

# कार्यशाळा / उत्पादन पद्धती

प्रयोगशाळा नियमपुस्तिकेसह

वीरणा डी. केंचकनवर



**KHANNA BOOK PUBLISHING CO. (P) LTD.**

PUBLISHER OF ENGINEERING AND COMPUTER BOOKS

4C/4344, Ansari Road, Darya Ganj, New Delhi-110002

**Phone:** 011-23244447-48

**Mobile:** +91-99109 09320

**E-mail:** [contact@khannabooks.com](mailto:contact@khannabooks.com)

**Website:** [www.khannabooks.com](http://www.khannabooks.com)

Dear Readers,

To prevent the piracy, this book is secured with HIGH SECURITY HOLOGRAM on the front title cover. In case you don't find the hologram on the front cover title, please write us to at [contact@khannabooks.com](mailto:contact@khannabooks.com) or whatsapp us at +91-99109 09320 and avail special gift voucher for yourself.

Specimen of Hologram on front Cover title:



Moreover, there is a SPECIAL DISCOUNT COUPON for you with EVERY HOLOGRAM.

How to avail this SPECIAL DISCOUNT:

Step 1: Scratch the hologram

Step 2: Under the scratch area, your "coupon code" is available

Step 3: Logon to [www.khannabooks.com](http://www.khannabooks.com)

Step 4: Use your "coupon code" in the shopping cart and get your copy at a special discount

Step 5: Enjoy your reading!

**ISBN:** 978-93-5538-024-1

**Book Code:** UG058MA

## **Workshop/Manufacturing Practices**

*by* Veeranna D. Kenchakkanavar

**[Marathi Edition]**

**First Edition:** 2021

*Published by:*

**Khanna Book Publishing Co. (P) Ltd.**

Visit us at: [www.khannabooks.com](http://www.khannabooks.com)

Write us at: [contact@khannabooks.com](mailto:contact@khannabooks.com)

CIN: U22110DL1998PTC095547

To view complete list of books,  
Please scan the QR Code:



*Printed in India.*

### **Copyright © Reserved**

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without prior permission of the publisher.

This book is sold subject to the condition that it shall not, by way of trade, be lent, re-sold, hired out or otherwise disposed of without the publisher's consent, in any form of binding or cover other than that in which it is published.

Disclaimer: The website links provided by the author in this book are placed for informational, educational & reference purpose only. The Publisher do not endorse these website links or the views of the speaker/ content of the said weblinks. In case of any dispute, all legal matters to be settled under Delhi Jurisdiction only.



प्रो. अनिल डी. सहस्रबुद्धे  
अध्यक्ष  
Prof. Anil D. Sahasrabudhe  
Chairman



सत्यमेव जयते

अखिल भारतीय तकनीकी शिक्षा परिषद्

(भारत सरकार का एक सांविधिक निकाय)

(शिक्षा मंत्रालय, भारत सरकार)

नेल्सन मंडेला मार्ग, वसंत कुंज, नई दिल्ली-110070

दूरभाष : 011-26131498

ई-मेल : chairman@aicte-india.org

ALL INDIA COUNCIL FOR TECHNICAL EDUCATION

(A STATUTORY BODY OF THE GOVT. OF INDIA)

(Ministry of Education, Govt. of India)

Nelson Mandela Marg, Vasant Kunj, New Delhi-110070

Phone : 011-26131498

E-mail : chairman@aicte-india.org

## प्रास्ताविक

शतकानुशतके भारतीय समाजाच्या प्रगती आणि विस्तारामध्ये अभियांत्रिकीने अत्यंत महत्त्वपूर्ण भूमिका बजावली आहे. भारतीय उपखंडात उगम पावलेल्या अभियांत्रिकी संकल्पनांचा जगावर प्रभाव पडला आहे.

ऑल इंडिया कौन्सिल फॉर टेक्निकल एज्युकेशन (एआयसीटीई) 1987 मध्ये स्थापनेपासून तंत्रशास्त्राच्या विद्यार्थ्यांना शक्य त्या सर्व प्रकारे मदत करण्यात नेहमीच आघाडीवर असते. एआयसीटीईचे ध्येय तांत्रिक शिक्षणाला प्रोत्साहन देणे आणि त्याद्वारे उद्योगाला अधिक उंचीवर नेणे आणि शेवटी आपल्या प्रिय मातृभूमी भारताला आधुनिक विकसित राष्ट्र बनण्याचे आहे. येथे हे नमूद करणे योग्य ठरेल की अभियंते आधुनिक समाजाचा कणा आहेत – चांगले अभियंते, म्हणजे चांगले उद्योग आणि चांगले उद्योग म्हणजे चांगला देश.

NEP 2020 मध्ये प्रादेशिक भाषांमध्ये सर्वांना शिक्षणाची कल्पना मांडण्यात आली आहे, ज्यामुळे प्रत्येक विद्यार्थी पुरेसा सक्षम होईल आणि राष्ट्रीय विकासासाठी योगदान देण्याच्या स्थितीत येईल याची खात्री होईल.

एआयसीटीई गेल्या काही वर्षांपासून अविरतपणे काम करत असलेल्या क्षेत्रांपैकी एक म्हणजे सर्व अभियांत्रिकी विद्यार्थ्यांना विविध प्रादेशिक भाषांमध्ये तयार केलेल्या आंतरराष्ट्रीय दर्जाची पुस्तके माफक किमतीमध्ये उपलब्ध करून देणे. ही पुस्तके सोप्या भाषेत, वास्तविक जीवनातील उदाहरणे, समृद्ध सामग्री आणि बदलत्या जगाच्या उद्योगाच्या गरजा लक्षात घेऊनच तयार केलेली आहेत. ही पुस्तके अभियांत्रिकी आणि तंत्रज्ञानासाठी एआयसीटीई मॉडेल अभ्यासक्रम – 2018 नुसार आहेत.

संपूर्ण भारतातील प्रख्यात, उत्तम ज्ञान आणि अनुभव संपन्न प्राध्यापकांनी शैक्षणिक क्षेत्राच्या सोईसाठी ही पुस्तके लिहिली आहेत. एआयसीटीईला विश्वास आहे की ही पुस्तके त्यांच्या समृद्ध सामग्रीसह तांत्रिक विद्यार्थ्यांना अधिक सहजतेने आणि गुणवत्तेसह विषयांवर प्रभुत्व मिळविण्यात मदत करतील.

या अभियांत्रिकी विषयांना अधिक सुबक बनविण्याच्या प्रयत्नांसाठी एआयसीटीई मूळ लेखक, समन्वयक आणि अनुवादकांच्या मेहनतीचे कौतुक करते.

(Anil D. Sahasrabudhe)



## ऋणनिर्देश

---

अभियांत्रिकी आणि तंत्रज्ञानाच्या विद्यार्थ्यांसाठी तांत्रिक पुस्तक प्रकाशित करण्यासाठी AICTE ने केलेल्या सूक्ष्म नियोजन आणि अंमलबजावणीबद्दल लेखक AICTE चे आभारी आहेत.

पुस्तकाला विद्यार्थ्यांसाठी अनुकूल बनवण्यासाठी आणि कलात्मक पद्धतीने अधिक चांगले रूप देण्यासाठी पुस्तकाचे समीक्षक प्रा. मनीष चतुर्वेदी यांच्या अमूल्य योगदानाबद्दल त्यांचे ऋणनिर्देश व्यक्त करतो.

हे पुस्तक AICTE च्या मॉडेल अभ्यासक्रमाशी आणि राष्ट्रीय शैक्षणिक धोरण (NEP- 2020 च्या मार्गदर्शक तत्वांच्या अनुषंगाने बनविण्यात आलेले आहे हे या ठिकाणी अभिमानाने नमूद करावे लागेल. प्रादेशिक भाषांमधील शिक्षणाला चालना देण्यासाठी, या पुस्तकाचे अनुसूचित भारतीय प्रादेशिक भाषांमध्ये भाषांतर केले जात आहे.

श्री वैभव प्रल्हादराव कुलकर्णी आणि डॉ. हर्षदीप एस. जोशी यांच्या अनुवादासाठीच्या योगदानाबद्दल आणि श्री तेजस यू. महागावकर यांनी केलेल्या मराठी भाषेतील समीक्षणासाठी त्यांचे विशेष आभार व्यक्त करतो.

