैं।
2. पार्टिंग लाइन (Parting Line) और कोर (Cores) की आवश्यकता नहीं होती।

3. सतह की फिनिशिंग बहुत अच्छी होती है।

सीमाएं (Limitations):

1. हर कास्टिंग के लिए नया पैटर्न बनाना पड़ता है।
2. पैटर्न बनाने की लागत अधिक हो सकती है।

अनुप्रयोग (Applications):

- ✓ ऑटोमोबाइल इंजन ब्लॉक, सिलेंडर हेड, पाइप फिटिंग।

Hybrid Epc & Vacuum Epc Process

- Vacuum Epc (वैक्यूम ईपीसी):

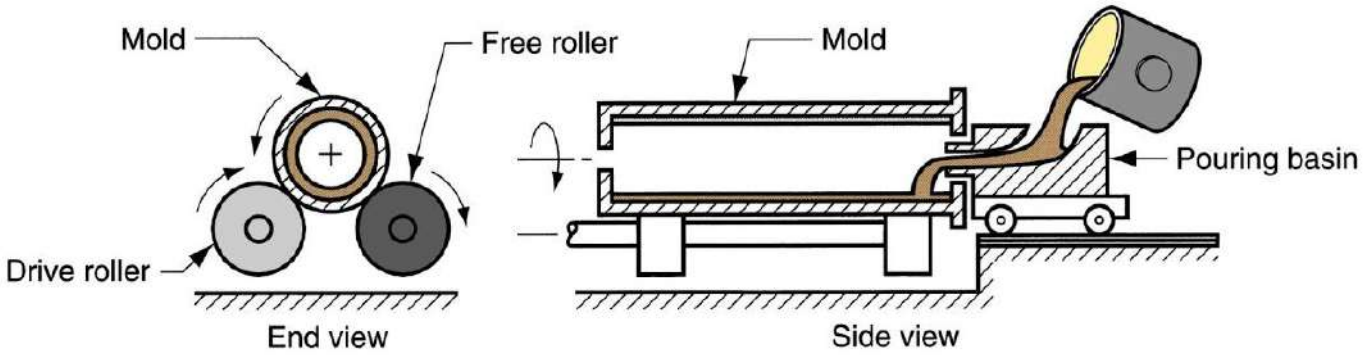
यह Epc (Lost Foam) प्रक्रिया का ही एक उन्नत रूप है। इसमें रेत को बिना किसी बाइंडर के सांचे में रखा जाता है और वैक्यूम (Vacuum) का उपयोग करके रेत को अपनी जगह पर स्थिर रखा जाता है। वैक्यूम के कारण फोम के जलने से निकलने वाली गैसें भी जल्दी बाहर निकल जाती हैं।

लाभ: कास्टिंग में गैस दोष (Gas Defects) कम होते हैं और धातु का प्रवाह बेहतर होता है।

- Hybrid Epc:

यह शब्द अक्सर Epc प्रक्रिया के साथ अन्य तकनीकों (जैसे Shell Molding या Investment Casting के तत्वों) को मिलाने के संदर्भ में उपयोग किया जाता है ताकि जटिलता और सटीकता को बढ़ाया जा सके। इसमें कभी-कभी फोम पैटर्न के ऊपर एक सिरेमिक शेल (Ceramic Shell) चढ़ाकर कास्टिंग की जाती है।

Centrifugal Casting (अपकेंद्री कास्टिंग)



कार्य सिद्धांत (Working Principle):

इस प्रक्रिया में पिघली हुई धातु को एक घूमते हुए सांचे (Rotating Mold) में डाला जाता है। अपकेंद्री बल (Centrifugal Force) के कारण भारी धातु सांचे की दीवारों की ओर धकेली जाती है और वहीं जम जाती है।

सेटअप (Set Up):

- ❖ घूर्णन करने वाला धातु का सांचा (Rotating Metallic Mold)।
- ❖ मोटर और रोलर्स (Motor & Rollers) सांचे को घुमाने के लिए।

प्रक्रिया (Process):

सांचे को उच्च गति पर घुमाया जाता है। घूमते हुए सांचे में पिघली धातु डाली जाती है।

सेंट्रीफ्यूगल फोर्स धातु को सांचे की दीवारों पर चिपका देता है, जिससे बीच में एक खोखला (Hollow) स्थान बन जाता है।

लाभ (Advantages):

1. पाइप जैसे खोखले बेलनाकार (Cylindrical) पुर्जे बनाने के लिए कोर (Core) की जरूरत नहीं होती।
2. कास्टिंग का घनत्व (Density) अधिक होता है और अशुद्धियाँ (Impurities) केंद्र में आ जाती हैं जिन्हें मशीनिंग से हटाया जा सकता है।

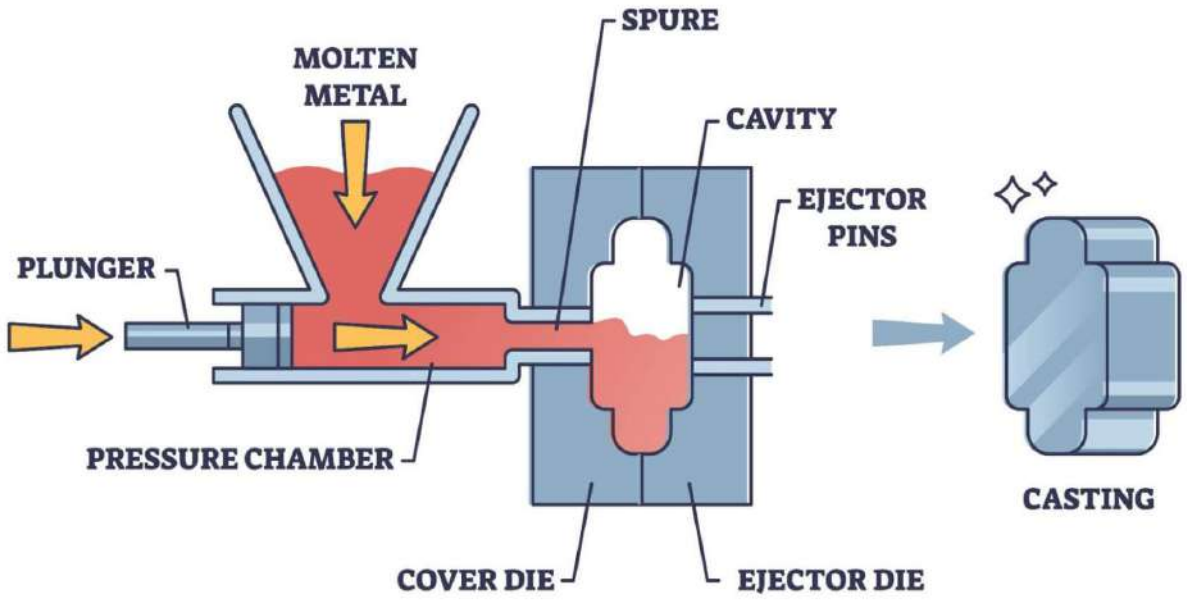
सीमाएं (Limitations):

1. केवल बेलनाकार (Cylindrical) आकृतियों के लिए उपयुक्त है।
2. उपकरण महंगे होते हैं।

अनुप्रयोग (Applications):

✓ पानी के पाइप, गन बैरल (Gun Barrels), बुशिंग (Bushings), पिस्टन रिंग्स।

Pressure Die Casting (प्रेशर डाई कास्टिंग)



कार्य सिद्धांत (Working Principle):

इस प्रक्रिया में पिघली हुई धातु को उच्च दबाव (High Pressure) के साथ एक स्थायी धातु के सांचे (Die) में इंजेक्ट किया जाता है।

प्रकार (Types):

- **Hot Chamber Die Casting:**
  - कम गलनांक (Low Melting Point) वाली धातुओं (जैसे जिंक, टिन) के लिए।
  - इसमें धातु पिघलाने वाली भट्टी (Furnace) मशीन का ही हिस्सा होती है।
  - फायदा: बहुत तेज उत्पादन (Fast cycle time)।
- **Cold Chamber Die Casting:**
  - उच्च गलनांक (High Melting Point) वाली धातुओं (जैसे एल्युमिनियम, ब्रास) के लिए।
  - इसमें धातु को अलग भट्टी में पिघलाकर मशीन में लाया जाता है।
  - उपयोग: उच्च गलनांक वाली धातुएं जैसे एल्युमिनियम (Aluminum), कॉपर, ब्रास।
  - कारण: एल्युमिनियम गर्म होने पर लोहे (मशीन के पार्ट्स) के साथ प्रतिक्रिया कर सकता है, इसलिए इसे अलग रखा जाता है।

लाभ (Advantages):

1. उत्पादन दर (Production Rate) बहुत अधिक होती है।
2. बहुत पतली दीवार वाले पुर्जे (Thin Walled Parts) बनाए जा सकते हैं।
3. एक्सीलेंट सरफेस फिनिश और डायमेंशनल एक्यूरेसी।

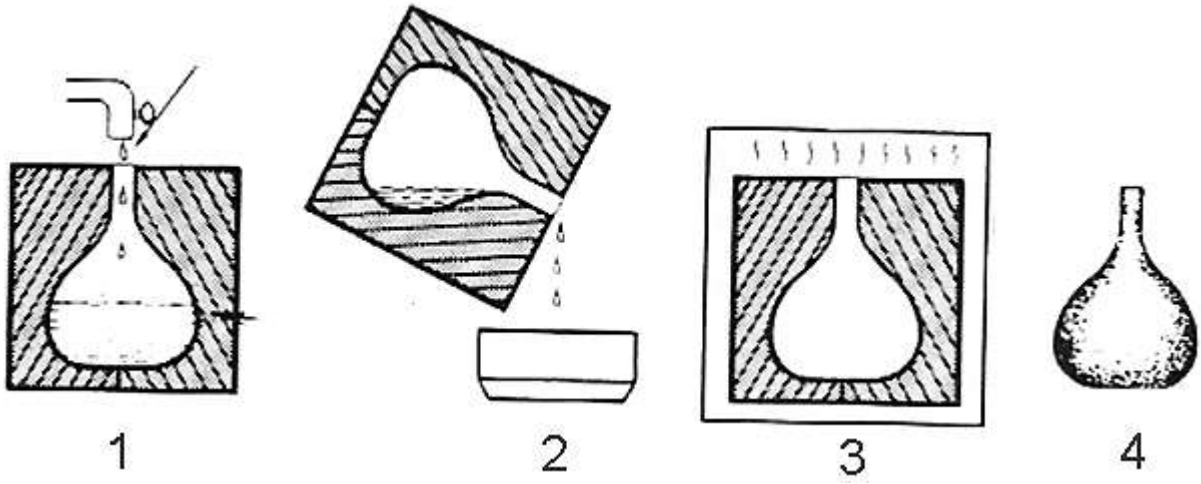
सीमाएं (Limitations):

1. मशीन और डाई की लागत बहुत अधिक होती है।
2. केवल नॉन-फेरस (Non-Ferrous) धातुओं के लिए उपयुक्त है।

अनुप्रयोग (Applications):

- ✓ कार्बोरेटर बॉडी, खिलौने, मोबाइल फोन के केसिंग, ऑटोमोबाइल पार्ट्स।

Slush Casting (स्लश कास्टिंग)



कार्य सिद्धांत (Working Principle):

यह खोखली कास्टिंग (Hollow Casting) बनाने की एक विधि है जिसमें कोर का उपयोग नहीं होता। पिघली धातु को सांचे में डाला जाता है और कुछ देर बाद जब बाहरी परत जम जाती है, तो अंदर की बची हुई पिघली धातु को बाहर निकाल लिया जाता है।

लाभ (Advantages):

1. सजावटी और खोखली वस्तुएं बनाने के लिए उत्तम है।
2. कोर बनाने का खर्च बचता है।

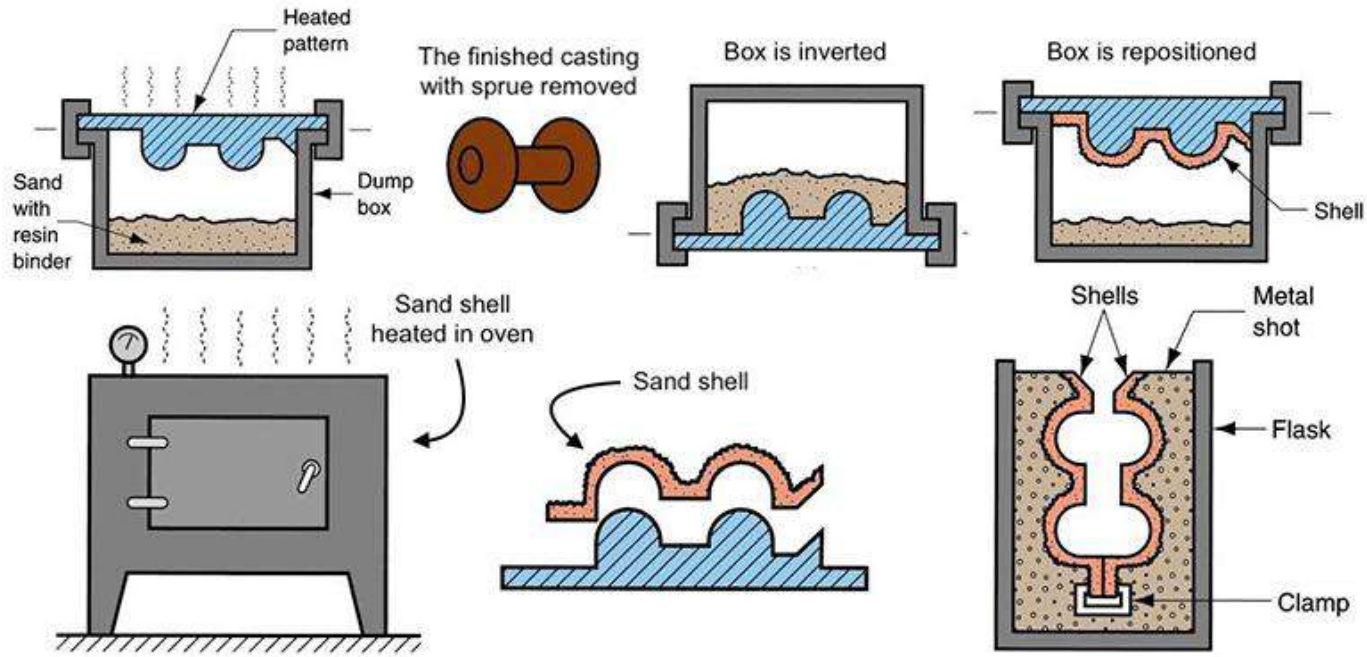
सीमाएं (Limitations):

1. दीवार की मोटाई को सटीक रूप से नियंत्रित करना मुश्किल है।
2. यांत्रिक शक्ति (Mechanical Strength) कम होती है।

अनुप्रयोग (Applications):

- ✓ मूर्तियां, लैंप बेस, खिलौने, और सजावटी सामान।

Shell Molding Process (शेल मोल्डिंग प्रक्रिया)



कार्य सिद्धांत (Working Principle):

इस प्रक्रिया में एक गर्म धातु के पैटर्न का उपयोग करके रेत और रेजिन (Resin) के मिश्रण से एक पतली "शेल" (Shell) या परत तैयार की जाती है, जो सांचे का काम करती है।

प्रक्रिया पैरामीटर (Process Parameters):

- ❖ पैटर्न का तापमान: 175°C से 370°C के बीच।
- ❖ मिश्रण: सिलिका सैंड + थर्मोसेटिंग रेजिन (जैसे फेनोलिक रेजिन)।

प्रक्रिया (Process):

धातु के पैटर्न को गर्म किया जाता है।गर्म पैटर्न को रेत और रेजिन के मिश्रण के संपर्क में लाया जाता है। गर्मी के कारण पैटर्न के चारों ओर रेत की एक सख्त परत (Shell) बन जाती है। इस शेल को पैटर्न से अलग करके दो हिस्सों को जोड़कर सांचा तैयार किया जाता है।

लाभ (Advantages):

1. बहुत ही चिकनी सतह (Smooth surface finish) प्राप्त होती है।
2. डायमेंशनल एक्यूरेसी (Dimensional Accuracy) बहुत अच्छी होती है।
3. पतले सेक्शन बनाए जा सकते हैं।

सीमाएं (Limitations):

1. पैटर्न और रेजिन की लागत अधिक होती है।
2. बड़ी कास्टिंग के लिए उपयुक्त नहीं है।

अनुप्रयोग (Applications):

- ✓ गियर हाउसिंग, सिलेंडर हेड्स, कनेक्टिंग रॉड्स।

Unit 3.0
Advanced Welding and Forming Processes

यह यूनिट आधुनिक निर्माण तकनीकों पर केंद्रित है जो उच्च परिशुद्धता (High Precision) और विशेष अनुप्रयोगों के लिए उपयोग की जाती हैं।

➢ Advanced Welding Processes (उन्नत वेल्डिंग प्रक्रियाएं)

इस भाग में हम उन वेल्डिंग विधियों का अध्ययन करेंगे जो पारंपरिक वेल्डिंग (जैसे Arc Welding) से अधिक उन्नत हैं।

1. Orbital TIG Welding (ऑर्बिटल टीआईजी वेल्डिंग)

यह TIG (Tungsten Inert Gas) वेल्डिंग का एक मशीनीकृत (Automated) रूप है।

कार्य सिद्धांत (Working Principle): सामान्य TIG वेल्डिंग में वेल्डर अपने हाथ से टॉर्च को घुमाता है। ऑर्बिटल वेल्डिंग में, पाइप या ट्यूब स्थिर (Static) रहता है और **वेल्डिंग टॉर्च (Electrode)** मैकेनिकली पाइप के चारों ओर 360 डिग्री घूमती है (जैसे ग्रह सूरज की परिक्रमा करते हैं - Orbit)। कंप्यूटर द्वारा करंट और स्पीड को नियंत्रित किया जाता है।

सेटअप (Set up):

- **Power Source:** प्रोग्रामेबल पावर सप्लाई।
- **Orbital Head:** यह पाइप के ऊपर क्लैंप किया जाता है और इसमें रोटेटिंग गियर मैकेनिज्म होता है।
- **Inert Gas:** आर्गन (Argon) गैस का प्रयोग शील्डिंग के लिए होता है।

प्रक्रिया पैरामीटर (Process Parameters):

- वेल्डिंग करंट (Current)।
- टॉर्च के घूमने की गति (Rotation Speed)।
- गैस प्रवाह दर (Gas Flow Rate)।

लाभ (Advantages):

1. मानवीय त्रुटि (Human Error) खत्म हो जाती है।
2. सभी वेल्ड जोड़ एक समान और उच्च गुणवत्ता के होते हैं।
3. तंग जगहों (जहां वेल्डर का हाथ नहीं पहुँच सकता) में वेल्डिंग संभव है।

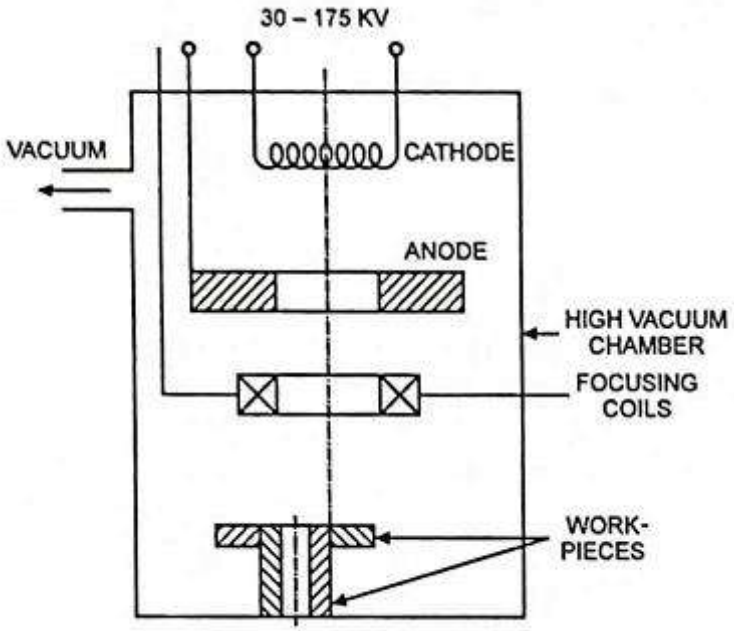
सीमाएं (Limitations):

1. उपकरण काफी महंगे होते हैं।
2. पाइप की फिटिंग बहुत सटीक होनी चाहिए।

अनुप्रयोग (Applications):

- ✓ फार्मास्युटिकल और फूड प्रोसेसिंग इंडस्ट्री (पाइपलाइनों में बैक्टीरिया न जमे)।
- ✓ एयरोस्पेस और सेमीकंडक्टर उद्योग।

➢ Electron Beam Welding (EBW - इलेक्ट्रॉन बीम वेल्डिंग)



यह एक **फ्यूजन वेल्डिंग** प्रक्रिया है जो वैक्यूम (Vacuum) में की जाती है।

कार्य सिद्धांत (Working Principle): इसमें उच्च वेग (High Velocity) वाले इलेक्ट्रॉनों की एक केंद्रित बीम (Beam) का उपयोग किया जाता है। जब ये इलेक्ट्रॉन तेज गति से धातु की सतह से टकराते हैं, तो उनकी **गतिज ऊर्जा (Kinetic Energy)** तुरंत **तापीय ऊर्जा (Heat Energy)** में बदल जाती है। यह गर्मी इतनी तीव्र होती है कि धातु तुरंत पिघल जाती है और जुड़ जाती है।

सेटअप (Set up):

- ❖ **Electron Gun:** इलेक्ट्रॉन पैदा करने के लिए।
- ❖ **Vacuum Chamber:** पूरी प्रक्रिया निर्वात में होती है ताकि हवा के कण इलेक्ट्रॉनों को रोक न सकें।
- ❖ **Magnetic Lenses:** इलेक्ट्रॉन बीम को फोकस करने के लिए।

प्रक्रिया पैरामीटर:

- त्वरक वोल्टेज (Accelerating Voltage)।
- बीम करंट (Beam Current)।
- वैक्यूम का स्तर।

लाभ (Advantages):

1. **Deep Penetration:** इसमें "की-होल" (Keyhole) प्रभाव बनता है, जिससे बहुत गहरा और सकरा वेल्ड संभव है।
2. Heat Affected Zone (HAZ) बहुत कम होता है, जिससे धातु कमजोर नहीं पड़ती।
3. कोई ऑक्सीकरण (Oxidation) नहीं होता क्योंकि यह वैक्यूम में होता है।

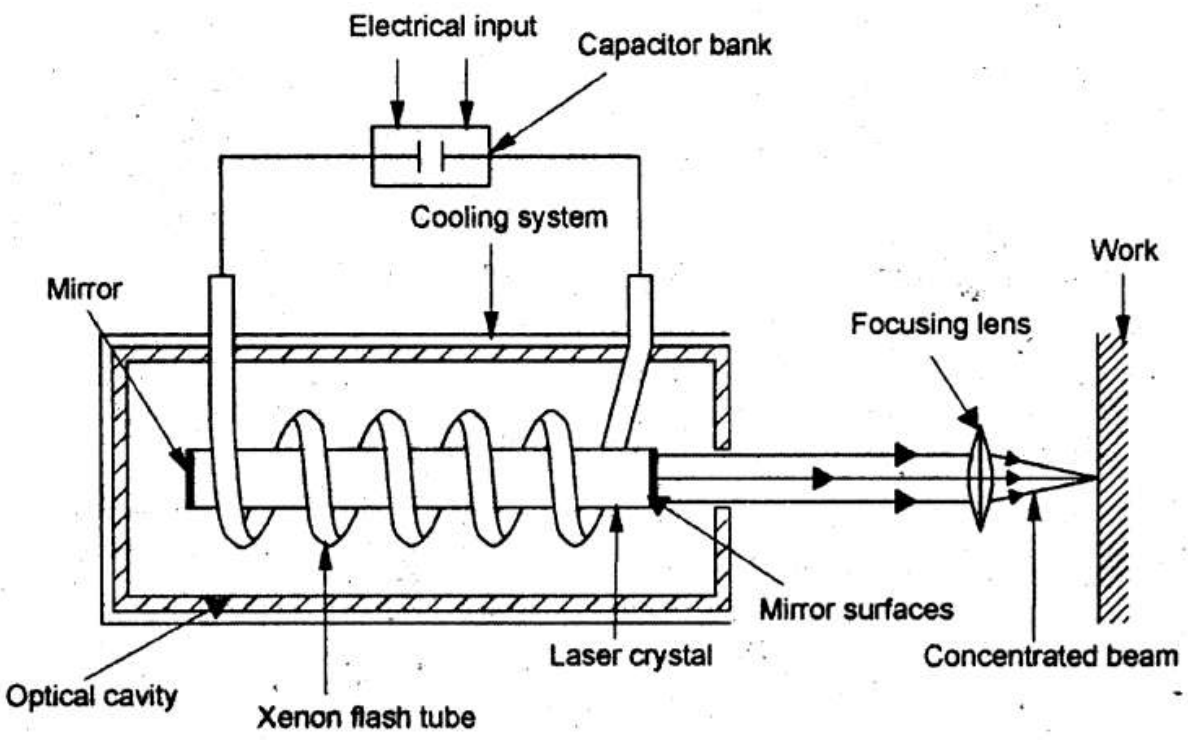
सीमाएं (Limitations):

1. मशीन और वैक्यूम चैम्बर की लागत बहुत अधिक है।
2. वैक्यूम बनाने में समय लगता है, जिससे उत्पादन दर कम हो जाती है।
3. आकार सीमित होता है (वैक्यूम चैम्बर के आकार के अनुसार)।

अनुप्रयोग (Applications):

- ✓ परमाणु रिएक्टर के घटक।
- ✓ हवाई जहाज के इंजन के पार्ट्स।
- ✓ मिसाइल के पुर्जे।

➢ Laser Beam Welding (LBW - लेजर बीम वेल्डिंग)



कार्य सिद्धांत (Working Principle): इसमें "लेजर" (LASER - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) का उपयोग किया जाता है। लेजर एक बहुत ही केंद्रित प्रकाश किरण (Coherent Light Beam) है जिसमें उच्च ऊर्जा घनत्व होता है। जब यह किरण धातु पर पड़ती है, तो वह उसे पिघलाकर वाष्पित कर देती है, जिससे जोड़ बनता है।

सेटअप (Set up):

- ❖ **Laser Source:** (जैसे CO_2 लेजर या YAG लेजर)।
- ❖ **Focusing Lens:** लेजर किरण को एक बिंदु पर केंद्रित करने के लिए।
- ❖ **Shielding Gas:** वेल्ड पूल को बचाने के लिए हीलियम या आर्गन।

लाभ (Advantages):

1. वैक्यूम की आवश्यकता नहीं होती (EBW के विपरीत)।
2. बहुत सटीक (Precise) वेल्डिंग संभव है।
3. तेज गति से वेल्डिंग की जा सकती है।
4. असमान धातुओं (Dissimilar metals) को जोड़ा जा सकता है।

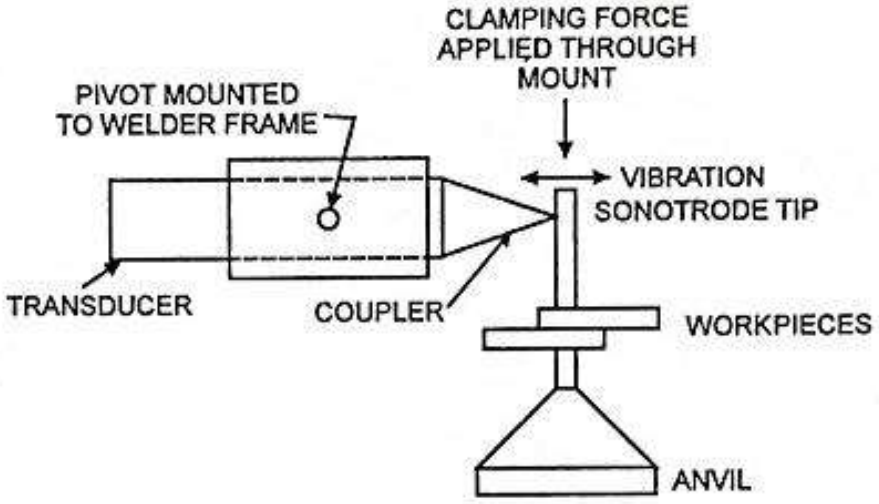
सीमाएं (Limitations):

1. चमकदार सतहों (जैसे तांबा, एल्युमिनियम) को वेल्ड करना मुश्किल है क्योंकि वे लेजर लाइट को रिफ्लेक्ट कर देते हैं।
2. ऊर्जा दक्षता (Energy Efficiency) कम होती है।

अनुप्रयोग (Applications):

- ✓ ऑटोमोबाइल बॉडी वेल्डिंग।
- ✓ इलेक्ट्रॉनिक्स सर्किट और पेसमेकर (Pacemakers)।
- ✓ रेजर ब्लेड निर्माण।

➢ Ultrasonic Welding (USW - अल्ट्रासोनिक वेल्डिंग)



यह एक **Solid State Welding** (ठोस अवस्था वेल्डिंग) है, इसमें धातु को पिघलाया नहीं जाता।

कार्य सिद्धांत (Working Principle): इसमें दो वर्कपीस को एक दूसरे के ऊपर दबाव (Pressure) के साथ रखा जाता है और उच्च आवृत्ति (High Frequency - 20 kHz से 40 kHz) की **अल्ट्रासोनिक कंपन (Ultrasonic Vibrations)** दी जाती है। इस कंपन से दोनों सतहों के बीच घर्षण (Friction) पैदा होता है, जिससे ऑक्साइड की परत टूट जाती है और परमाणु स्तर पर बंधन (Atomic Bonding) बन जाता है।

सेटअप (Set up):

- ❖ **Transducer:** विद्युत ऊर्जा को यांत्रिक कंपन में बदलने के लिए।
- ❖ **Sonotrode (Horn):** कंपन को वर्कपीस तक पहुँचाने के लिए।
- ❖ **Anvil:** वर्कपीस को सपोर्ट देने के लिए।

लाभ (Advantages):

1. कोई गर्मी (Heat) या पिघलना शामिल नहीं है।
2. बहुत पतली पन्नी (Thin foils) को मोटी शीट से जोड़ा जा सकता है।
3. प्लास्टिक को जोड़ने के लिए यह सबसे अच्छी विधि है।

सीमाएं (Limitations):

1. केवल पतली शीट (3 mm तक) के लिए उपयुक्त।
2. मोटे और भारी पार्ट्स को वेल्ड नहीं किया जा सकता।

अनुप्रयोग (Applications):

- ✓ प्लास्टिक खिलौने और पैकेजिंग।
- ✓ लिथियम-आयन बैटरी के कनेक्शन (Tab welding)।
- ✓ इलेक्ट्रिकल कॉन्टैक्ट्स।

➢ Industrial Adhesive and Adhesive Bonding

आधुनिक इंजीनियरिंग में नट-बोल्ट या वेल्डिंग की जगह "गोंद" (Adhesive) का उपयोग बढ़ रहा है।
सिद्धांत: एडहेसिव बॉन्डिंग एक प्रक्रिया है जिसमें दो सतहों को एक रासायनिक पदार्थ (Adhesive) का उपयोग करके जोड़ा जाता है। यह "सतही आकर्षण" (Surface adhesion) और "आंतरिक मजबूती" (Cohesion) के सिद्धांत पर काम करता है।

एडहेसिव के प्रकार (Types):

1. **Epoxy:** बहुत मजबूत, धातुओं के लिए उपयोग होता है।
2. **Cyanoacrylates:** (जैसे Super glue) तुरंत चिपकने वाला।
3. **Polyurethanes:** लचीलापन प्रदान करता है।

प्रक्रिया पैरामीटर:

- ❖ **Surface Preparation:** सतह बिल्कुल साफ और खुरदुरी होनी चाहिए।
- ❖ **Curing Time:** गोंद को सूखने और सेट होने के लिए दिया गया समय।

लाभ (Advantages):

1. अलग-अलग प्रकार की सामग्री (जैसे कांच को धातु से) जोड़ा जा सकता है।
2. वजन कम होता है (हवाई जहाजों में बहुत उपयोगी)।
3. कंपन (Vibration) को सोख लेता है।
4. वेल्डिंग की तरह धातु में तनाव या विरूपण (Distortion) नहीं आता।