या पुस्तकाच्या अनुवादासाठी श्री बुद्धा चंद्रशेखर, CCO, NEAT AICTE च्या AI वर आधारित साधनाचा वापर केला गेला. याचाही उल्लेख या ठिकाणी करण्यात येत आहे.

शेवटी, आम्ही या पुस्तकाचे प्रकाशक, खन्ना बुक पब्लिशिंग कंपनी प्रायव्हेट लिमिटेड, नवी दिल्ली, यांचे मनापासून आभार व्यक्त करू इच्छितो. ज्याची संपूर्ण टीम प्रकाशनाच्या सर्व पैलूंवर सहकार्य करण्यास सदैव तत्पर होती, ज्यामुळे या पुस्तक प्रकाशनाचा एक अद्भुत अनुभव आम्हाला घेता आला.

**वीरणा डी. केंचक्कनवर**



## प्रस्तावना

"कार्यशाळा/उत्पादन पद्धती" वरील पाठ्यपुस्तक 21 व्या शतकातील तरुणांच्या मनांतील गरजा पूर्ण करण्यासाठी डिझाइन केले गेले आहे. कार्यशाळा ही अशी जागा आहे जिथे विविध साहित्य, उपकरणे, साधने आणि तंत्रांबद्दल मुख्य शिक्षण दिले जाते. मुळात या कार्यशाळेचा उपयोग हाताने वापरण्याच्या/ विजेवर चालणाऱ्या साधनांनी लहान भाग तयार करण्यासाठी केला जातो. कधी कधी ते मोठ्या मशीनचे भाग असू शकतात किंवा बदली/दुरुस्तीसाठीचे भाग असू शकतात. तंत्रज्ञानातील प्रगती सर्व तंत्रज्ञांना आणि व्यावसायिकांना उत्पादनात प्रगत साधने आणि तंत्रज्ञानाचा वापर करण्यास प्रवृत्त करते परंतु मूलभूत गोष्टी जाणून न घेता ते शक्य नाही. तर या पाठ्यपुस्तकात कार्यशाळा तंत्रज्ञानाची मूलभूत तत्त्वे प्रगत मशीन टूलसशी जोडण्याचा प्रयत्न करण्यात आला आहे.

समर्पक उदाहरणांसह सर्व विषयांमध्ये सैद्धांतिक आणि व्यावहारिक ज्ञानाचा संगम साध्य केला आहे. या पाठ्यपुस्तकातील मजकूर AICTE मॉडेल अभ्यासक्रमानुसार डिझाइन करण्यात आला आहे. नवीन राष्ट्रीय शिक्षण धोरण तात्त्विक शिक्षणात पाथ ब्रेकर ठरणार असून; अभ्यासक्रमात विद्यार्थी केंद्रित आणि स्वयंशिक्षण उपक्रम समाविष्ट करण्याची आवश्यकता आहे. हे पुस्तक सध्याच्या परिस्थितीशी अधिक अर्थपूर्ण आणि समर्पक बनविण्यासाठी येथे अशा उपक्रमांचा समावेश केला गेला आहे. पाठ्यपुस्तकाच्या भाग-A मध्ये सैद्धांतिक पाच युनिट आणि भाग-B मध्ये प्रयोगशाळेच्या प्रयोगांद्वारे स्वतंत्रपणे देण्यात आले आहे. **युनिट -1** कास्टिंग, फॉर्मिंग, मशीनिंग, जॉइनिंग आणि प्रगत मशीनिंग प्रक्रियांसारख्या उत्पादन पद्धतींशी संबंधित आहे. आज आपण वापरत असलेल्या बऱ्याच उत्पादनांच्या उत्पादन प्रक्रिया आपल्याला माहित नसतील. उदाहरणार्थ ऑटोमोबाईलचे मिश्रधातूचे चाक, मंदिराची घंटा कास्टिंग पासून बनविली जाते ! वाचकांची उत्सुकता वाढवण्यासाठी अशी मनोरंजक उदाहरणे दिली आहेत. **युनिट -2** CNC मशीनिंग आणि ॲडिटिव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग सारख्या प्रगत उत्पादन तंत्रांबद्दल आहे. श्रीडी प्रिंटिंग आणि रॅपिड प्रोटोटायपिंगची विस्ताराने चर्चा केली आहे. फिटिंग ऑपरेशन्स आणि पॉवर टूलस हा या युनिटमधील आणखी एक विषय आहे जो कार्यशाळेत हाताने वापरण्यापासून पॉवर टूल वापरण्यापर्यंतची माहिती देतो. **युनिट -3** इलेक्ट्रिकल आणि इलेक्ट्रॉनिक इंजिनिअरिंग बद्दल चर्चा करते, जिथे कामाच्या मूलभूत गोष्टींवर चर्चा केली गेली आहे. वीज आणि त्याची कनेक्टिव्हिटी संबंधित उपयोग सांगितले आहेत. **युनिट -4** सुतारकाम, प्लास्टिक मोल्डिंग आणि काचेच्या कामांवर लक्ष केंद्रित करेल. विविध औद्योगिक उपयोगाची चर्चा केली आहे. **युनिट -5** कास्टिंग डिझाइन, वेल्डिंग आणि ब्रेझिंग ऑपरेशन्ससाठी आहे. कास्टिंगचे प्रकार आणि उपयोगाची सविस्तर चर्चा झाली आहे. वेल्डिंग आणि ब्रेझिंगचे उपयोग आणि गरज ओळखण्याची सविस्तर चर्चा केली आहे.

हे पाठ्यपुस्तक नवीन पिढीच्या वाचकांनुसार बनवले गेले आहे; प्रत्येक विषयाच्या संबंधित विषयाची चर्चा प्रत्येक विषयाच्या उपशीर्षक "प्रास्ताविक" मध्ये केली आहे. प्रत्येक विषयातील मनोरंजक तथ्ये आपल्याला त्या विषया बद्दल न ऐकलेल्या तथ्यां बद्दल सांगतील. प्रत्येक युनिटच्या शेवटी संक्षिप्त सारांश त्या युनिटच्या तपशिलाची थोडक्यात माहिती देऊ शकतात. व्हिडिओ संसाधनाचे दुवे दिलेले आहेत, जे विषयांच्या डिजिटल कंटेंटच्या वापरासाठी उपयोगाचे आहेत. ब्लूम्स टॅक्सोनामी आणि AICTE परीक्षा सुधारणा दस्तऐवजाच्या अनुषंगाने सराव प्रश्न तयार केलेले आहेत. चुका टाळण्यासाठी सर्व काळजी घेण्यात आली असली, तरी परिपूर्णतेचा दावा करणे कठीण आहे. जर काही त्रुटी निदर्शनास आणून दिल्या तर मी वाचकांचा आभारी राहीन. पुस्तकाच्या आणखी सुधारणेच्या सूचना कृतज्ञतेने मान्य केल्या जातील.

वीरणा डी. केंचक्कनवर





## आऊटकम बेस्ड एज्युकेशन

आऊटकम बेस्ड एज्युकेशनच्या अंमलबजावणीसाठी सर्वप्रथम आऊटकम बेस्ड अभ्यासक्रम विकसित करून आऊटकम बेस्ड अससेसमेंट पद्धतीचा शिक्षण पद्धतीत अंतर्भाव होणे गरजेचे आहे. आऊटकम बेस्ड अससेसमेंट पद्धतीच्या वापरामुळे विद्यार्थ्यांनी निर्धारित निष्पत्ती साध्य केल्याचे मूल्यमापन निश्चित निकषांद्वारे मोजता येईल. आऊटकम बेस्ड एज्युकेशनच्या सुयोग्य अंमलबजावणीमुळे सर्व विद्यार्थी एकसमान किमान कौशल्ये साध्य करू शकतील अशी मानके निर्धारित करता येतील. आऊटकम बेस्ड एज्युकेशनवर आधारित अभ्यासक्रम पूर्ण केल्यानंतर विद्यार्थी खालील निष्पत्ती साध्य करू शकतील.