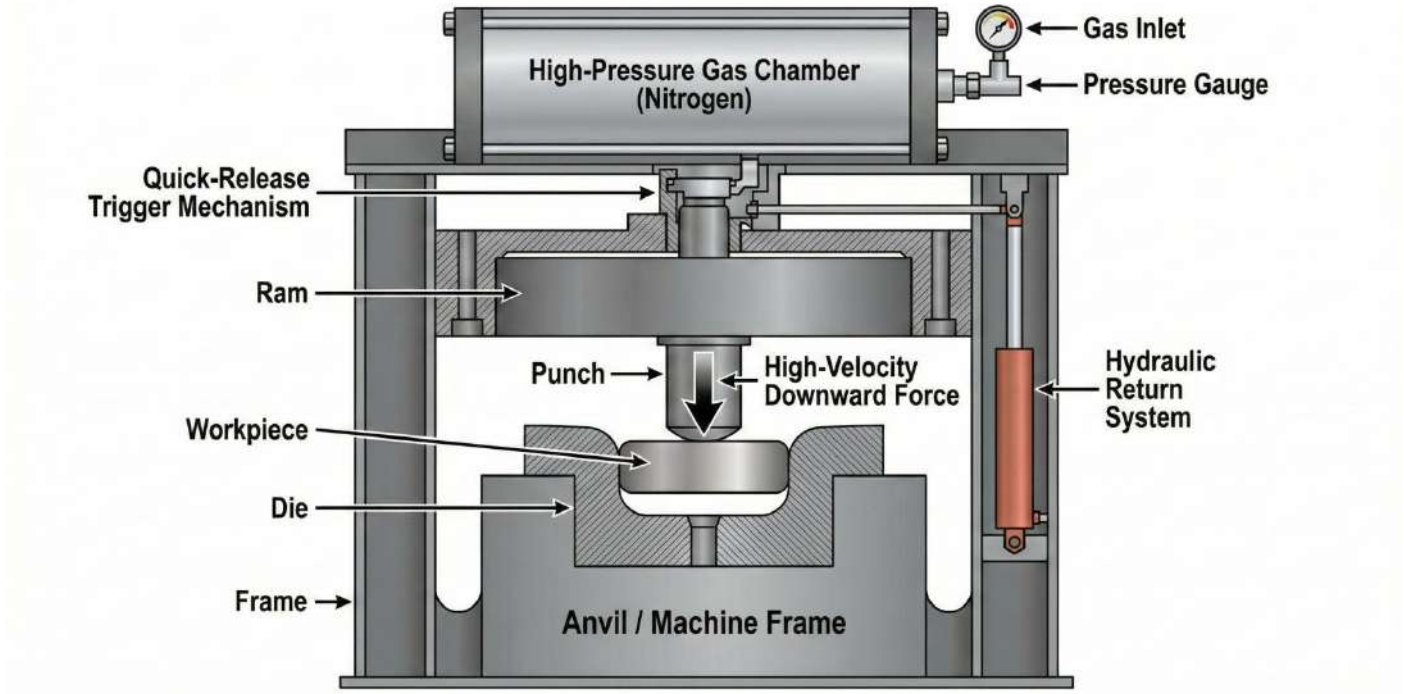
सीमाएं:

1. उच्च तापमान पर जोड़ कमजोर हो जाता है।
2. सेट होने में समय लगता है (Curing time)।

➢ Advanced Metal Forming (उन्नत धातु निर्माण)

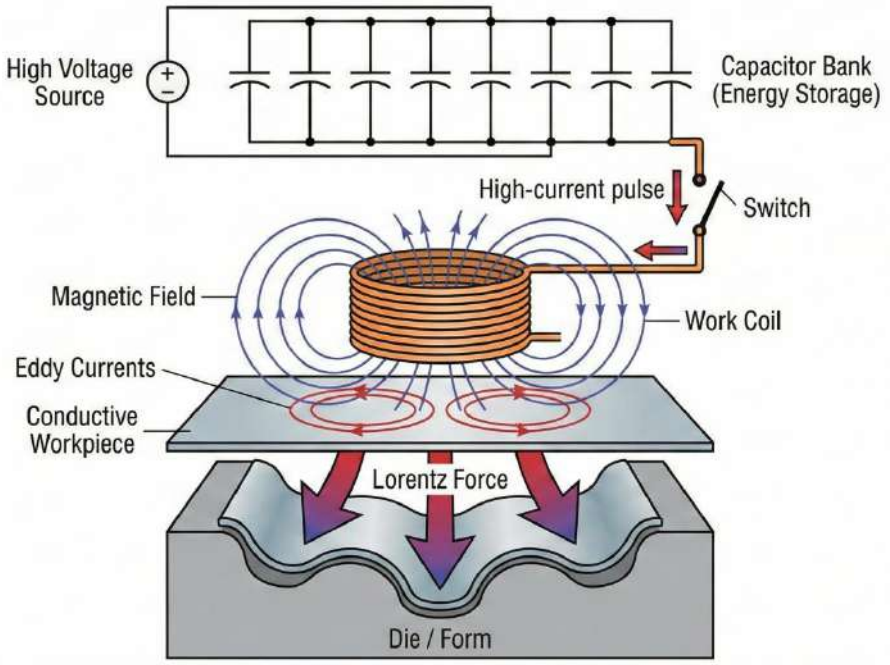
इस भाग में "High Energy Rate Forming" (HERF) का अध्ययन किया जाएगा, जहाँ धातु को बहुत तेजी से आकार दिया जाता है।

1. High Energy Rate Forming (HERF)



- **परिचय:** HERF मेटल फॉर्मिंग प्रक्रियाओं (metal forming processes) की एक ऐसी श्रेणी है, जिसमें पार्ट्स को **अत्यधिक उच्च वेग (extremely high velocities)** पर बनाया जाता है। यह प्रक्रिया पारंपरिक प्रेसिंग (conventional pressing) की तुलना में बहुत तेज होती है।
- इसमें धातु को प्लास्टिक रूप से विकृत (Deform) करने के लिए बहुत कम समय में अत्यधिक ऊर्जा छोड़ी जाती है।
- **विशेषता:** इसमें भारी प्रेस मशीनों की जरूरत नहीं होती, बल्कि ऊर्जा (शॉक वेव) का उपयोग होता है।

2. Electro-Magnetic Forming (EMF)

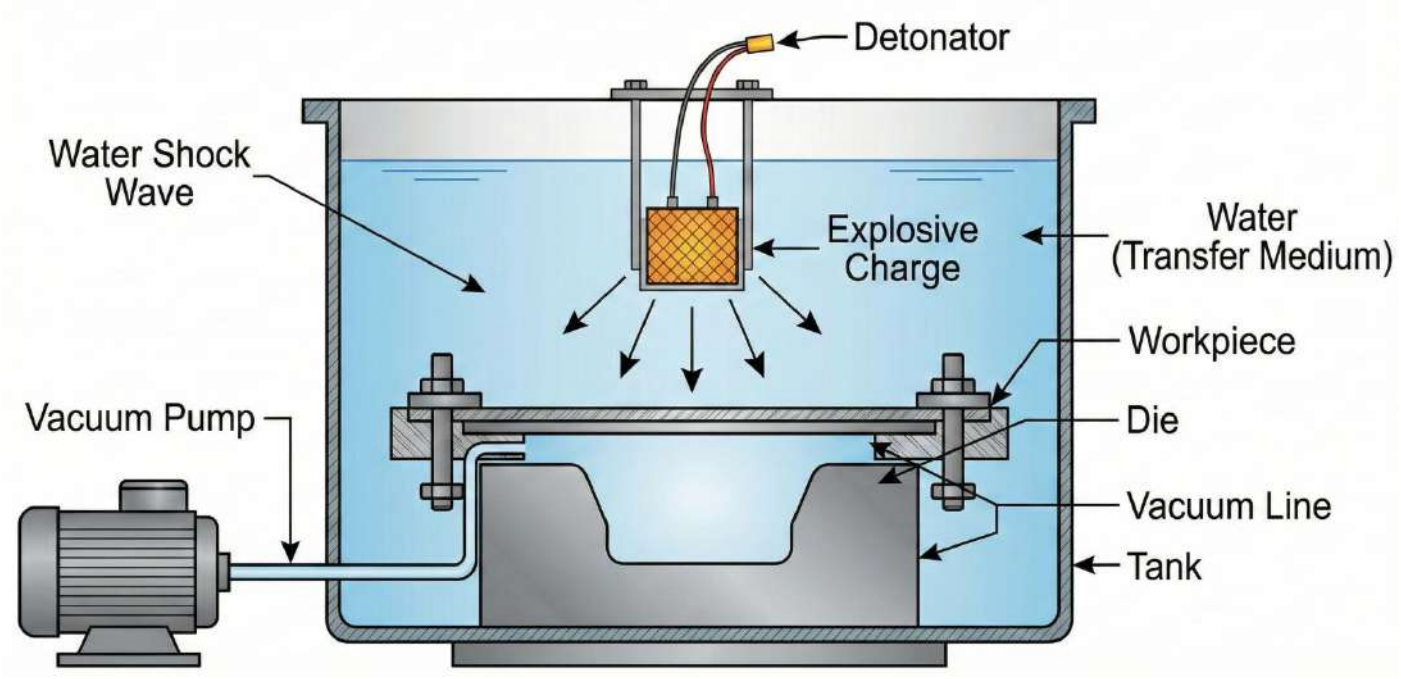


कार्य सिद्धांत: यह **चुंबकीय प्रतिकर्षण (Magnetic Repulsion)** के सिद्धांत पर काम करता है।

1. एक कैपेसिटर बैंक से बहुत भारी करंट अचानक एक कॉइल (Coil) में छोड़ा जाता है।
2. कॉइल एक मजबूत चुंबकीय क्षेत्र बनाती है।
3. पास रखी धातु (वर्कपीस) में प्रेरित धारा (Eddy Current) उत्पन्न होती है।
4. इन दोनों के बीच एक जबरदस्त प्रतिकर्षण बल (Repulsive Force) लगता है जो धातु को डाई (Die) की तरफ धकेल देता है।

- **अनुप्रयोग:** एल्युमिनियम ट्यूब को सिकोड़ना (Swaging) या फैलाना।
- **शर्त:** वर्कपीस सुचालक (Conductive) होना चाहिए।

3. Explosive Forming (विस्फोटक फॉर्मिंग)



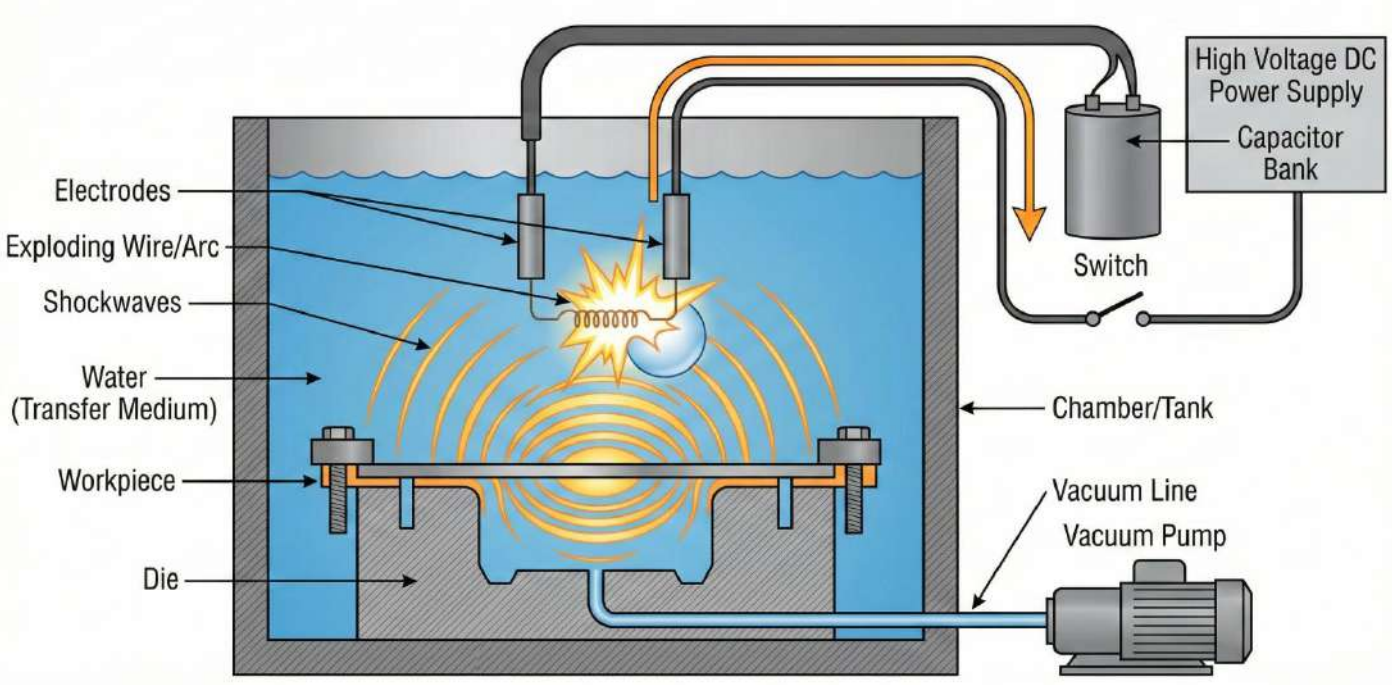
कार्य सिद्धांत: इसमें रासायनिक विस्फोटकों (जैसे RDX, Dynamite) का उपयोग किया जाता है।

1. धातु की चादर को डाई के ऊपर रखा जाता है और पानी के टैंक में डुबोया जाता है।

2. पानी के अंदर विस्फोटक फोड़ा जाता है।
3. विस्फोट से उत्पन्न **शॉक वेव (Shock Wave)** पानी के माध्यम से धातु पर दबाव डालती है।
4. धातु डाई की गुहा (Cavity) में धंस जाती है।

- **लाभ:** बहुत बड़े आकार के पार्ट्स (जैसे रॉकेट के नोजल, रडार डिश) बनाए जा सकते हैं।
- **सीमा:** यह प्रक्रिया खतरनाक है और धीमी है।

5. Electro-Hydraulic Forming



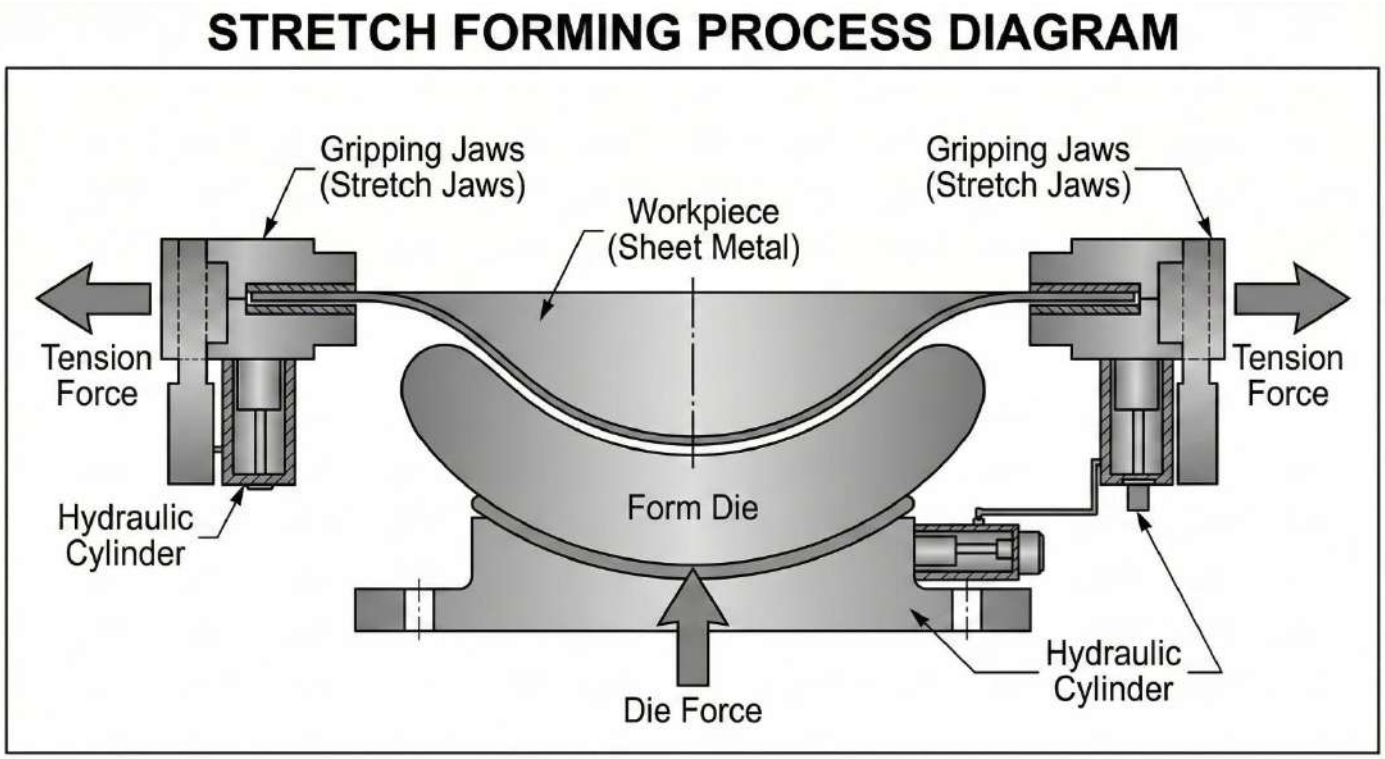
यह विस्फोटक फॉर्मिंग जैसा ही है, लेकिन इसमें रासायनिक विस्फोटक की जगह **बिजली की चिंगारी (Electric Spark)** का उपयोग होता है।