### प्रोग्राम आउटकम्स (ग्रॅज्युएट अट्रिब्युट्स)

- PO-1: अभियांत्रिकी ज्ञान: गणित, विज्ञान, अभियांत्रिकीचे मुलभूत आणि शाखा विशिष्ट ज्ञानाचा उपयोग अभियांत्रिकीच्या गुंतागुंतीच्या समस्यांच्या निराकरणासाठी करणे.
- PO-2: समस्यांचे विश्लेषण: गणित, नैसर्गिक विज्ञान आणि अभियांत्रिकी ज्ञानाचा आणि तत्वांचा वापर करून गुंतागुंतीच्या अभियांत्रिकी समस्यांची माडणी, पुनरावलोकन, संशोधनाचा आढावा, आणि विश्लेषण करून निष्कर्षांपर्यंत पोहोचणे.
- PO-3: उपाय विकसित करणे: गुंतागुंतीच्या अभियांत्रिकी समस्यासाठी उपाय विकसित करणे आणि सामाजिक आरोग्य आणि सुरक्षितता, संस्कृतिक, सामाजिक आणि पर्यावरणाचा विचार करून प्रणालीचा एखादा भाग किंवा प्रक्रीयेचे डिझाईन करणे.
- PO-4: किचकट समस्यांचे अन्वेषण करणे: संशोधनावर आधारित ज्ञानाचा वापर आणि संशोधनाच्या पद्धती जसे की, डिझाईन ऑफ एक्स्पेरिमेंट, माहितीचे विश्लेषण, वैध निष्कर्ष प्रदान करण्यासाठी माहितीचे संश्लेषण यासह संशोधन पद्धती.
- PO-5: आधुनिक साधनांचा वापर: गुंतागुंतीच्या अभियांत्रिकी समस्यासाठी आधुनिक अभियांत्रिकी आणि माहिती तंत्रज्ञान साधने तयार करणे, निवड करणे आणि योग्य तंत्रज्ञानाचा उपयोग करून मर्यादांचे पालन करीत मॉडेलिंग आणि प्रेडिक्शन करणे.
- PO-6: अभियंता आणि समाज: सामाजिक, आरोग्य, सुरक्षा, कायदेशीर आणि सांस्कृतिक समस्या आणि परिणामी व्यावसायिक अभियांत्रिकी पद्धतीशी संबंधित जबाबदाऱ्यांचे मूल्यांकन करण्यासाठी संदर्भित ज्ञानाद्वारे माहितीच्या आधारे तर्क लागू करणे.
- PO-7: पर्यावरण आणि शाश्वत विकास: सामाजिक आणि पर्यावरणीय संदर्भात व्यावसायिक अभियांत्रिकी उपायांचा परिणाम समजून घेऊन शाश्वत विकासासाठी गरज ओळखणे.
- PO-8: नीतिमत्ता: नैतिकतेचा अवलंब करणे आणि व्यावसायिक नीतिमत्ता आणि जबाबदाऱ्या आणि अभियांत्रिकी पद्धतीच्या नियमांना वचनबद्ध राहणे.
- PO-9: वैयक्तिक आणि सांघिक कार्य: एक व्यक्ती म्हणून, आणि वैविध्यपूर्ण संघामध्ये सदस्य किंवा नेता म्हणून आणि बहुविध रचनांमध्ये प्रभावीपणे कार्य करणे.
- PO-10: संभाषण: अभियांत्रिकी समुदायाशी आणि समाजाबरोबर गुंतागुंतीच्या अभियांत्रिकी उपक्रमांवर प्रभावीपणे संवाद साधणे, जसे की, प्रभावी अहवाल आणि डिझाईन दस्तऐवज समजून घेण्यास आणि लिहिण्यास सक्षम असणे, प्रभावी सादरीकरण करणे आणि स्पष्ट सूचना देणे आणि प्राप्त करणे.
- PO-11: प्रकल्प व्यवस्थापन आणि वित्त अभियांत्रिकी आणि व्यवस्थापन तत्वांचे ज्ञान आणि समज दर्शवणे आणि प्रकल्पांचे व्यवस्थापन करण्यासाठी आणि बहुविध वातावरणात सदस्य आणि नेता म्हणून स्वतःच्या कामामध्ये हे लागू करणे.
- PO-12: आयुष्यभर शिकत राहणे: तंत्रज्ञानातील बदलांच्या व्यापक संदर्भात आयुष्यभर स्वतंत्रपणे शिकण्याची/स्वयं अध्ययनाची तयारी आणि क्षमता निर्माण करणे.

## कोर्स आउटकम

हा विषय शिकल्यानंतर विद्यार्थ्यांना:

- CO-1: कास्टिंग, फॉर्मिंग, मशीनिंग, जॉइनिंग आणि अडवान्सड मॅन्युफॅक्चरिंग प्रोसेसेस यासारख्या वेगवेगळ्या उत्पादन पद्धतीं ओळखता येतील.
- CO-2: CNC मशिनसचा वापर करता येईल, अँडिटिव्ह मॅन्युफॅक्चरिंगच्या विविध प्रक्रियांचे वर्गीकरण करू शकतील, फिटींगचे विविध ऑपरेशन आणि पॉवर टूल्स बद्दल माहिती मिळेल
- CO-3: सर्किट बनवता येतील आणि मूलभूत इलेक्ट्रिकल आणि इलेक्ट्रॉनिक्सच्या घटकांवर टिप्पणी करण्यास सक्षम होतील.
- CO-4: प्लास्टिक मोल्डिंग आणि काच कापण्याच्या ऑपरेशन्स सह सुतारकाम आणि यामध्ये वापरल्या जाणाऱ्या साधनांचा वापर दर्शविण्यास सक्षम होतील.
- CO-5: मेटल कास्टिंग ऑपरेशन्स आणि विविध वेल्डिंग (आर्क वेल्डिंग आणि गॅस वेल्डिंग), ब्रेझिंग ऑपरेशन्सचा वापर उत्पादन प्रक्रियेत करण्यास सक्षम होतील.

खाली दिलेल्या मॅट्रिक्सनुसार प्रोग्राम आउटकम्स आणि कोर्स आउटकम्सचे मॅपिंग करावे :

कोर्स आउट कम्स	प्रोग्राम आउटकम्स बरोबर अपेक्षित मॅपिंग (1- किमान परस्पर संबंध; 2- मध्यम परस्पर संबंध; 3- घनिष्ट परस्पर संबंध)											
	PO-1	PO-2	PO-3	PO-4	PO-5	PO-6	PO-7	PO-8	PO-9	PO-10	PO-11	PO-12
CO-1												
CO-2												
CO-3												
CO-4												
CO-5												

## संक्षिप्तरूपे आणि चिन्हे

चिन्हे	वर्णन	पृष्ठ क्र.
V	कटिंग स्पीड	20
t	डेप्थ ऑफ कट	20
K	कोनिसिटी	20
A	सेमी टेपर अँगल	21
D	वर्कपीसचा व्यास	20
N	स्पिंडल स्पीड	20
d1	वर्कपीसचा मूळ व्यास	20
d2	वर्कपीसचा अंतिम व्यास	20
L	टेपरची लांबी	21
$\alpha$	सेमी टेपर अँगल	21
I	करंट (विद्युत प्रवाह)	69
R	रेझिस्टन्स (विद्युत अवरोध)	69
$\rho$	स्पेसिफिक रेझिस्टन्स	69
V	व्होल्ट	70
P	पावर	70

## आकृत्यांची सूची

### युनिट - 1: उत्पादनाच्या पद्धती

आकृती 1.1	कोप आणि ड्रॅग	5
आकृती 1.2	कास्टिंगसंबंधी पारिभाषिक शब्द	5
आकृती 1.3	अप सेट फोर्जिंग ऑपरेशन	12
आकृती 1.4	रोलिंग ऑपरेशन	13
आकृती 1.5	एक्सट्रुजन उत्पादने	14
आकृती 1.6	डायरेक्ट आणि इनडायरेक्ट एक्सट्रुजन	15
आकृती 1.7	लेथ मशीन	18
आकृती 1.8	टर्निंग प्रक्रिया	18
आकृती 1.9	ड्रिलिंग मशीन	22
आकृती 1.10	मिलिंग मशीन	23
आकृती 1.11	सोल्डरिंग	25
आकृती 1.12	अब्रेसिव्ह जेट मशीनिंग	31
आकृती 1.13	लेसर बीम मशीनिंग	32
आकृती 1.14	इलेक्ट्रो केमिकल मशीनिंग	33