कार्य सिद्धांत:

1. पानी के अंदर दो इलेक्ट्रोड के बीच हाई वोल्टेज स्पार्क (Spark) किया जाता है।
2. यह स्पार्क पानी को वाष्पित करके शॉक वेव बनाता है।
3. शॉक वेव धातु को आकार देती है।

- **लाभ:** विस्फोटक की तुलना में सुरक्षित और नियंत्रित करने में आसान।

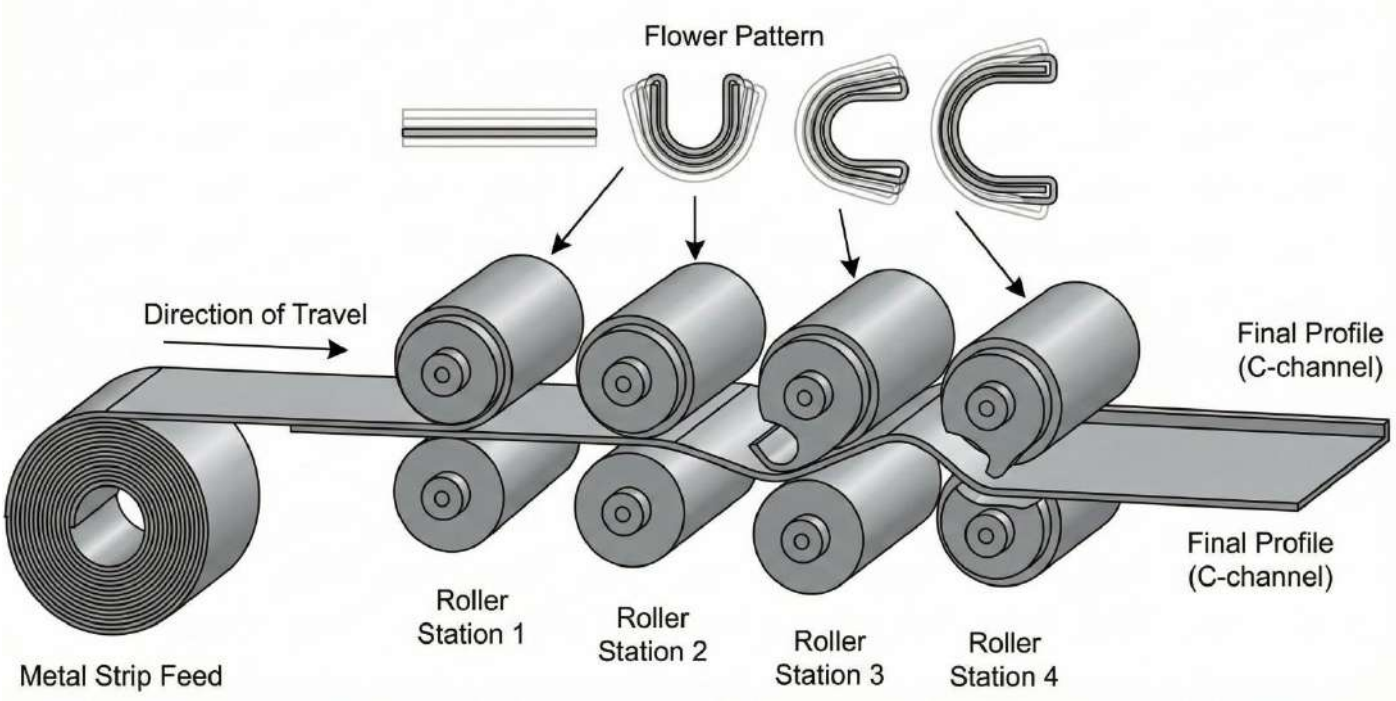
4. Stretch Forming (स्ट्रेच फॉर्मिंग)



कार्य सिद्धांत: धातु की चादर को दोनों सिरों से पकड़कर खींचा (Stretch) जाता है जब तक कि वह अपनी Yield Limit पार न कर ले। खिंची हुई अवस्था में ही उसे डाई (Form Block) के ऊपर लपेटा जाता है।

- **महत्व:** इसमें "Spring-back" (धातु का वापस पुराने आकार में आना) बहुत कम होता है।
- **अनुप्रयोग:** एयरोस्पेस में हवाई जहाज के बॉडी पैनल बनाने के लिए।

6. Contour Roll Forming



डायग्राम के मुख्य घटक (Key Components):

- **फीड (Metal Strip - धातु की पट्टी):** यह वह समतल (flat) शीट मेटल है जो मशीन के अंदर प्रवेश करती है।
- **रोलर स्टेशन (Roller Stations):** यह रोल्स (ऊपर और नीचे) के जोड़ों की एक श्रृंखला (series) होती है। हर स्टेशन धातु को पिछले स्टेशन की तुलना में थोड़ा और मोड़ता (bend) है।

- **प्रोग्रेसिव फॉर्मिंग (Progressive Forming - क्रमिक निर्माण):** इसमें धातु का आकार धीरे-धीरे बदलता है। इसे आप "फ्लॉवर पैटर्न" (flower pattern) में देख सकते हैं (जहाँ हर चरण के क्रॉस-सेक्शन को एक के ऊपर एक रखकर दिखाया जाता है)।
- **अंतिम प्रोफाइल (Final Profile):** अंत में धातु की पट्टी अपने तैयार आकार (जैसे U-चैनल, C-चैनल, या कोई जटिल मोल्डिंग) के साथ मशीन से बाहर निकलती है।

कार्य सिद्धांत: यह एक निरंतर (Continuous) प्रक्रिया है। धातु की एक लंबी पट्टी को रोलर्स (Rollers) के कई सेटों (Stations) से गुजारा जाता है। हर स्टेशन धातु को थोड़ा-थोड़ा मोड़ता है। अंत तक पहुँचते-पहुँचते धातु वांछित आकार (जैसे U-चैनल, C-चैनल) ले लेती है।

- **अनुप्रयोग:** शटर के दरवाजे, रेलवे कोच के पैनल, छत की चादरें।
- **लाभ:** मास प्रोडक्शन (Mass production) के लिए सबसे तेज विधि।

BHUSHAN KUMAR NAYAK

Unit 4.0
गियर विनिर्माण (Gear Manufacturing)

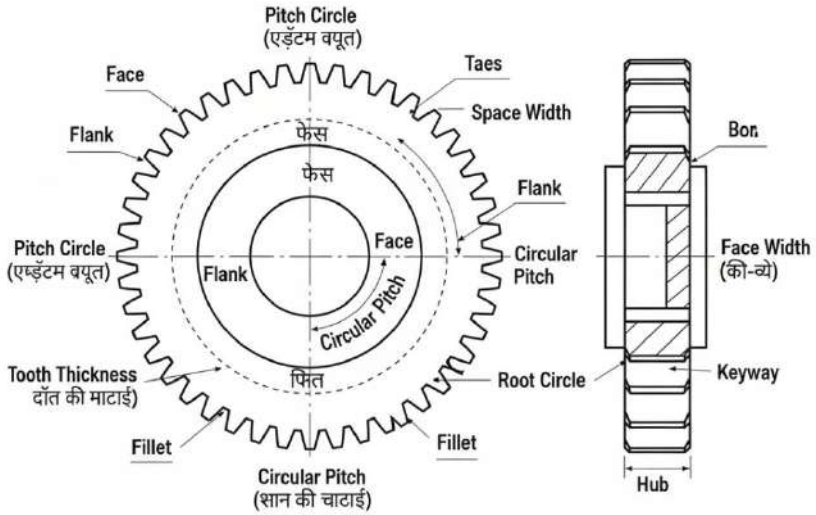
गियर :- गियर एक ऐसा यांत्रिक अवयव (Mechanical element) है जो दांतों (Teeth) की सहायता से एक शाफ्ट से दूसरे शाफ्ट तक बिना किसी फिसलन (Slip) के गति और शक्ति का संचरण करता है।

गियर के प्रकार (Types of Gear)

1. समानांतर शाफ्ट गियर्स (Parallel Shafts Gears)

जब दो शाफ्ट एक-दूसरे के समानांतर (Parallel) हों, तब इन गियर्स का उपयोग होता है:

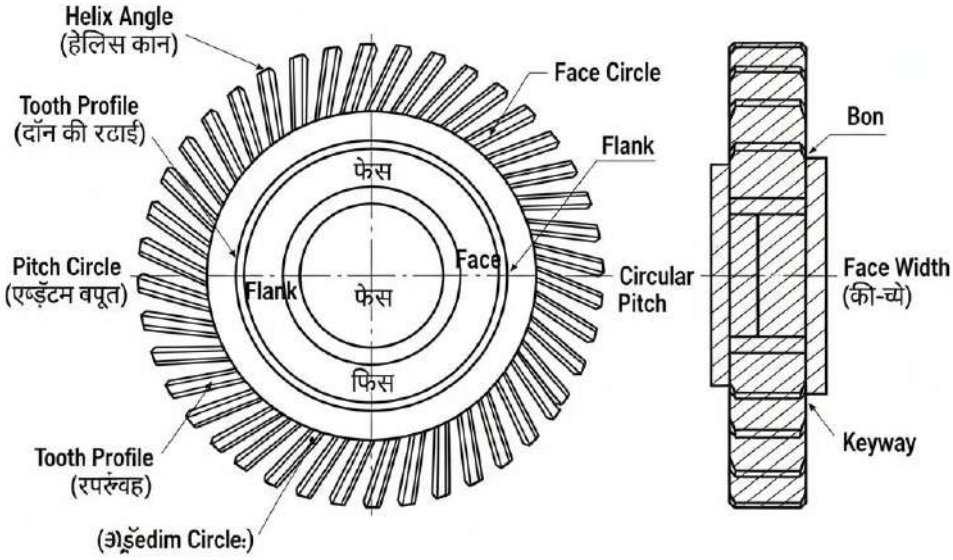
A. स्पर गियर (Spur Gear)



यह सबसे सरल और सामान्य प्रकार का गियर है। इसके दांत शाफ्ट के अक्ष (Axis) के बिल्कुल समानांतर कटे होते हैं।

- **विशेषता:** ये कम गति पर बहुत प्रभावी होते हैं। उच्च गति पर ये शोर (Noise) करते हैं।
- **उपयोग:** इलेक्ट्रिक टूथब्रश, घड़ियाँ, और साधारण मशीनरी।

B. हेलिकल गियर (Helical Gear)

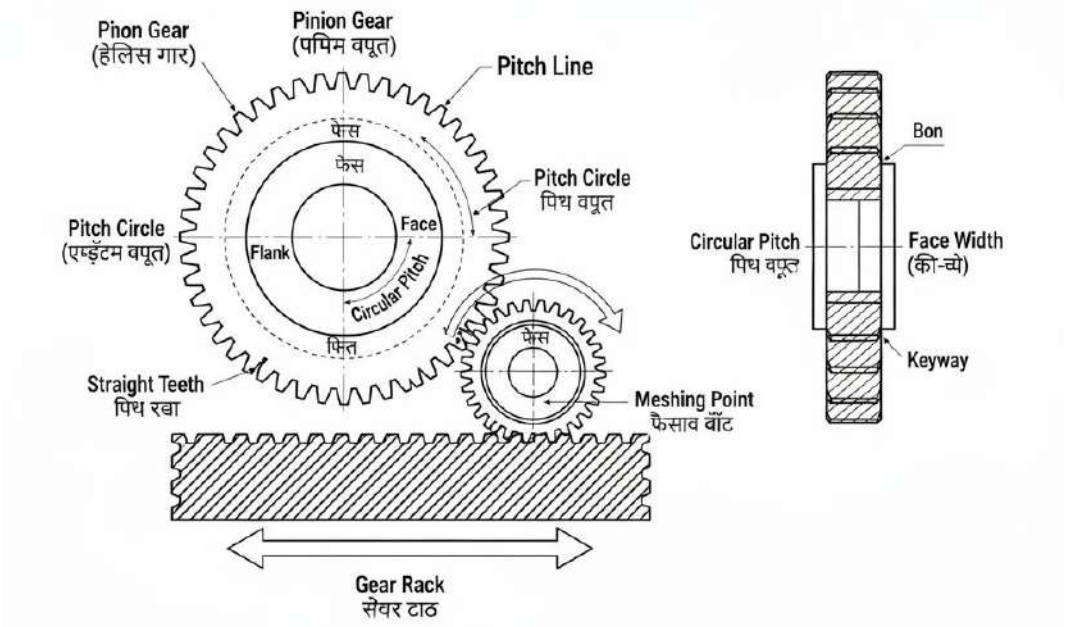


इसके दांत शाफ्ट के अक्ष से एक निश्चित कोण (Angle) पर कटे होते हैं।

- **विशेषता:** तिरछे दांतों के कारण, दो दांतों के बीच का संपर्क धीरे-धीरे शुरू होता है। इससे ये स्पर गियर की तुलना में बहुत शांत (Quiet) और सुचारू (Smooth) चलते हैं।

- **उपयोग:** ऑटोमोबाइल गियरबॉक्स और ट्रांसमिशन।

C. रैक और पिनियन (Rack and Pinion)



यह घूर्णी गति (Rotary motion) को रेखीय गति (Linear motion) में बदलने के लिए उपयोग किया जाता है। इसमें 'रैक' एक सीधा गियर होता है और 'पिनियन' एक छोटा गोलाकार गियर।

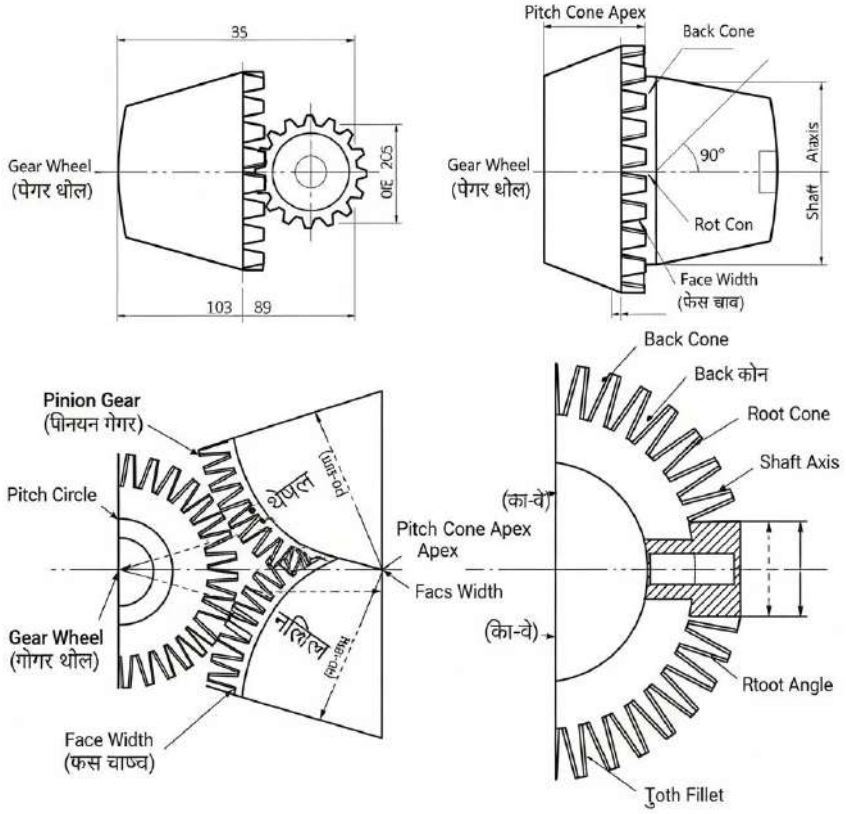
- **उपयोग:** कार का स्टीयरिंग सिस्टम, रेलवे ट्रैक (चढ़ाई वाले)।