### युनिट - 2: CNC मशीनिंग, ॲडीटीव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग, फिटिंग ऑपरेशन्स आणि पॉवर टूल्स

आकृती 2.1	CNC मशीन ब्लॉक आकृती	40
आकृती 2.2	परिवलनाचा ॲक्सिस	42
आकृती 2.3	फिक्स्ड ओरिजिन पद्धत	43
आकृती 2.4	फ्लोटिंग ओरिजिन पद्धत	43
आकृती 2.5	इन्क्रिमेंटल समन्वय प्रणाली	44
आकृती 2.6	थ्रीडी प्रिंटिंग यंत्रणा	47
आकृती 2.7	बेंच व्हाइस	50
आकृती 2.8	सी-क्लॅम्प	50
आकृती 2.9	व्ही-ब्लॉक	51
आकृती 2.10	कॅलिपर्सचे विविध प्रकार	52
आकृती 2.11	स्क्रायबर	52

आकृती 2.12	डॉट पंच	53
आकृती 2.13	ट्राय-स्केअर	53
आकृती 2.14	अँगल प्लेट	54
आकृती 2.15	सरफेस प्लेट	54
आकृती 2.16	हॅक सॉ	55
आकृती 2.17	चीसेलचे प्रकार	55
आकृती 2.18	फाइल नामकरण	56
आकृती 2.19	फ्लॅट फाइल	58
आकृती 2.20	चौरस फाइल	58
आकृती 2.21	लिकोणी फाइल	58
आकृती 2.22	राऊंड फाइल	59
आकृती 2.23	अर्ध गोल फाइल	59
आकृती 2.24	हातोड्यांचे प्रकार	60
आकृती 2.25	मॅलेट	60
आकृती 2.26	पॉवर ड्रिलर	62
आकृती 2.27	पॉवर स्कू ड्रायव्हर	62
आकृती 2.28	पॉवर चैन सॉ	62
आकृती 2.29	न्यूमॅटिक इम्पॅक्ट रेंच	63

### युनिट - 3: इलेक्ट्रिकल आणि इलेक्ट्रॉनिक्स

आकृती 3.1	(अ) इलेक्ट्रिक बल्ब	68
आकृती 3.1	(ब) संगणक CPU	68
आकृती 3.1	(क) मोबाइल फोन सर्किट	68
आकृती 3.2	ओहमचा लॉ पाई चार्ट	71
आकृती 3.3	रेजिस्टन्सची सिरीज मधील मांडणी	71
आकृती 3.4	पॅरलल मध्ये रेजिस्टन्स	72
आकृती 3.5	करंटचा नियम	73
आकृती 3.6	ट्रान्सफॉर्मर	74
आकृती 3.7	इलेक्ट्रिक मोटार वर्गीकरण	75
आकृती 3.8	स्टेटर आणि रोटर	76
आकृती 3.9	इलेक्ट्रिक लोडचे वर्गीकरण	77

आकृती 3.10	इलेक्ट्रिक ड्राइव्ह ब्लॉक आकृती	79
आकृती 3.11	ओपन लूप कंट्रोल सिस्टम	81
आकृती 3.12	क्लोज्ड लूप कंट्रोल सिस्टम	81

#### युनिट - 4: कार्पेंटरी, प्लास्टिक मोल्डिंग आणि ग्लास कटींग

आकृती 4.1	फोल्डिंग रुलर	90
आकृती 4.2	गुण्या (ट्राय स्क्वेअर)	90
आकृती 4.3	बेवेल स्क्वेअर	91
आकृती 4.4	मार्किंग गेज	91
आकृती 4.5	मिसे स्क्वेअर	92
आकृती 4.6	मॉर्टिस गेज	92
आकृती 4.7	रिप सॉ	93
आकृती 4.8	क्रॉस कट सॉ	93
आकृती 4.9	कोपिंग सॉ	93
आकृती 4.10	टेनॉन सॉ	94
आकृती 4.11	(इ) फर्मर चीजेल्	94
आकृती 4.11	(एफ) बेवेलड्राइव्ज फिटर	94
आकृती 4.11	(जी) पारिंगचिझल	94
आकृती 4.11	(एच) मॉर्टिसचिझल	94
आकृती 4.12	गौजेस	95
आकृती 4.13	लाकडी जॅक प्लेन	96
आकृती 4.14	मेटल जॅक प्लेन	97
आकृती 4.15	स्मूथिंग प्लेन	97
आकृती 4.16	रिबेट प्लेन	98
आकृती 4.17	ब्रॅडॉल टूल	98
आकृती 4.18	गिम्लेट टूल	99
आकृती 4.19	रॅचेट ब्रेस	99
आकृती 4.20	(अ) लाकडी मलेट	100
आकृती 4.20	(ब) नायलॉन मॅलेट	100
आकृती 4.21	वॉरिंगटन हातोडा	100
आकृती 4.22	क्लॉ हातोडा	101

आकृती 4.23	कार्पेन्टर व्हाइस	101
आकृती 4.24	सी-क्लॅम्प	102
आकृती 4.25	सर्व्युलर सॉ	102
आकृती 4.26	पॉवर ड्रिल	103
आकृती 4.27	टेबल सॉ	103
आकृती 4.28	नेल गन	104
आकृती 4.29	जिग सॉ	104
आकृती 4.30	रॅडम ऑर्बिटल सँडर	105
आकृती 4.31	लाकूड राऊटर	105
आकृती 4.32	एक्स्ट्रुजन मोल्डिंग	108
आकृती 4.33	कॉम्प्रेशन मोल्डिंग	109
आकृती 4.34	ब्लो मोल्डिंग	109
आकृती 4.35	इंजेक्शन मोल्डिंग	110
आकृती 4.36	रोटेशनल मोल्डिंग	111
आकृती 4.37	कंटीन्यूअस प्रक्रिया	113
आकृती 4.38	बॅच प्रक्रिया	114
आकृती 4.39	ग्लास कटिंगचे वर्गीकरण	114
आकृती 4.40	पारंपारिक काच कापण्याची पद्धत	115
आकृती 4.41	अपारंपरिक काच कापण्याची पद्धत	115

## युनिट - 5: मेटल कास्टिंग वेल्डिंग ब्रिझिंग

आकृती 5.1	कास्टिंगचे वर्गीकरण	123
आकृती 5.2	वाळू कास्टिंग	124
आकृती 5.3	शेल कास्टिंग	125
आकृती 5.4	प्लास्टर कास्टिंग	125
आकृती 5.5	इन्व्हेस्टमेंट कास्टिंग	126
आकृती 5.6	डाई कास्टिंग	127
आकृती 5.7	सेंट्रिफ्यूगल कास्टिंग	128
आकृती 5.8	स्क्रीझ कास्टिंग	128
आकृती 5.9	व्हॅक्यूम कास्टिंग	129
आकृती 5.10	आय-सेक्शन	129

आकृती 5.11 टेपर सेक्शन	130
आकृती 5.12 फ्लक्स-कॉर्ड आर्क वेल्डिंग	133
आकृती 5.13 फ्लक्स-कॉर्ड आर्क वेल्डिंगचे डीटेल केलेले दृश्य	133
आकृती 5.14 मेटल इनर्ट गॅस वेल्डिंग	134
आकृती 5.15 प्लाझ्मा आर्क वेल्डिंग	135
आकृती 5.16 सबमर्ज्ड आर्क वेल्डिंग	136
आकृती 5.17 ऑक्सी-अॅसिटिलीन गॅस मिक्सिंग चेंबर	137
आकृती 5.18 फ्लेमचे प्रकार	137
आकृती 5.19 ऑक्सी-अॅसिटिलीन वेल्डिंग प्रक्रिया	138
आकृती 5.20 ब्रेझिंग प्रक्रिया	141



## तक्त्याची सूची

---

### युनिट - 4: कार्पेण्टरी, प्लास्टिक मोल्डिंग आणि ग्लास कटिंग

तक्त्याची 4.1 काचेची रचना आणि उपयोग

112

### युनिट - 5: मेटल कास्टिंग वेल्डिंग ब्रिझिंग

तक्त्याची 5.1 वेल्डिंग दोष आणि उपाय

129

## शिक्षकांसाठी मार्गदर्शक सूचना

आउटकम बेस्ड एज्युकेशन (OBE) लागू करण्यासाठी विद्यार्थ्यांचे ज्ञान स्तर आणि कौशल्य संच वाढवले पाहिजे. OBE च्या योग्य अंमलबजावणीसाठी शिक्षकांनी मोठी जबाबदारी स्वीकारली पाहिजे. OBE प्रणालीतील शिक्षकांसाठी काही जबाबदाऱ्या (मर्यादित नाहीत) खालीलप्रमाणे असू शकतात:

- वाजवी मर्यादेत, त्यांनी सर्व विद्यार्थ्यांच्या सर्वोत्तम फायद्यासाठी वेळ हाताळला पाहिजे.
- त्यांनी विद्यार्थ्यांशी भेदभाव करण्याच्या इतर कोणत्याही संभाव्य अपात्रतेचा विचार न करता केवळ काही परिभाषित निकषावर मूल्यांकन केले पाहिजे.
- त्यांनी संस्था सोडण्यापूर्वी विद्यार्थ्यांच्या शिकण्याची क्षमता एका विशिष्ट स्तरावर वाढविण्याचा प्रयत्न केला पाहिजे.
- त्यांनी हे सुनिश्चित करण्याचा प्रयत्न केला पाहिजे की सर्व विद्यार्थी त्यांचे शिक्षण संपल्यानंतर दर्जेदार ज्ञान तसेच सक्षमतेने सुसज्ज आहेत.
- त्यांनी नेहमीच विद्यार्थ्यांना त्यांची अंतिम कामगिरी क्षमता विकसित करण्यास प्रोत्साहित केले पाहिजे.
- नवीन दृष्टीकोन मजबूत करण्यासाठी त्यांनी समूह कार्य आणि संघ कार्य यांना सुलभ आणि प्रोत्साहित केले पाहिजे.
- त्यांनी मूल्यांकनाच्या प्रत्येक भागात ब्लूम्स टॅक्सोनोमीचे अनुसरण केले पाहिजे.

### ब्लूम वर्गीकरण

स्तर	शिक्षकांनी तपासावे	विद्यार्थी सक्षम असावा	मूल्यांकनाची संभाव्य पद्धत
निर्माण करणे	विद्यार्थी तयार करण्याची क्षमता	डिझाइन करा किंवा तयार करा	सूक्ष्म प्रकल्प
मूल्यमापन	विद्यार्थ्यांचे औचित्य सिद्ध करण्याची क्षमता	वाद घालणे किंवा बचाव करणे	असाइनमेंट
विश्लेषण करणे	विद्यार्थ्यांमध्ये फरक करण्याची क्षमता	फरक किंवा भेद करा	प्रकल्प/प्रयोगशाळा पद्धती
अर्ज करणे	विद्यार्थ्यांची माहिती वापरण्याची क्षमता	चालवा किंवा प्रात्यक्षिक करा	तांत्रिक सादरीकरण/ प्रात्यक्षिक
समजून घेणे	विद्यार्थ्यांची कल्पना स्पष्ट करण्याची क्षमता	स्पष्ट करा किंवा वर्गीकृत करा	सादरीकरण / परिसंवाद
आठवणे	विद्यार्थ्यांची आठवण करण्याची क्षमता (किंवा लक्षात ठेवणे)	व्याख्या करा किंवा आठवा	प्रश्नमंजुषा

## विद्यार्थ्यांसाठी मार्गदर्शक सूचना

OBE लागू करण्यासाठी विद्यार्थ्यांनी समान जबाबदारी घ्यावी. OBE प्रणालीतील विद्यार्थ्यांसाठी काही जबाबदाऱ्या (मर्यादित नाहीत) खालीलप्रमाणे आहेत:

- प्रत्येक कोर्समध्ये युनिट सुरू होण्यापूर्वी विद्यार्थ्यांना प्रत्येक UO ची चांगली माहिती असावी.
- अभ्यासक्रम सुरू होण्यापूर्वी विद्यार्थ्यांना प्रत्येक CO ची चांगली माहिती असावी
- अभ्यासक्रम सुरू होण्यापूर्वी विद्यार्थ्यांना प्रत्येक PO ची चांगली माहिती असावी
- विद्यार्थ्यांनी योग्य चिंतन आणि कृतीसह गंभीर आणि वाजवी विचार केला पाहिजे.
- विद्यार्थ्यांचे शिक्षण व्यावहारिक आणि वास्तविक जीवनातील परिणामांशी जोडलेले आणि समाकलित केले पाहिजे.
- विद्यार्थी OBE च्या प्रत्येक स्तरावर त्यांची क्षमता जाणून घ्या.

## अनुक्रमणिका

प्रास्ताविक	iii
ऋणनिर्देश	v
प्रस्तावना	vii
आऊटकम बेस्ड एज्युकेशन	ix
कोर्स आऊटकम	x
संक्षिप्तरूपे आणि चिन्हे	xi
आकृत्यांची सूची	xii
तक्त्यांची सूची	xvii
शिक्षकांसाठी मार्गदर्शक सूचना	xviii
विद्यार्थ्यांसाठी मार्गदर्शक सूचना	xviii

### भाग-अ उत्पादनाच्या पद्धती ..... 1-144

#### 1. उत्पादनाच्या पद्धती ..... 3-37

युनिट वैशिष्ट्ये	3
भूमिका	3
आवश्यक पूर्वज्ञान	3
युनिट आऊटकम	3
पाठ परिचय	4
1.1 कास्टिंग	4
1.1.1 कास्टिंगसंबंधी पारिभाषिक शब्द	5
1.1.2 कास्टिंग प्रक्रियेचे फायदे आणि मर्यादा	7
1.2 फॉर्मिंग	8
1.2.1 परिचय	8
1.2.2 फॉर्मिंग प्रक्रियेचे वर्गीकरण	9
1.2.2 फोर्जिंग	10
1.2.3 फोर्जिंगप्रक्रियेचे वर्गीकरण	11
1.2.4 फोर्जिंग प्रक्रियेचे फायदे आणि मर्यादा	12
1.2.5 रोलिंग ऑपरेशन	13
1.2.6 फायदे आणि मर्यादा	14
1.2.7 एक्स्ट्रुजन प्रक्रिया	14

1.2.8	एक्स्ट्रुजन प्रक्रियेच्या पद्धती	15
1.2.9	फायदे आणि तोटे	16
1.2.10	डीप ड्रॉइंग	16
1.2.11	पाईप बेंडिंग	16
1.3	मशीनिंग प्रक्रिया	17
1.3.1	टर्निंग ऑपरेशन	18
1.3.2	लेथचे वर्गीकरण	19
1.3.3	टर्निंग ऑपरेशन्सशी संबंधित पारिभाषिक शब्द	19
1.3.5	मिलिंग ऑपरेशन	22
1.4	जॉईनिंग प्रोसेसेस	23
1.4.1	टेम्पररी जॉइंट्स	24
1.4.2	परमनंट जॉइंट्स	24
1.5	एंडव्हान्सड मॅन्युफॅक्चरिंग/नॉन ट्रेडीशनल (अपारंपरिक) मशीनिंग	29
1.5.1	अब्रेसिव्ह जेट मशीनिंग	30
1.5.2	लेझरबीम मशीनिंग	31
1.5.3	इलेक्ट्रो-केमिकल मशीनिंग	33
	युनिट सारांश	35
	स्वाध्याय	35
	सरावासाठी प्रश्न	35
	वस्तुनिष्ठ प्रश्न	36
	अधिक जाणून घ्या	37
	संदर्भ आणि अधिक वाचनासाठी	37
<b>2.</b>	<b>CNC मशीनिंग, अ‍ॅडीटीव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग, फिटिंग ऑपरेशन्स आणि पॉवर टूल्स .....</b>	<b>38-66</b>
	युनिट वैशिष्ट्ये	38
	भूमिका	38
	आवश्यक पूर्वज्ञान	38
	युनिट आऊटकम्स	39
2.1	CNC मशीनिंग	39
2.1.1	CNC मशीनिंगचे तत्त्व	40
2.1.2	परिवलनाचा ॲक्सिस	41
2.1.3	टूल मूव्हमेंटसाठी कॉर्डिनेट सिस्टम	42
2.1.4	CNC मशीनचे कार्य	44
2.1.5	CNC मशीनचे फायदे आणि तोटे	45
2.2	अ‍ॅडिटिव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग	46
2.2.1	अ‍ॅडिटिव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग प्रक्रिया	47