2. प्रतिच्छेदी शाफ्ट गियर्स (Intersecting Shafts Gears)

जब दो शाफ्ट एक-दूसरे को किसी निश्चित कोण पर काटते हैं (आमतौर पर 90°):

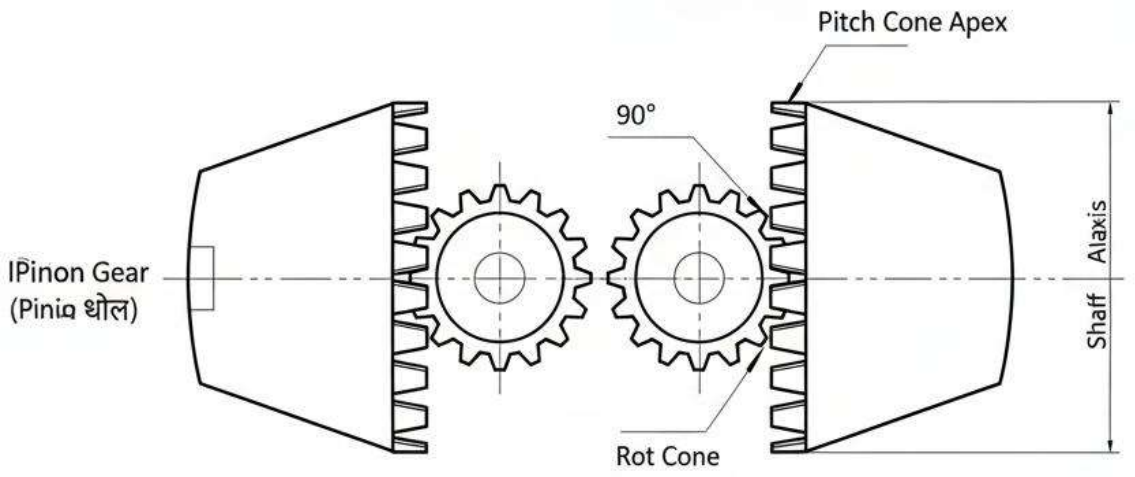
A. बेवल गियर (Bevel Gear)

ये शंकु (Cone) के आकार के होते हैं। इनका उपयोग शक्ति की दिशा बदलने के लिए किया जाता है।



- **Straight Bevel Gear:** दांत सीधे होते हैं।
- **Spiral Bevel Gear:** दांत घुमावदार होते हैं (अधिक शांत संचालन)।
- **उपयोग:** हैंड ड्रिल मशीन, डिफरेंशियल गियरबॉक्स।

B. मीटर गियर (Miter Gear)

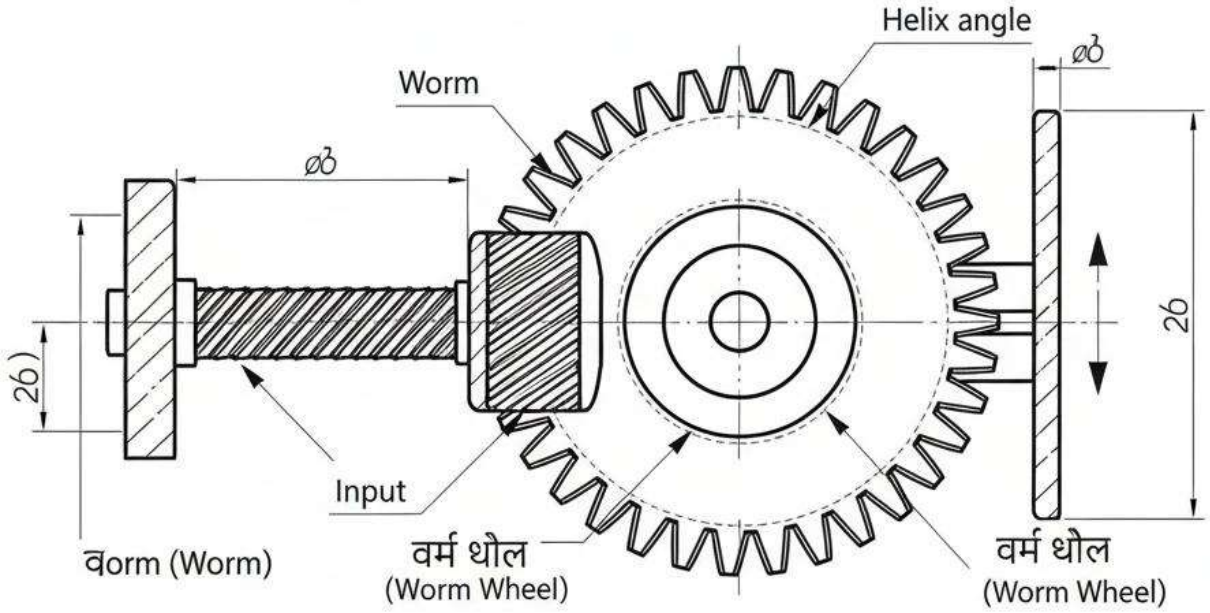


जब दो बेवल गियर्स का आकार समान हो और वे शाफ्ट की दिशा को 90° पर बदलते हैं बिना गति (Speed) बदले, तो उन्हें मीटर गियर कहते हैं।

3. गैर-समांतर और गैर-प्रतिच्छेदी शाफ्ट (Non-Parallel & Non-Intersecting)

जब शाफ्ट न तो समानांतर हों और न ही एक-दूसरे को काटते हों:

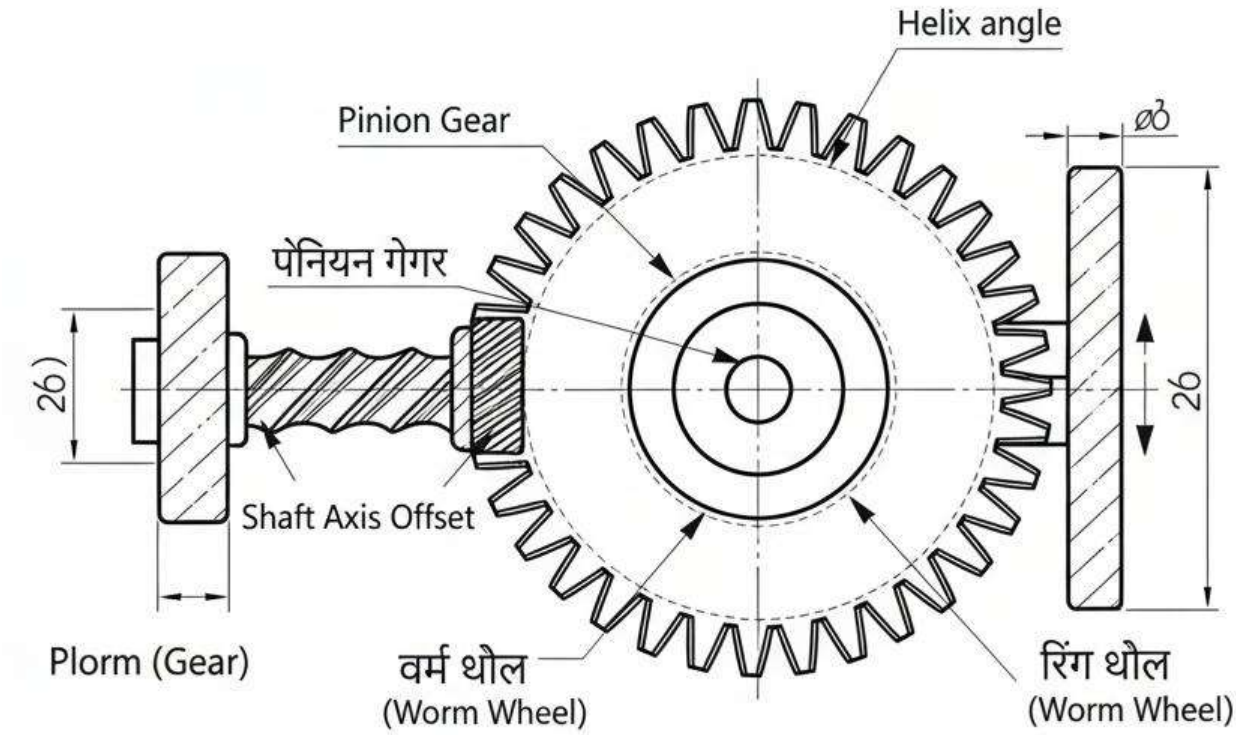
A. वर्म और वर्म व्हील (Worm and Worm Wheel)



इसमें एक 'वर्म' (जो स्क्रू जैसा दिखता है) और एक 'वर्म व्हील' (गियर) होता है।

- **विशेषता:** यह बहुत अधिक **Speed Reduction** (गति कम करना) प्रदान करता है। यह "Self-locking" होता है, यानी वर्म व्हील वर्म को नहीं घुमा सकता।
- **उपयोग:** लिफ्ट (Elevators), कन्वेयर बेल्ट, और संगीत वाद्ययंत्रों के ट्यूनिंग पेग्स।

B. हाइपॉइड गियर (Hypoid Gear)

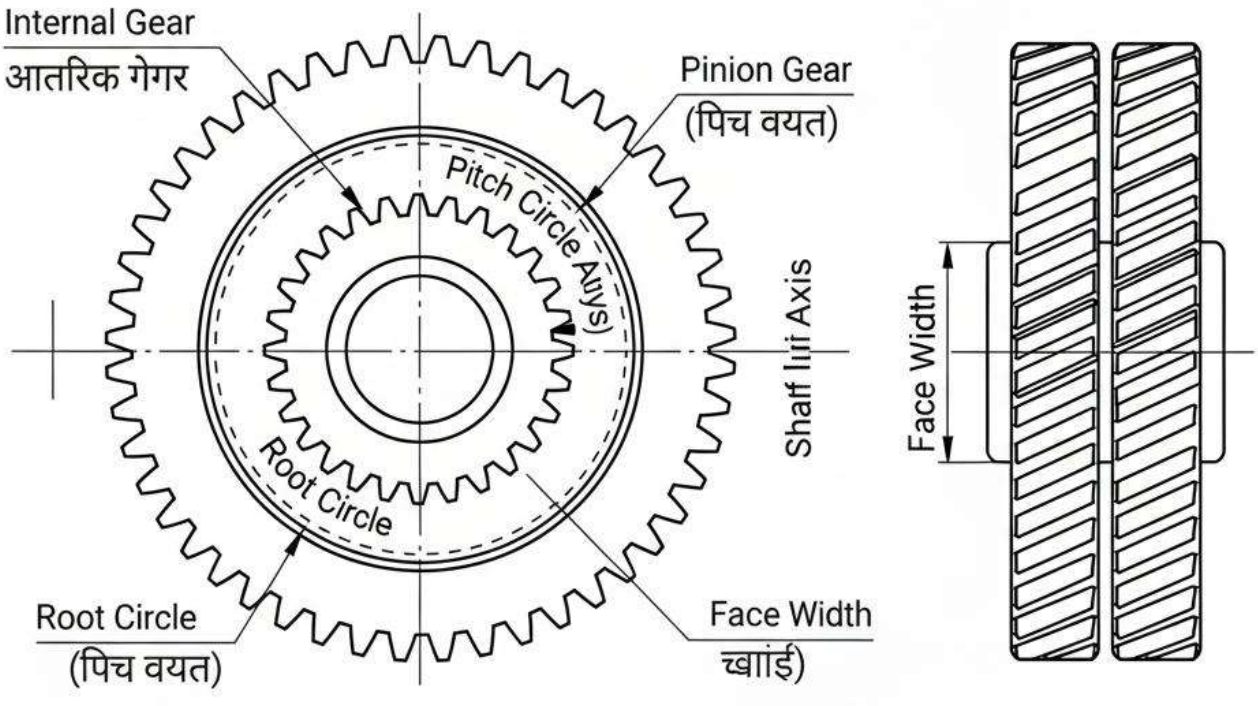


यह सर्पिल बेवल गियर (Spiral Bevel) जैसा दिखता है, लेकिन इसके शाफ्ट एक-दूसरे को काटते नहीं हैं।

- **उपयोग:** ट्रकों और कारों के रियर एक्सल (Rear Axle) में, जहाँ शाफ्ट को गियर के केंद्र से थोड़ा नीचे रखना होता है।

4. विशेष प्रकार के गियर (Special Gears)

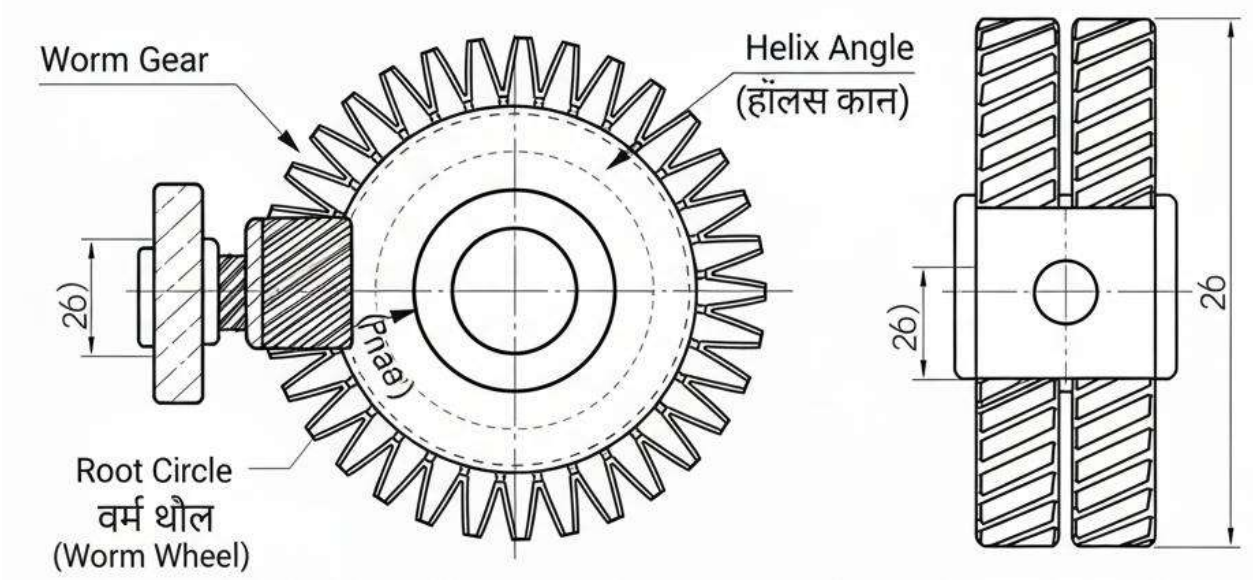
A. इंटरनल गियर (Internal Gear)



इनके दांत गियर के अंदरूनी घेरे पर कटे होते हैं।

- **उपयोग:** प्लैनेटरी गियर सिस्टम (Planetary Gear System) में।

B. हेरिंगबोन गियर (Herringbone Gear)

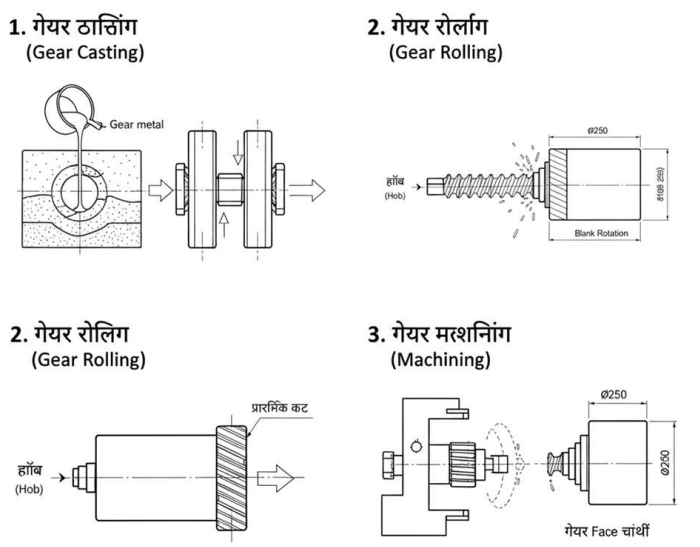


इसे "Double Helical Gear" भी कहते हैं। इसमें दो हेलिकल गियर्स को जोड़कर 'V' आकार बनाया जाता है।

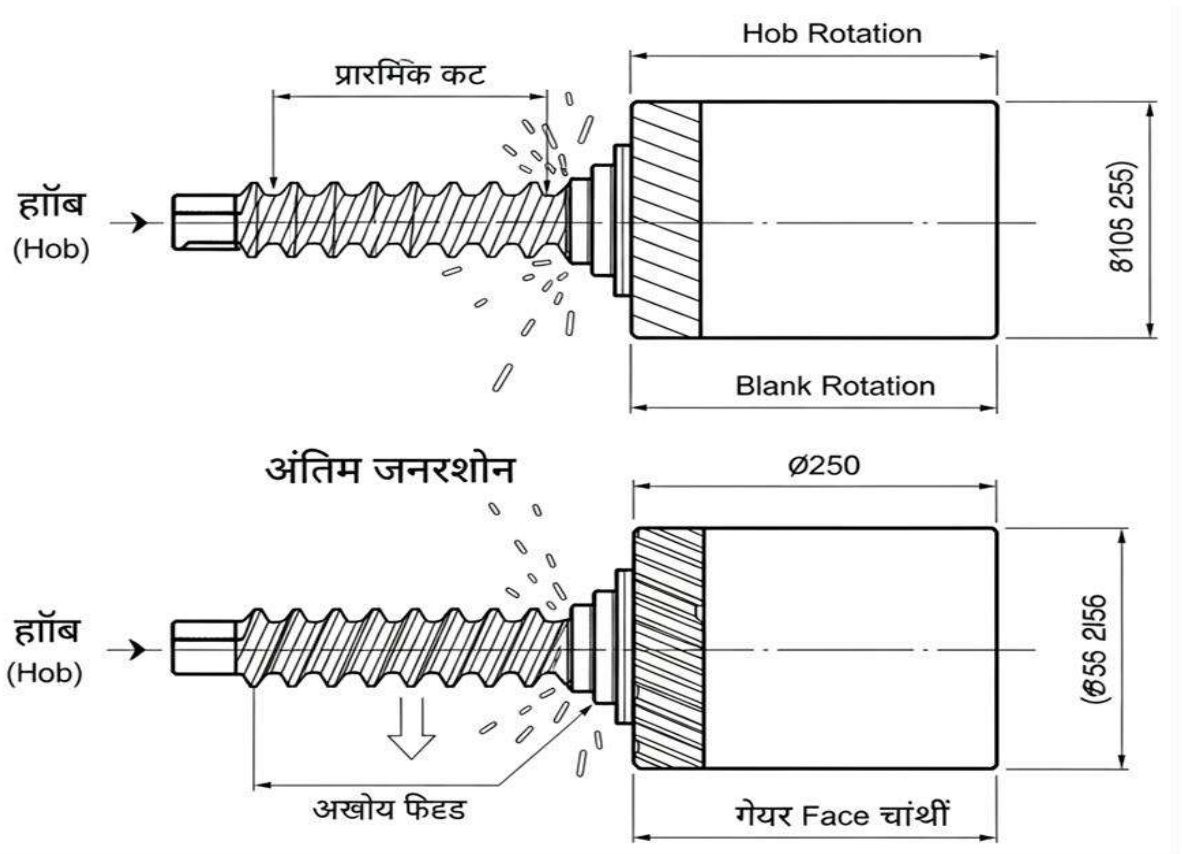
- **फायदा:** यह हेलिकल गियर के "Axial Thrust" (शाफ्ट पर लगने वाला साइड दबाव) को खत्म कर देता है।
- **उपयोग:** भारी मशीनरी और बड़े टर्बाइन।

➢ गियर विनिर्माण की मुख्य श्रेणियां:

1. **कास्टिंग (Casting):** बड़े गियर्स के लिए, जहाँ सटीकता (Precision) कम महत्वपूर्ण हो।
2. **फोर्जिंग (Forging):** भारी भार (Heavy loads) सहन करने वाले गियर्स के लिए।
3. **रोलिंग (Rolling):** इसमें धातु को गर्म या ठंडा करके रोलर्स के बीच दबाकर दांत बनाए जाते हैं।
4. **मशीनिंग (Machining/Metal Cutting):** यह सबसे आम विधि है। इसे दो भागों में बाँटा जा सकता है:
    - **गियर फॉर्मिंग:** इसमें कटर का आकार गियर के दो दांतों के बीच के खाली स्थान जैसा होता है (जैसे Milling)।
    - **गियर जनरेटिंग:** इसमें टूल और ब्लैंक के बीच एक सिंक्रोनाइज़्ड गति होती है जिससे इनवॉल्यूट प्रोफाइल (Involute Profile) उत्पन्न होता है।



❖ गियर हॉबिंग (Gear Hobbing)



गियर हॉबिंग सबसे व्यापक रूप से उपयोग की जाने वाली गियर जनरेटिंग प्रक्रिया है।

कार्य सिद्धांत (Working Principle):

- **टूल (Hob):** हॉब एक कृमि (Worm) के आकार का मल्टी-पॉइंट कटिंग टूल होता है, जिस पर हेलिकल खांचे (Flutes) कटे होते हैं जो कटिंग एज का काम करते हैं।
- **प्रक्रिया:** गियर ब्लैंक और हॉब दोनों को उनकी संबंधित शाफ्ट पर चढ़ाया जाता है। इन दोनों के बीच एक निश्चित गियर अनुपात (Gear Ratio) रखा जाता है। जैसे ही हॉब घूमता है, वह ब्लैंक की सतह में धंसता जाता है और दांत काटता है।
- **गति:** हॉब को ब्लैंक के साथ-साथ नीचे की ओर (Feed) गति दी जाती है ताकि पूरी चौड़ाई में दांत कट सकें।

गियर हॉबिंग के प्रकार:

1. **Axial Feed Hobbing:** टूल गियर ब्लैंक के अक्ष के समानांतर चलता है।
2. **Radial Feed Hobbing:** टूल ब्लैंक के केंद्र की ओर बढ़ता है (Worm gears के लिए)।

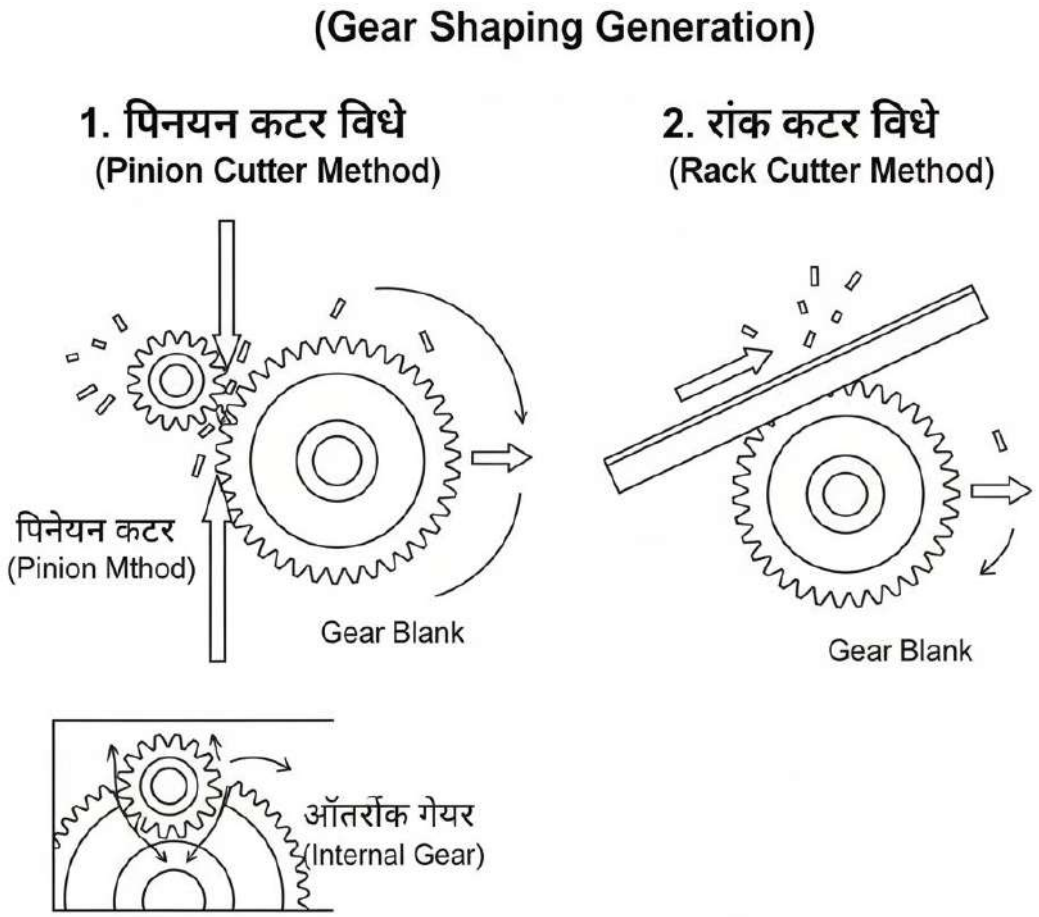
लाभ (Advantages):

- **Mass Production:** यह विधि बहुत तेज है।
- **शुद्धता:** इसके द्वारा उत्पादित गियर का इनवॉल्यूट प्रोफाइल अत्यंत सटीक होता है।
- **लचीलापन:** एक ही हॉब से अलग-अलग व्यास (Diameter) के गियर (समान मॉड्यूल के) काटे जा सकते हैं।

सीमाएं (Limitations):

- **Internal Gears:** शाफ्ट के हस्तक्षेप के कारण आंतरिक गियर नहीं काटे जा सकते।
- **Cost:** हॉब कटर का निर्माण और रखरखाव महंगा होता है।

❖ **गियर शेपिंग (Gear Shaping)**



जब हॉबिंग संभव न हो (जैसे कि क्लस्टर गियर या इंटरनल गियर), तब गियर शेपिंग का उपयोग किया जाता है। इसमें **प्रत्यागामी गति (Reciprocating Motion)** का सिद्धांत कार्य करता है।

I. Pinion Cutter Method (पिनियन कटर विधि)

इसमें कटर खुद एक गियर (पिनियन) की तरह होता है।

- **कार्य:** कटर ऊपर-नीचे गति करता है और धातु को काटता है। प्रत्येक स्ट्रोक के बाद, कटर और ब्लैंक दोनों थोड़े से घूमते हैं (Indexing)।
- **उपयोग:** इसका उपयोग **Internal Gears** और उन गियर्स के लिए किया जाता है जिनके पास जगह कम होती है (Shoulder gears)।

II. Rack Cutter Method (रैक कटर विधि)

इसमें कटर एक सीधी रैक के आकार का होता है।

- **कार्य:** रैक कटर आगे-पीछे गति करता है। जैसे-जैसे यह गति करता है, गियर ब्लैंक रैक के ऊपर लुढ़कता (Rolling motion) है।
- **सीमा:** रैक की लंबाई सीमित होती है, इसलिए कुछ दांत काटने के बाद ब्लैंक को फिर से सेट (Reset) करना पड़ता है।

गियर हॉबिंग और शेपिंग की तुलना (Comparison):

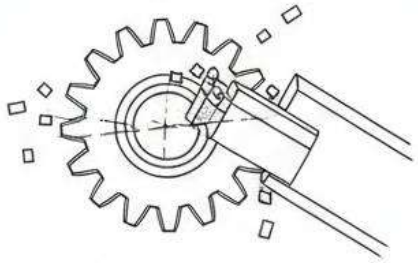
विशेषता	Gear Hobbing	Gear Shaping
टूल मोशन	निरंतर घूर्णन (Rotary)	ऊपर-नीचे (Reciprocating)
उत्पादकता	बहुत अधिक	मध्यम
आंतरिक गियर	असंभव	संभव और आसान
गियर के प्रकार	Spur, Helical, Worm	Spur, Helical, Internal

4.4 गियर फिनिशिंग विधियाँ (Gear Finishing Methods)

मशीनिंग के बाद गियर्स में "मशीनिंग मार्क्स" रह जाते हैं। उच्च गति और शांत संचालन (Quiet running) के लिए फिनिशिंग अनिवार्य है।

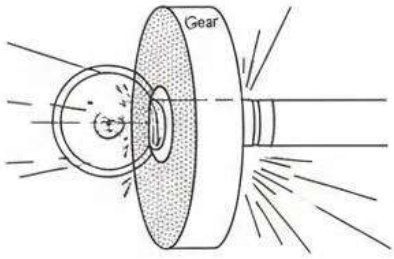
- **a) Gear Shaving (गियर शेविंग):** यह एक 'फ्री कटिंग' प्रक्रिया है। इसमें एक विशेष शेविंग कटर का उपयोग किया जाता है जो दांतों की सतह से बहुत ही बारीक चिप्स निकालता है। यह मुख्य रूप से अन-हार्डन्ड (Un-hardened) गियर्स के लिए होता है।
- **b) Gear Grinding (गियर ग्राइंडिंग):** इसमें अपघर्षक पहियों (Grinding wheels) का उपयोग किया जाता है। यह **Hardened Gears** के लिए सबसे उपयुक्त है क्योंकि यह हीट ट्रीटमेंट के बाद होने वाले विरूपण (Distortion) को सुधारता है।
- **c) Gear Burnishing (गियर बर्निशिंग):** यह एक 'कोल्ड वर्किंग' प्रक्रिया है। इसमें गियर को दो बहुत ही कठोर मास्टर गियर्स के बीच दबाकर घुमाया जाता है। यह सतह को दबाकर चिकना कर देता है, जिससे सतह की कठोरता भी बढ़ जाती है।
- **d) Gear Lapping (गियर लैपिंग):** इसमें गियर और एक लैपिंग टूल के बीच 'लैपिंग कंपाउंड' (Abrasive + Oil) का उपयोग किया जाता है। यह अंतिम सूक्ष्म फिनिशिंग के लिए है।
- **e) Gear Honing (गियर होनिंग):** यह ग्राइंडिंग के बाद की जाती है। इसमें एक प्लास्टिक-बॉन्डेड एब्रेसिव टूल का उपयोग करके दांतों की सतह के माइक्रो-स्ट्रक्चर को सुधारा जाता है ताकि शोर कम हो।
- **f) Gear Tooth Rounding (गियर टूथ राउंडिंग):** स्लाइडिंग गियरबॉक्स (जैसे कारों में) में गियर्स को आसानी से एंगेज करने के लिए उनके दांतों के सिरों को गोल या तिरछा (Chamfer) किया जाता है।

1. Gear Shaving (गोयर शविंग)

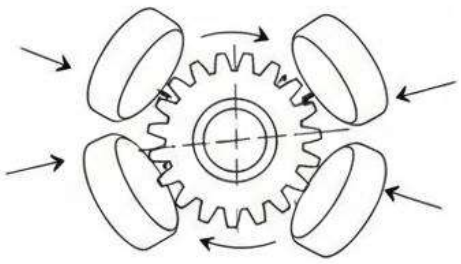


1. Gear Shaving

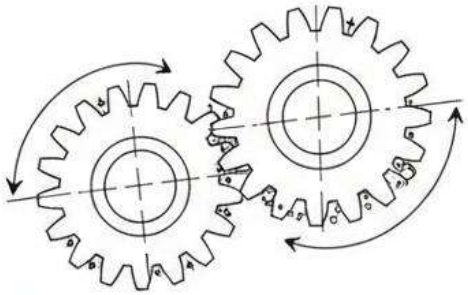
2. Gear Grinding (गाडिंग)