2.2.2	उपयोगिता	48
2.3.1	होल्डिंग टूल्स	50
2.3.2	मोजमापाची आणि चिन्ह अंकित करण्याची साधने	51
2.3.3	कटिंग टूल्स	54
2.3.4	फिनिशिंग टूल्स	56
2.3.5	स्ट्रायकिंग टूल्स	60
2.4	पॉवर टूल्स	61
	युनिट सारांश	64
	स्वाध्याय	64
	शिक्षकांसाठी अधिक माहिती	65
	संदर्भ आणि वाचनीय लेख	66
<b>3.</b>	<b>इलेक्ट्रिकल आणि इलेक्ट्रॉनिक्स .....</b>	<b>67-85</b>
	युनिट वैशिष्ट्ये	67
	भूमिका	67
	आवश्यक पूर्व ज्ञान	67
	युनिट आउटकम	67
3.1	परिचय	68
3.2	पारिभाषिक शब्द	69
3.3	रेजिस्टन्सची सिरीज मधील मांडणी :	71
3.4	रेजिस्टन्सची पॅरलल मधील मांडणी	72
3.5	किर्चहॉफचा नियम	73
	3.5.1 करंटचा नियम	73
	3.5.2 व्होल्टेज नियम	74
3.6	ट्रान्सफॉर्मर	74
	3.6.1 उपयोग	75
3.7	इलेक्ट्रिक मोटर्स	75
	3.7.1 मोटर्सचे वर्गीकरण	75
	3.7.2 थ्री फेज इंडक्शनमोटर	76
	3.7.3 थ्री फेज इंडक्शन मोटर्सचे उपयोग	76
3.8	इलेक्ट्रिक लोड	77
	3.8.1 इलेक्ट्रिक लोडचे वर्गीकरण	77
3.9	इलेक्ट्रिक ड्राइव्ह	79
	3.9.1 इलेक्ट्रिकल ड्राइव्हचे उपयोग	79
3.10	इलेक्ट्रॉनिक अभियांत्रिकी	80

3.10.1 कंट्रोल सिस्टम	80
युनिटसारांश	83
स्वाध्याय	83
अधिक जाणून घ्या	85
संदर्भ आणि वाचन	85
<b>4. कार्पेटरी, प्लास्टिक मोल्डिंग आणि ग्लास कटींग .....</b>	<b>86-119</b>
युनिट वैशिष्ट्ये	86
भूमिका	86
आवश्यक पूर्व ज्ञान	87
युनिट आऊटकम	87
4.1 सुतारकाम	88
4.1.1 लाकडाचे फायदे	88
4.1.2 लाकडाचे उपयोग	89
4.1.3 लाकूडकाम करणारी साधने	89
4.1.4 मार्किंग आणि मेजरींग टूल्स	90
4.1.5 कटिंग टूल्स	92
4.1.6 प्लेनिंग टूल्स	96
4.1.7 बोरिंग / ड्रिलिंग टूल्स	98
4.1.8 स्ट्रायकिंग टूल्स	99
4.1.9 होल्डिंग टूल्स	101
4.1.10 पॉवर टूल्स	102
4.2 प्लास्टिक मोल्डिंग	106
4.2.1 प्लास्टिकचे प्रकार	107
4.2.2 प्लास्टिकचे फायदे	107
4.2.3 प्लास्टिकचे उपयोग	107
4.2.4 प्लास्टिक मोल्डिंग पद्धती	108
4.3 ग्लास कटींग	112
4.3.1 काचेचे प्रकार	112
4.3.2 काचेचे उत्पादन	113
युनिट सारांश	116
स्वाध्याय	117
अधिक जाणून घ्या	118
संदर्भ आणि सुचविलेले वाचन	119
<b>5. मेटल कास्टिंग वेल्डिंग ब्रिझिंग .....</b>	<b>120-144</b>
युनिट वैशिष्ट्ये	120

भूमिका	120
आवश्यक पूर्व ज्ञान	121
युनिट आऊटकम्स	121
5.1 कास्टिंग	121
5.1.1 कास्टिंग फेनॉमेनॉ	122
5.1.2 मेटल कास्टिंगचे वर्गीकरण	122
5.1.3 एक्सपेडेबल मोल्ड / टेम्पररी मोल्ड कास्टिंग	123
5.1.4 परमनंट मोल्ड कास्टिंग	126
5.1.5 कास्टिंगचे डिझाइन गृहीतके	129
5.1.6 कास्टिंग दोष	130
5.2 वेल्डिंग	132
5.2.1 आर्क वेल्डिंग	132
5.2.2 गॅस वेल्डिंग	136
5.2.3 वेल्डिंग दोष	139
5.3 ब्रेझिंग	140
5.3.1 ब्रेझिंगचे फायदे	141
5.3.2 ब्रेझिंगचे उपयोग	141
युनिट सारांश	142
स्वाध्याय	143
अधिक जाणून घ्या	144
संदर्भ आणि सूचक वाचन	144

## भाग-ब कार्यशाळा सराव प्रयोगशाळा ..... 145-174

### कार्यशाळा सराव प्रयोगशाळा ..... 147-174

भूमिका	147
मशीन शॉप	148
सुरक्षाविषयक खबरदारी	148
लेथ मशीन	149
टर्निंग जॉब साठीची तयारी	149
टर्निंग ऑपरेशन साठीची नमुना प्रतिकृती/मॉडेल	149
फिटिंग शॉप	150
सुरक्षा खबरदारी	151
फिटिंगजॉबमधील ऑपरेशन्स	151
सुरक्षेची खबरदारी	154

सुतारकाम करताना खालीलप्रमाणे सुरक्षेची खबरदारी घेणे आवश्यक आहे	154
सुतारकामामधील प्रक्रिया	154
डव्ह-टेलरॅप जॉइंट	156
हाविंग जॉइंट	157
ब्रायडल जॉइंट	158
इलेक्ट्रीकल आणि इलेक्ट्रॉनिक्स	158
सुरक्षा खबरदारी	158
सर्किट डायग्राम	160
सर्किट डायग्राम	161
वेल्डिंग शॉप	162
सुरक्षा खबरदारी	162
आर्क वेल्डिंग	162
गॅस वेल्डिंग	163
वेल्ड कसे तयार करावे	163
वेल्डिंगसाठी आवश्यक घटक	164
प्रात्यक्षिक: बट जॉइंट	164
ओपरेशनचा क्रम	165
कास्टिंग	166
सुरक्षा खबरदारी	167
ओपरेशनचा क्रम	168
प्रमुख ऑपरेशन्स	169
सुरक्षा खबरदारी	170
ओपरेशनचा क्रम	171
सुरक्षा खबरदारी	172
<b>परिशिष्ट .....</b>	<b>175-176</b>
परिशिष्ट-अ	175
परिशिष्ट-ब	176
परिशिष्ट-क	177
<b>सूची .....</b>	<b>179-184</b>



भाग-अ

उत्पादनाच्या पद्धती



# 1

## उत्पादनाच्या पद्धती

### युनिट वैशिष्ट्ये

या युनिटमध्ये कास्टिंग, फॉर्मिंग, मशीनिंग, जॉइनिंग, अड्वान्स्ड मॅन्युफॅक्चरिंग, विषयांची चर्चा विस्ताराने केली आहे. दैनंदिन जीवनात वापरात येणारे या विषयांचे उपयोग विद्यार्थ्यांमध्ये कुतूहल आणि सर्जनशीलता निर्माण करून समस्या सोडवण्याची क्षमता विकसित होईल हा मूळ हेतू आहे. मॉडेलद्वारे या विषयांचे सादरीकरण सहज केले जाऊ शकेल

### भूमिका

प्रिय मित्रांनो!

आपण सर्व जण तंत्रज्ञानाच्या प्रगत जगात जगत आहोत ज्यात आपण जन्मापासून ते मृत्युपर्यंत एक ना अनेक उत्पादने/सेवा वापरत असतो.