2. Gear Grinding

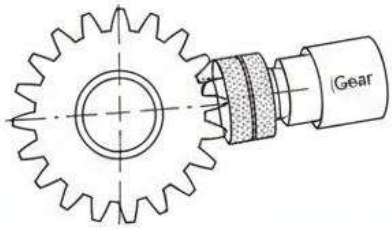


3. Gear Burnishing



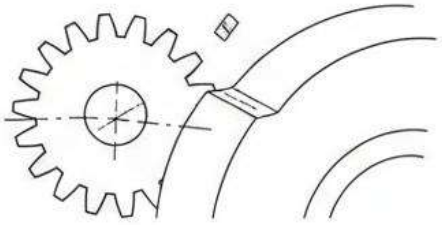
4. Gear Lapping

3. Gear होनिंग



5. Gear Honing

6. Gear लोपिग



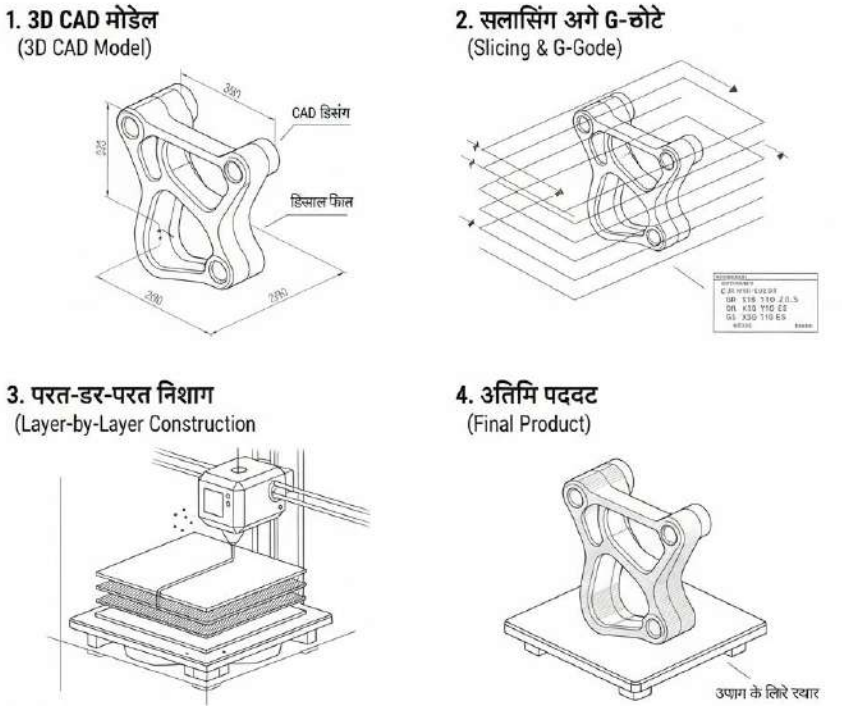
6. Gear Tooth Rounding

BHUSHAN KUMAR NAYAK

Unit 5.0

CAM में आधुनिक प्रवृत्तियाँ (Recent Trends in CAM)

➢ एडिटिव मैन्युफैक्चरिंग (Additive Manufacturing)



एडिटिव मैन्युफैक्चरिंग (AM) पारंपरिक 'सबट्रैक्टिव मैन्युफैक्चरिंग' (जैसे टर्निंग या मिलिंग, जहाँ धातु को काटकर निकाला जाता है) के बिल्कुल विपरीत है।

- **अवधारणा (Concept):** इसमें 3D CAD डेटा का उपयोग करके सामग्री (प्लास्टिक, धातु या सिरेमिक) को **परत-दर-परत (Layer-by-layer)** जोड़कर ठोस वस्तु बनाई जाती है.
- **3D Printing:** यह AM का सबसे सामान्य रूप है। इसमें एक 'प्रिंट हेड' डिजिटल फाइल के अनुसार सामग्री को जमा करता है.
- **Rapid Prototyping (RP):** यह एक ऐसी तकनीक है जो किसी नए उत्पाद के डिजाइन को जल्दी से भौतिक रूप (Physical Model) में बदलने की अनुमति देती है, ताकि बड़े पैमाने पर उत्पादन से पहले उसकी जाँच की जा सके.

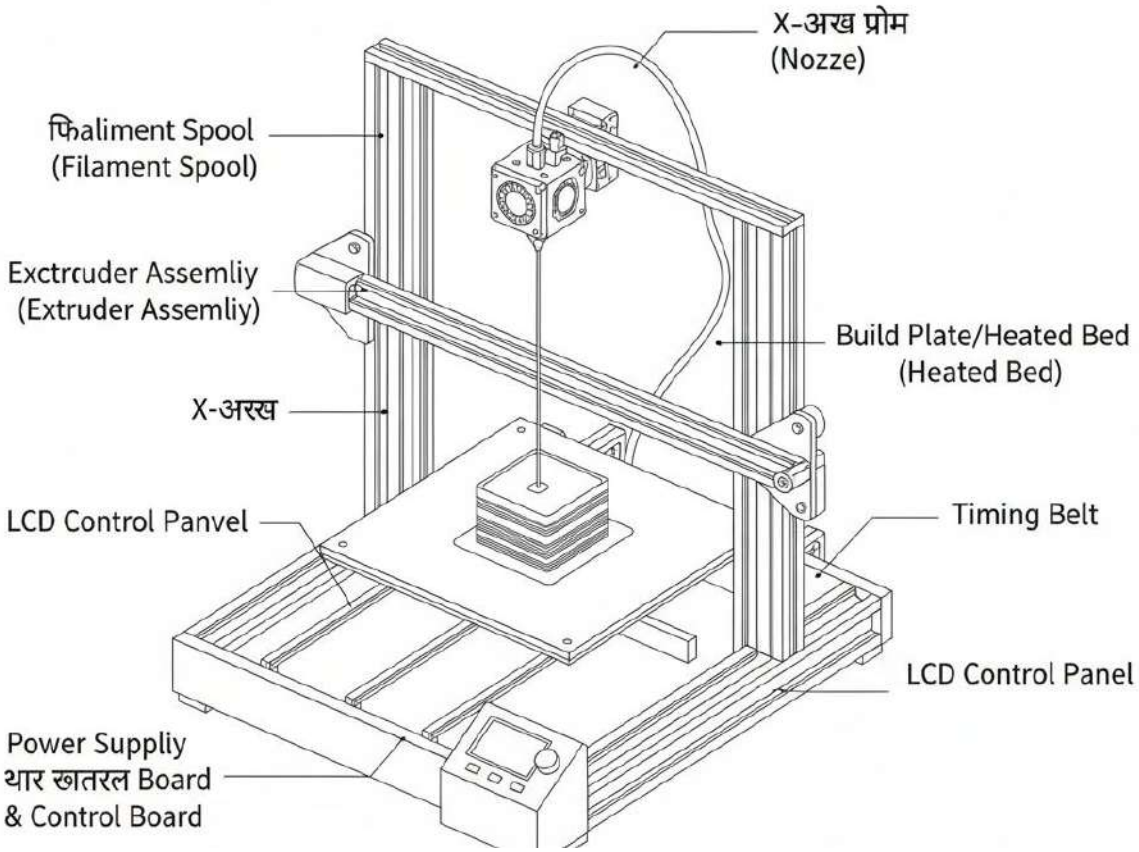
➢ 3D प्रिंटर की संरचना और कार्यप्रणाली (Construction & Working)

3D प्रिंटर एक परिष्कृत मशीन है जो मैकेनिकल और इलेक्ट्रॉनिक नियंत्रण का मेल है।

मुख्य भाग (Construction):

- **Extruder (एक्सट्रूडर):** यह प्रिंटर का 'मस्तिष्क' है जो फिलामेंट को खींचता है, उसे गर्म करता है और नोजल के माध्यम से बाहर निकालता है.
- **Build Plate (बिल्ड प्लेट):** वह आधार जहाँ वस्तु का निर्माण होता है। इसे अक्सर 'हीटेड बेड' भी कहा जाता है ताकि मॉडल चिपका रहे.
- **Stepper Motors:** ये नोजल की X, Y और Z अक्षों पर सटीक गति सुनिश्चित करते हैं.

(3D Printer Construction)



- **कार्यप्रणाली (Working):**

1. **Slicing:** सॉफ्टवेयर मॉडल को पतले क्षैतिज खंडों (Horizontal slices) में काटता है.
2. **Deposition:** नोजल गर्म होकर पिघली हुई सामग्री को बेड पर बिछाता है.
3. **Solidification:** एक परत पूरी होने के बाद, बेड नीचे जाता है या नोजल ऊपर उठता है, और अगली परत पिछली परत के ऊपर जम जाती है.

- **सामग्री के प्रकार और गुण (Materials for 3D Printer)**

3D प्रिंटिंग में सामग्री का चयन उत्पाद की मजबूती और उपयोग पर निर्भर करता है:

- **PLA (Polylactic Acid):** मक्के के स्टार्च से बना, पर्यावरण के अनुकूल और उपयोग में आसान। यह शुरुआती लोगों के लिए सबसे अच्छा है.
- **ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene):** अधिक मजबूत और उच्च तापमान सहने वाला (जैसे लेगो ब्रिक्स).
- **PETG:** यह PLA और ABS का मिश्रण है, जो मजबूती और लचीलापन दोनों प्रदान करता है.
- **Resins:** तरल अवस्था में होते हैं और बहुत ही उच्च फिनिशिंग और विवरण (Detailing) प्रदान करते हैं.

- **फाइल फॉर्मेट: STL (Stereo Lithography)**

- **STL का महत्व:** CAD सॉफ्टवेयर (जैसे AutoCAD या SolidWorks) में बना मॉडल सीधे प्रिंटर नहीं पढ़ सकता। इसलिए उसे **.STL** फॉर्मेट में बदला जाता है.

- **सिद्धांत:** यह फाइल मॉडल की बाहरी सतह को अनगिनत छोटे त्रिकोणों (Triangular facets) में बदल देती है. जितने अधिक त्रिकोण होंगे, सतह उतनी ही चिकनी होगी.

3D प्रिंटर सॉफ्टवेयर प्रक्रिया

प्रिंटिंग प्रक्रिया में सॉफ्टवेयर की भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण है:

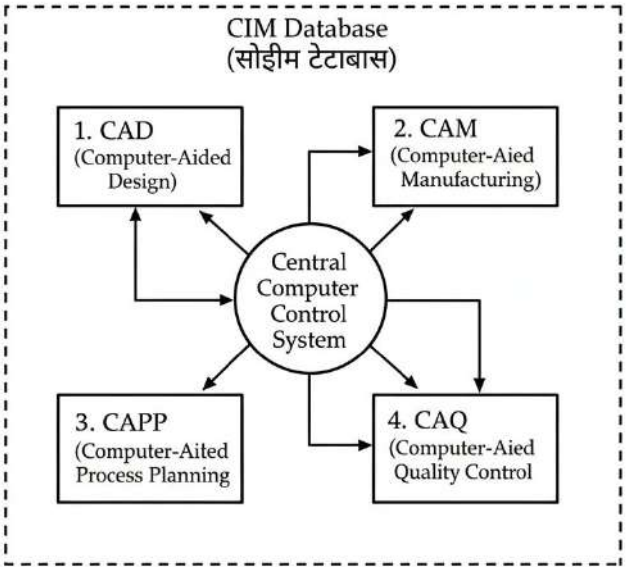
1. **Part Import:** STL फाइल को स्लाइसर सॉफ्टवेयर में लोड करना.
2. **Orientation:** यह तय करना कि मॉडल को बेड पर किस दिशा में रखा जाए (खड़ा या आड़ा) ताकि कम से कम 'सपोर्ट' की जरूरत पड़े.
3. **Infill & Processing:** मॉडल के अंदर की मजबूती (Infill percentage) तय करना और 'G-Code' उत्पन्न करना.

➢ कंप्यूटर एकीकृत विनिर्माण (CIM: Computer Integrated Manufacturing)

CIM केवल एक तकनीक नहीं, बल्कि पूरे कारखाने को कंप्यूटर के माध्यम से चलाने का एक **दर्शन (Philosophy)** है.

- **परिभाषा:** डिजाइन, निर्माण और व्यापारिक कार्यों को एक एकीकृत कंप्यूटर सिस्टम द्वारा नियंत्रित करना CIM कहलाता है.
- **क्षेत्र (Areas):** CAD (डिजाइन), CAM (निर्माण), CAPP (प्लानिंग), CAQ (क्वालिटी कंट्रोल).

(Computer Integrated Manufacturing)



- **लाभ:** उत्पाद की गुणवत्ता में सुधार, उत्पादन समय (Lead time) में कमी, और डेटा का बेहतर प्रबंधन.

स्वचालन (Automation)

ऑटोमेशन का अर्थ है मानवीय हस्तक्षेप के बिना मशीनों द्वारा कार्यों का संपादन.

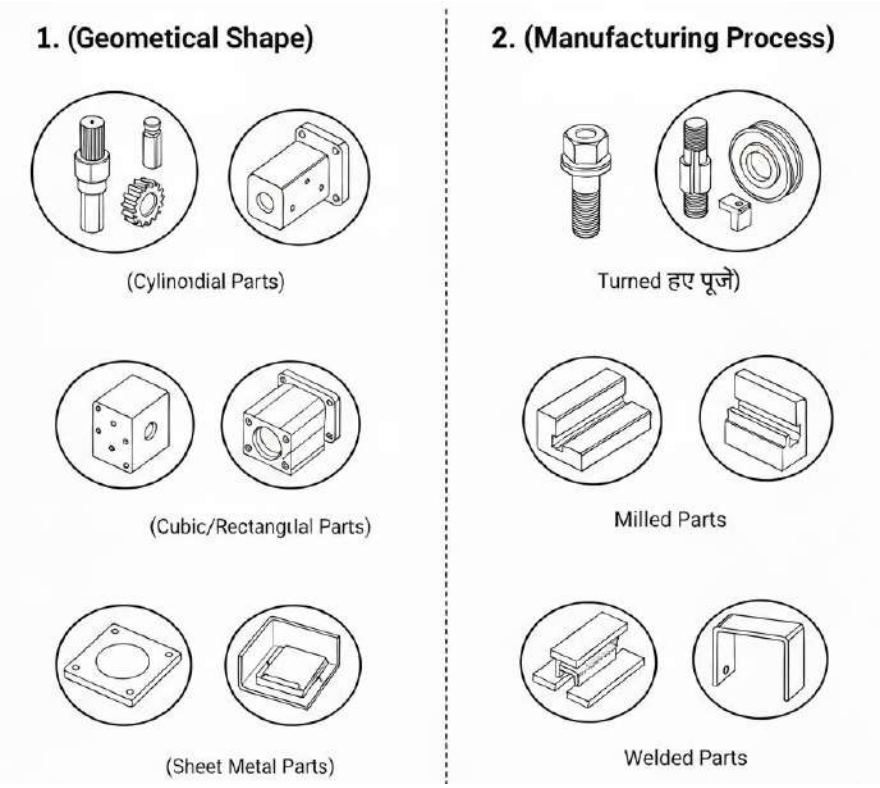
प्रकार (Types of Automation):

1. **Fixed (Hard) Automation:** मशीनों को एक विशेष उत्पाद के लिए फिक्स कर दिया जाता है। उच्च उत्पादन दर (High Volume) के लिए उपयुक्त.

2. **Programmable Automation:** इसमें अलग-अलग उत्पादों के लिए सॉफ्टवेयर प्रोग्राम को बदला जा सकता है (जैसे: CNC मशीन).
3. **Flexible (Soft) Automation:** यह सबसे उन्नत है। इसमें एक ही समय में बिना रुके अलग-अलग प्रकार के पुर्जे बनाए जा सकते हैं.

ग्रुप टेक्नोलॉजी (Group Technology)

यह तकनीक उत्पादन की कुशलता बढ़ाने के लिए '**समानता**' का उपयोग करती है.



- **Part Families:** उन पुर्जों का समूह बनाना जिनका आकार (Shape) या निर्माण प्रक्रिया (Process) एक जैसी हो.
- **Coding:** पुर्जों को विशिष्ट कोड देना (जैसे OPITZ system) ताकि उन्हें आसानी से वर्गीकृत किया जा सके.
- **Cellular Manufacturing:** मशीनों को 'U' आकार या अन्य समूहों (Cells) में व्यवस्थित करना ताकि सामग्री की आवाजाही कम हो.

[Image showing part family classification based on geometrical shape and manufacturing process]

➢ लचीला विनिर्माण प्रणाली Flexible Manufacturing System (FMS)

1.अवधारणा और परिभाषा (Concept and Definition)

Flexible Manufacturing System (FMS) एक उच्च स्तर की एकीकृत (Integrated) विनिर्माण प्रणाली है जिसमें परस्पर जुड़ी हुई कई CNC मशीनें और एक स्वचालित सामग्री हैंडलिंग सिस्टम (Material Handling System) होता है, जो एक केंद्रीय कंप्यूटर द्वारा नियंत्रित होता है।

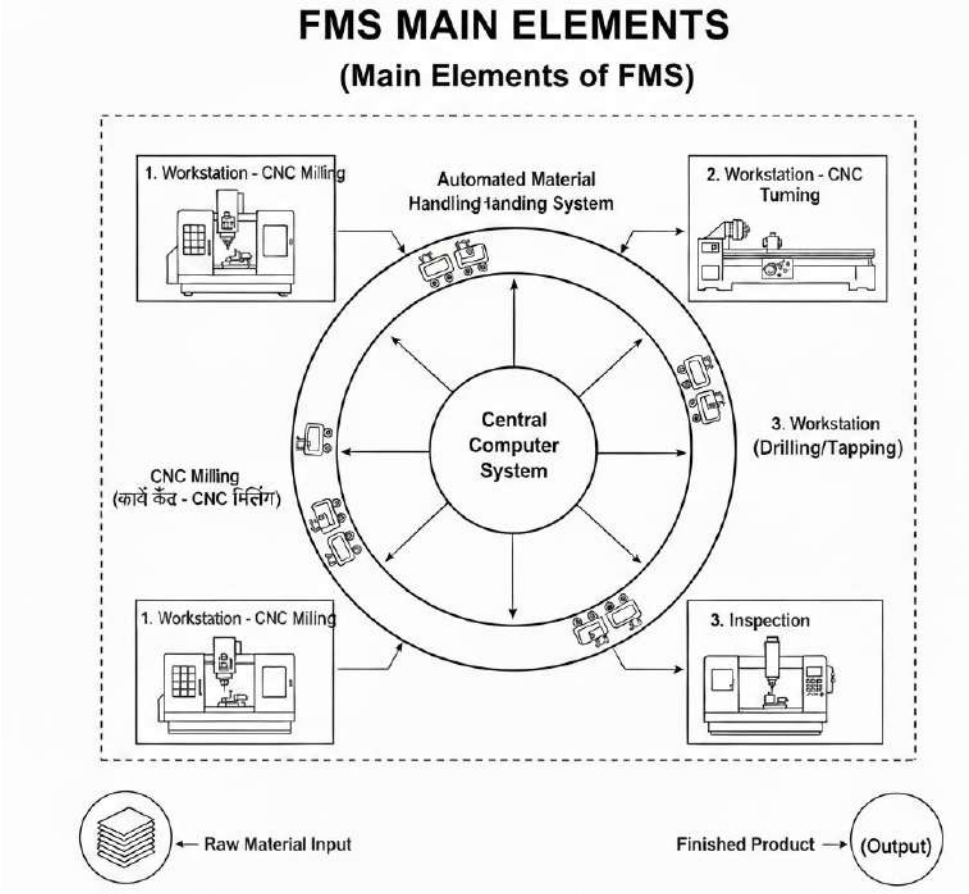
- **परिभाषा:** यह एक ऐसी उत्पादन प्रणाली है जो मध्यम उत्पादन दर (Medium Volume) और उच्च विविधता (High Variety) के साथ उत्पादों का निर्माण करने में सक्षम है।

- **लचीलापन (Flexibility):** इसका मुख्य लाभ यह है कि मशीन सेटअप में भारी बदलाव किए बिना यह अलग-अलग प्रकार के पुर्जों (Parts) को बनाने के लिए खुद को ढाल सकती है।

FMS के मुख्य तत्व (Main Elements of FMS)

एक प्रभावी FMS मुख्य रूप से तीन घटकों से मिलकर बना होता है:

1. **Workstations (कार्य केंद्र):** ये आमतौर पर CNC मशीनें (जैसे: CNC Mill, CNC Lathe) होती हैं जो वास्तविक कटिंग और ड्रिलिंग का कार्य करती हैं।
2. **Automated Material Handling and Storage System:** यह मशीनों के बीच कच्चे माल और तैयार माल को स्थानांतरित (Transport) करता है। इसमें AGVs (Automated Guided Vehicles), कन्वेयर (Conveyors), या रोबोट्स का उपयोग होता है।
   +1
3. **Computer Control System:** यह पूरे सिस्टम का 'मस्तिष्क' है जो कार्य शेड्यूलिंग, मशीन लोडिंग और सामग्री के प्रवाह की निगरानी करता है।



FMS का लेआउट और महत्व (Layout and Importance)

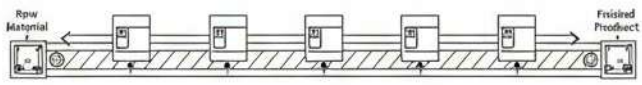
FMS लेआउट यह निर्धारित करता है कि मशीनें और सामग्री हैंडलिंग सिस्टम कैसे व्यवस्थित होंगे। मुख्य लेआउट प्रकार निम्नलिखित हैं:

- **In-line Layout:** मशीनें एक सीधी रेखा में होती हैं।
- **Loop Layout:** मशीनें एक बंद लूप (Circular path) के चारों ओर व्यवस्थित होती हैं।
- **Ladder Layout:** सीढ़ी के आकार की व्यवस्था जहाँ सामग्री के लिए शॉर्टकट रास्ते होते हैं।
- **Open Field Layout:** जटिल उत्पादन के लिए सबसे बड़ा और लचीला लेआउट।

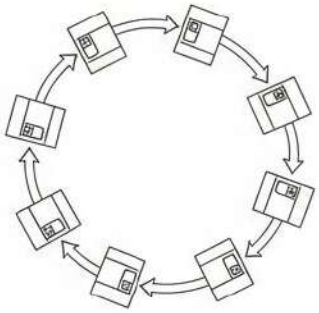
FMS LAYOUTS

(Flexible Manufacturing System Arrangement)

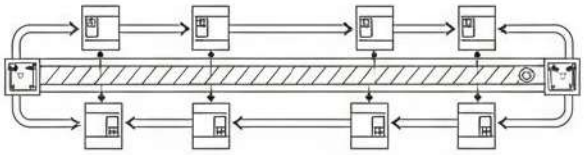
1. In-line Layout



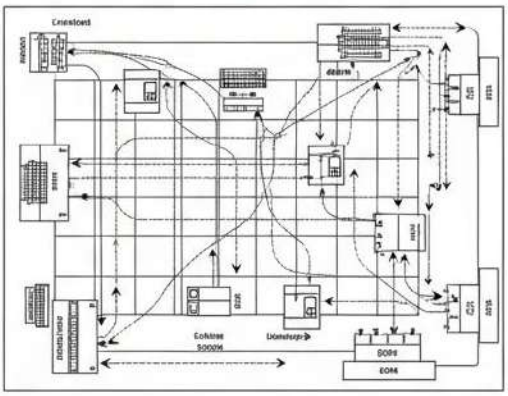
2. Loop Layout



3. Ladder Layout



4. Open Field Layout



महत्व: सही लेआउट सामग्री की आवाजाही के समय को कम करता है और उत्पादन की दक्षता (Efficiency) बढ़ाता है।

FMS के लाभ और अनुप्रयोग (Advantages and Applications)

लाभ (Advantages):

- **कम वर्क-इन-प्रोग्रेस (Reduced WIP):** इन्वेंट्री में कमी आती है।
- **मशीन उपयोग (Higher Machine Utilization):** मशीनें खाली नहीं बैठतीं क्योंकि काम स्वचालित रूप से आता है।
- **त्वरित प्रतिक्रिया:** बाजार की मांग के अनुसार डिजाइन में जल्दी बदलाव संभव है।
- **श्रम लागत में कमी:** उच्च स्वचालन (Automation) के कारण कम जनशक्ति की आवश्यकता होती है।

अनुप्रयोग (Applications):

- **ऑटोमोबाइल उद्योग:** विभिन्न कार मॉडलों के इंजन घटकों को बनाने के लिए।
- **एयरोस्पेस:** जटिल और सटीक विमान पुर्जों के निर्माण में।
- **मशीन टूल्स:** मध्यम स्तर के उत्पादन वाले उद्योगों में।

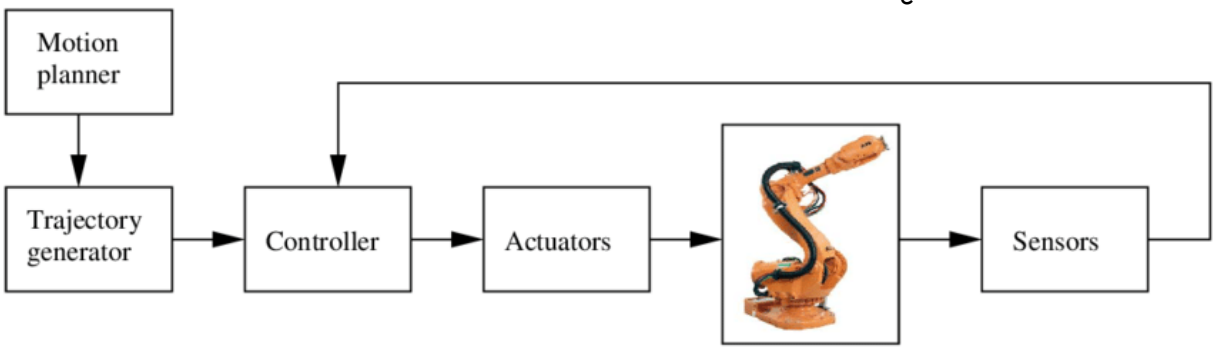
रोबोटिक्स (Robotics) - Unit 5

रोबोट क्या है? (What is a Robot?)

- रोबोट एक **मल्टीफंक्शनल (बहुउद्देशीय)** मशीन है जिसे विभिन्न कार्यों को उच्च स्तर की सटीकता और दक्षता के साथ करने के लिए प्रोग्राम किया जा सकता है।
- यह एक परिष्कृत मशीन है जिसे स्वायत्त रूप से (autonomously) या मानव नियंत्रण में कार्य करने के लिए डिज़ाइन किया गया है।
- रोबोट मैकेनिकल, इलेक्ट्रॉनिक और सॉफ्टवेयर घटकों (components) का एक जटिल मिश्रण है।
- इन मशीनों में अपने आसपास के वातावरण को महसूस करने (sense), सूचनाओं को प्रोसेस करने, निर्णय लेने और उल्लेखनीय सटीकता के साथ कार्य निष्पादित करने की क्षमता होती है।

2. रोबोट के मुख्य घटक (Components of Robot)

रोबोट विभिन्न आवश्यक तत्वों से मिलकर बना है जो एक साथ एकीकृत होकर कार्य करते हैं।



(A) मैनिपुलेटर (Manipulator)

- यह रोबोट का मुख्य शरीर है जिसमें लिंक (links), जोड़ (joints) और संरचनात्मक तत्व होते हैं।
- यह **मानव भुजा (human arm)** के समान होता है। जिस प्रकार मानव भुजा मुड़ सकती है और पहुँच सकती है, उसी प्रकार मैनिपुलेटर के जोड़ रोबोट को विभिन्न स्थितियों तक पहुँचने में सक्षम बनाते हैं।
- मैनिपुलेटर वह ढांचा है जहाँ अन्य सभी महत्वपूर्ण भाग फिक्स होते हैं।

(B) एंड इफेक्टर्स (End Effector)

- यह मैनिपुलेटर के अंतिम जोड़ (Hand) से जुड़ा होता है।
- यह **मानव हाथ और उंगलियों** के समान कार्य करता है, जिससे रोबोट अपने वातावरण के साथ इंटरैक्ट कर सकता है।
- **कार्य:** वस्तुओं को पकड़ना (gripping), उठाना, या सटीक कार्य करना।
- **उदाहरण:** वेल्डिंग टॉर्च, पेंट स्प्रे गन, ग्लू लगाने वाले उपकरण आदि।

(C) एक्चुएटर (Actuators) / लोकोमोशन डिवाइस

- इन्हें मैनिपुलेटर की **"मांसपेशियां" (Muscles)** कहा जाता है।
- जबकि मनुष्य गति के लिए मांसपेशियों का उपयोग करते हैं, रोबोट **मोटर्स** का उपयोग करते हैं।
- ये कंट्रोलर से सिग्नल प्राप्त करके रोबोट के जोड़ों और लिंक को घुमाते हैं।
- **प्रकार:** सर्वो मोटर्स (Servomotors), स्टेपर मोटर्स, न्यूमेटिक (Pneumatic) और हाइड्रोलिक (Hydraulic) एक्चुएटर्स।

(D) सेंसर (Sensors)

- सेंसर रोबोट के **"इंद्रिय अंगों" (Sense Organs)** की तरह काम करते हैं।
- ये रोबोट की आंतरिक स्थिति या बाहरी वातावरण के बारे में जानकारी एकत्र करते हैं और कंट्रोलर को फीडबैक देते हैं।
- सेंसर स्थिति (position), वेग, बल, तापमान और निकटता (proximity) जैसी मात्राओं को मापते हैं।
- टच सेंसर, विजन सेंसर आदि इसके उदाहरण हैं।

(E) कंट्रोलर (Controller)

- कंट्रोलर रोबोट में **मानव मस्तिष्क (Brain)** या सेरिबैलम के समान होता है।
- यह सेंसर से इनपुट प्राप्त करता है और एक्चुएटर या जोड़ों की गति को समन्वित (coordinate) करता है।

- कंट्रोलर के बिना, रोबोट कोई भी सटीक ऑपरेशन नहीं कर सकता।

(F) प्रोसेसर (Processor)

- प्रोसेसर गति की गणना करता है, जैसे कि गंतव्य तक पहुँचने के लिए कितनी गति की आवश्यकता है।
- यह आम तौर पर एक कंप्यूटर होता है जिसे विशेष रूप से रोबोट के लिए बनाया जाता है।

(G) सॉफ्टवेयर (Software)

रोबोट में मुख्य रूप से तीन प्रकार के सॉफ्टवेयर उपयोग किए जाते हैं:

1. **ऑपरेटिंग सिस्टम:** प्रोसेसर को चलाने के लिए।
2. **रोबोटिक सॉफ्टवेयर:** काइनेमैटिक समीकरणों के आधार पर गति की गणना करने के लिए।
3. **एप्लीकेशन प्रोग्राम:** विशिष्ट कार्यों जैसे असेंबली या पिक एंड प्लेस के लिए।

---

4. रोबोट का वर्गीकरण (Classification of Robots)

जापानी औद्योगिक रोबोट एसोसिएशन (JIRA) के अनुसार, रोबोट को 6 वर्गों में बांटा गया है:

क्लास (Class)	रोबोट का प्रकार	विवरण
Class 1	**Manual Handling**	इसे ऑपरेटर द्वारा चलाया जाता है।
Class 2	**Fixed Sequence**	यह एक निश्चित अनुक्रम में कार्य करता है जिसे बदलना कठिन है।
Class 3	**Variable Sequence**	यह भी निरंतर कार्य करता है, लेकिन इसके अनुक्रम को बदला जा सकता है।
Class 4	**Playback Robot**	यह मनुष्य द्वारा किए गए कार्य को रिकॉर्ड करता है और बाद में उसे दोहराता (playback) है।
Class 5	**Numerical Control**	इसमें ऑपरेटर रोबोट को सिखाने के बजाय एक मूवमेंट प्रोग्राम (movement program) देता है।
Class 6	**Intelligent Robot**	यह अपने वातावरण को समझ सकता है और परिस्थितियों में बदलाव होने पर भी कार्य पूरा कर सकता है।

---

4. रोबोट के लाभ और हानि (Advantages & Disadvantages)

✅ लाभ (Advantages)

- **कठिन वातावरण:** रोबोट विकिरण, अंधेरे, गर्मी या पानी के नीचे जैसे खतरनाक वातावरण में काम कर सकते हैं।
- **उत्पादकता:** रोबोट उत्पादकता, सुरक्षा और गुणवत्ता बढ़ाते हैं।
- **सुविधा की आवश्यकता नहीं:** इन्हें AC, रोशनी या शोर से सुरक्षा की जरूरत नहीं होती।
- **निरंतरता:** रोबोट बिना थके या बोर हुए लगातार काम कर सकते हैं।
- **सटीकता:** ये मनुष्यों की तुलना में अधिक सटीक (accurate) होते हैं।
- **मल्टीटास्किंग:** रोबोट एक साथ कई कार्य कर सकते हैं।

❌ हानि (Disadvantages)

- **आपातकालीन प्रतिक्रिया:** इनमें आपातकालीन स्थितियों (emergency) में खुद सोचने की क्षमता कम होती है।
- **बेरोजगारी:** रोबोट का उपयोग समाज में बेरोजगारी या आर्थिक कठिनाई पैदा कर सकता है।
- **महंगा:** इनकी स्थापना (installation) और प्रशिक्षण बहुत महंगा होता है।
- **सीमित सोच:** ये केवल स्टोर किए गए प्रोग्राम के अनुसार काम करते हैं, रीयल-टाइम में सोचने की क्षमता सीमित होती है।

BHUSHAN KUMAR NAYAK