जर आपण सकाळ पासून रात्रीपर्यंत एकाच दिवसाच्या क्रिया आठवण्याचा प्रयत्न केला तर आपण किती उत्पादने/सेवा वापरतो हे लक्षात येईल. सकाळी टूथ ब्रश, बाथरूममधील नळ, बकेट, मगस, साबणाचे बॉक्स, कपडे, स्वयंपाकघरात वापरली जाणारी भांडी, होम अप्लायन्सेस, टेलिव्हिजन, मोबाइल फोन, फर्निचर, खेळाचे साहित्य, कार, बाईक, पुस्तके, आणि असे कितीतरी अनेक, यादी न संपणारी आहे, हे सर्व एक किंवा दुसऱ्या पद्धतीद्वारे कारखान्यात तयार केले जातात. आता उत्पादन म्हणजे काय हे जाणून घेणे मनोरंजक ठरेल, सोप्या भाषेत अभियांत्रिकी दृष्टीने काही यंत्रसामग्रीचा वापर करून कच्च्या मालाचे तयार/अंशतः तयार उत्पादनात रूपांतर करून मूल्यवर्धन करणे म्हणजे उत्पादन क्रिया. बऱ्याच गोष्टींचा उत्पादन प्रक्रियेमध्ये सहभाग असतो. सध्याच्या काळात "झिरो डीफेक्ट आणि झिरो इफेक्ट" हे उत्पादन प्रक्रियेचे ध्येय आहे, जे बहुतेक उद्योगांमध्ये पाळले जाते.

### आवश्यक पूर्वज्ञान

- ड्रॉइंग
- सुरक्षा उपकरणे
- मटेरियलची माहिती स्टील, लाकूड, प्लास्टिक व काच
- यंत्र सामग्री

### युनिट आउटकम

हा पाठ शिकल्यानंतर विद्यार्थी:

U1-O1: वेगवेगळ्या कास्टिंगने बनलेले भाग ओळखू शकतील.

U1-O2: फॉर्मिंग प्रक्रिया समजून घेऊ शकतील.

U1-O3: कार्यशाळेत मशीनिंग ऑपरेशनचे प्रात्यक्षिक करून दाखवू शकतील.

U1-O4: कार्यशाळेत वेगवेगळ्या जॉइनिंग प्रक्रियेचा सराव करू शकतील.

U1-O5: नवनवीन उत्पादन प्रक्रियांबाबत माहिती मिळेल.

### युनिट आउटकमची विषयाच्या आउटकमशी सांगड

युनिट आउटकम	विषयाच्या निष्पत्तीशी अपेक्षित सांगड (1- किमान परस्पर संबंध; 2- मध्यम परस्पर संबंध; 3- घनिष्ट परस्पर संबंध)				
	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5
U1-O1	1				
U1-O2	1				
U1-O3	2				
U1-O4	2				
U1-O5	1				

### पाठ परिचय

उत्पादन हा एक सर्वत्र आढळणारा उपक्रम आहे; कच्चा माल, मानव संसाधन, हवामानाची अनुकूलता, उपलब्ध बाजार, इ. परिस्थिती उत्पादन प्रकल्पांचे अस्तित्व ठरवतात. उत्पादन हा एक जगभर चालणारा उपक्रम असून, उत्पादन क्षेत्राशी निगडित उद्योगाचे उद्दीष्ट हे कमीत कमी वेळ, सामग्री, पैसा, जागा, कामगार आणि इतर संसाधनांचा वापर करून सर्वात कार्यक्षम पद्धतीने मूल्य वाढविणे हा असतो. किमान संसाधने वापरून उत्पादकता वाढविण्यासाठी, प्रक्रिया आणि ऑपरेशन्सची योग्य निवड करणे आवश्यक आहे. ही उद्दिष्टे पूर्ण करण्यासाठी एक अभियंता आवश्यक आहे, जो कार्यक्षम उत्पादन प्रणाली समजून घेऊ शकतो, डिझाइन करू शकतो आणि चालवू शकतो. मानवाद्वारे वापरण्यासाठी बनविल्या जाणाऱ्या कोणत्याही उत्पादनात तीन प्रकारची वैशिष्टे आवश्यक आहेत. उत्पादनाला आवश्यक आकार देण्यासाठी एक प्रकारच्या प्रक्रिया वापरल्या जातात, अपेक्षित गुणधर्म प्रदान करण्यासाठी दुसऱ्या प्रकारच्या उत्पादन प्रक्रियेचा आणि पृष्ठभागाचे फिनिशिंग आणि आवश्यक टॉलरन्स प्राप्त करण्यासाठी तिसऱ्या प्रकारच्या उत्पादन प्रक्रियेचा वापर केला जातो.

### 1.1 कास्टिंग



घंटा



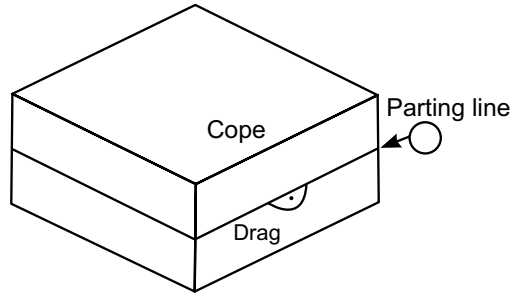
अलॉय व्हील्स



रेल्वेची चाके

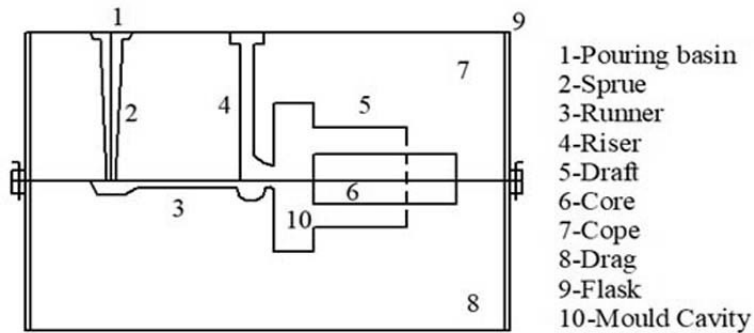
वरील चित्रे ही कास्ट केलेल्या उत्पादनांची काही उदाहरणे आहेत जी आपण रोजच्या जीवनात पाहतो. मग काय आहे कास्टिंग? आपल्याला सर्वांना माहित आहे की द्रव ज्या भांड्यात ओतले जाते त्याचा आकार त्याला प्राप्त होतो. “वितळलेला द्रव कंटेनरचा आकार घेतो” या तत्वाचा वापर कास्टिंग प्रक्रियेतही केला जातो. म्हणून कास्टिंग प्रक्रियेत, पदार्थ प्रथम वितळवला जातो किंवा योग्य तापमानापर्यंत गरम केला जातो आणि कधीकधी त्याच्या रासायनिक रचनेत बदल केले जातात. त्यानंतर वितळलेले पदार्थ हव्या त्या आकाराच्या साचाच्या पोकळीत ओतले जातात. एकदा पोकळी भरली आणि विशिष्ट कालावधीसाठी घनीकरणासाठी ठेऊन दिली की कास्टिंग अनफिनिशड स्वरूपात तयार होईल. घनीकरणा दरम्यान अंतिम उत्पादनांच्या गुणधर्मांना नियंत्रित करणारे अनेक संरचनात्मक बदल केले जातात. जे भाग बनविण्यासाठी अवघड आहेत आणि त्यात अधिक गुंतागुंतीची रचना आहे असे भाग बनविण्यासाठी कास्टिंग प्रक्रिया वापरणे किफायतशीर आहे.

### 1.1.1 कास्टिंगसंबंधी पारिभाषिक शब्द



आकृती-1.1: कोप आणि ड्रॅग

कास्टिंगमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या विविध संज्ञा खालील आकृतीसह वर्णन केल्या आहेत.



आकृती-1.2: कास्टिंगसंबंधी पारिभाषिक शब्द

**पॅटर्न:** तयार केल्या जाणाऱ्या अंतिम कास्टिंगची ही अंदाजे प्रतिकृती असते.

**फ्लास्क:** धातू/ लाकडी फ्रेम जी साच्याच्या दोन्ही भागांना एकत्रित बांधून ठेवते.

**कोप :** साच्याचे आडवे दोन भाग केले असता वरचा भाग.

**ड्रॅग :** साच्याचे आडवे दोन भाग केले असता खालचा भाग.

**कोअर :** कोअर म्हणजे वाळू किंवा धातूचा विशिष्ट आकाराचा भाग जो साच्यामध्ये बसविलेला असतो आणि ज्यामुळे अंतर्गत वैशिष्टे जसे कि छिद्र किंवा पोकळी तयार करता येते.

**रायझर :** रायझर हा साच्यात बसवलेली एक अतिरिक्त नळी असते, ज्या मध्ये साच्याची पोकळी वितळलेल्या धातूने भरल्यानंतर अतिरिक्त धातू वर येतो. ही अतिरिक्त वितळलेल्या धातूचा साठा म्हणून कार्य करते जे घनीकरणा दरम्यान धातूचे संकुचन झाल्यानंतर उद्भवणाऱ्या धातूच्या कमीची भरपाई करण्यासाठी साच्याच्या पोकळीत वितळलेल्या धातूचा पुरवठा करू शकते.

**गेटिंग सिस्टीम:** वितळलेला धातू साच्याच्या पोकळीपर्यंत पोहोचवण्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या आंतरजोड वाहिन्यांचे जाळे ही गेटिंग प्रणाली म्हणून ओळखली जाते.

**पोअरिंग कप :** पोअरिंग कप/बेसिन हा गेटिंग सिस्टीमचा असा भाग आहे जिथे वितळवलेला धातू ओतला जातो आणि तो साच्याच्या इतर भागात नियंत्रित स्वरूपात पोहोचवला जातो. वितळवलेला धातू स्पूमधून आडव्या वाहिन्यातून शेवटी गेटद्वारे साच्याच्या पोकळीत पोहोचवला जातो.

**साच्यासाठीची वाळू :** साच्यासाठीची वाळू लवकर न वितळणारी असल्याने साचा बनवताना वापरली जाते. यामध्ये वाळू, आर्द्रता आणि मातीचे योग्य मिश्रण असते ज्यामुळे आवश्यक गुणधर्म मिळवता येतात.

**बेकिंगसाठीची वाळू :** बेकिंगसाठीची वाळू हि वापरलेल्या किंवा जळलेल्या वाळूपासून बनलेली असते जी कि सहज सहजी वितळत नाही.

**फेसिंगसाठीची वाळू :** फेसिंगसाठीची वाळू कार्बनयुक्त वाळू असते जी साच्याच्या आतील बाजूस पसरलेली असते ज्यामुळे चांगल्या प्रतीचा पृष्ठभाग मिळवता येतो.

**लोम सॅंड :** ओली किंवा वाळलेली, किमान 50 % माती असलेली वाळू, जी वाळल्यानंतर कडक होते तिला लोम सॅंड म्हटले जाते. त्यामध्ये आगीचा सामना करू शकणारी माती देखील असते. यामध्ये 18 ते 20% आर्द्रता असते यामुळे उत्तम प्रतीचे पृष्ठभाग तयार करता येतात.

**विलगीकरणासाठीची वाळू (पार्टींग सॅण्ड):** साच्याचे दोन भाग एकमेकांना न चिकटता विलग करता यावे यासाठी बारीक कोरडी वाळू पसरली जाते तिला विलगीकरणासाठीची वाळू म्हणतात. त्याचा उपयोग पॅटर्नला ओली वाळू चिकटू नये म्हणून देखील करता येतो. ही वाळू स्वच्छ आणि माती विरहित असते.

### 1.1.2 कास्टिंग प्रक्रियेचे फायदे आणि मर्यादा

#### फायदे

- किचकट आकार सहज तयार करू शकतो.
- कोणत्याही पदार्थाचे कास्टिंग केले जाऊ शकते.
- सर्व बाजूने समसमान वेगाने थंड झाल्यामुळे कास्टिंगचे गुणधर्म सर्व दिशेने सारखेच असतात.
- 200 टन पर्यंत कोणत्याही आकाराचे कास्टिंग बनवता येतात.
- आवश्यक मेकॅनिकल गुणधर्म असणारे उत्पादन तयार करण्याची सर्वात सोपे आणि स्वस्त प्रक्रिया म्हणून कास्टिंग नेहमी वापरली जाते.
- काही धातू आणि मिश्र धातू आणि काही उत्पादनात जसे कि मिश्र धातूपासून बनलेले गॅस टर्बाइन, इतर मेकॅनिकल पद्धतीने बनवता येत नाहीत. त्यांना कास्टिंग हाच एकमेव पर्याय आहे.
- विविध दिशांना वेगवेगळ्या गुणधर्मांची आवश्यकता असलेल्या कॉम्पोसिट घटकांसाठी कास्टिंग सर्वात योग्य प्रक्रिया आहे.
- एका प्रकारच्या घटकात दुसऱ्या प्रकारच्या घटकाचा इन्सर्ट तयार करण्यासाठी कास्टिंग वापरले जाते जसे कि इलेक्ट्रिक मोटारीच्या लोखंडी आर्मेचरच्या खाचेमध्ये ॲल्युमिनियमचा वाहक बसवणे, धक्का रोधक घटकांवर झीज प्रतिरोधक आवरण इत्यादी.

#### मर्यादा

- सर्वसाधारण वाळू वापरून केलेल्या कास्टिंग मध्ये कमी प्रतीचे पृष्ठभाग मिळतात आणि मोजमापातील अचूकता देखील कमी असते.
- डिझाईनिंगमध्ये योग्य काळजी घेतल्यानंतरही काही दोष अपरिहार्य असतात.
- वाळू वापरून केलेले कास्टिंग ही श्रमप्रधान प्रक्रिया आहे.

#### मनोरंजक तथ्ये

कास्टिंग प्रक्रिया 5000 वर्षांहून अधिक जुनी आहे. सर्वात जुने अस्तित्वात असणारे कास्टिंग इ.स.पू. 3200 मधील तांब्यापासून बनलेला एक बेडूक आहे.

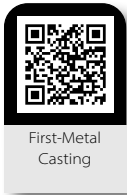
वाळू वापरून केलेल्या कास्टिंग प्रक्रियेचा प्रथम उल्लेख व्हॅनोसिओ बिरिन्गुचिओ ('फाउंड्री उद्योगाचे जनक') यांनी इ.स. 1540 च्या सुमारास लिहिलेल्या पुस्तकात आढळतो.

20 व्या शतकाच्या सुरुवातीस ऑटोमोटिव्ह आणि मशीन बनविण्याच्या उद्योगांच्या वेगवान विस्ताराने वाळू वापरून कास्टिंग खऱ्या अर्थाने अधिक प्रचलनात आले. 1924 मध्ये फोर्ड मोटर कंपनीने दहा लाख कारचे उत्पादन केले आणि अमेरिकेतील एकूण वाळू वापरून कास्टिंग उत्पादनाच्या तो एक तृतीयांश भाग होता.

आजकाल, धातूच्या कास्टिंगपैकी 70% पेक्षा जास्त वाळू वापरून कास्टिंगद्वारे तयार केले जातात.

अॅल्युमिनियम, लोह, टिन, पोलाद, ब्राँझ आणि तांबे हे सर्वसाधारणपणे कास्टिंगसाठी वापरले जाणारे धातू आहेत.

## व्हिडिओ संसाधने



First-Metal  
Casting

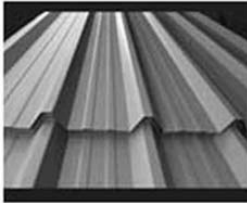


Second-  
Continuous  
Casting



Third-Sand  
Casting

## 1.2 फॉर्मिंग



छतावरील पत्रे



सळई वाकवणे (स्मिथी)



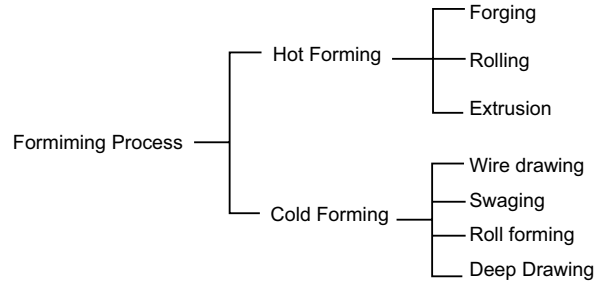
लोहारकाम

वरील चित्रे ग्रामीण ते शहरी भागापर्यंत प्रत्येकाच्या जीवनातील अगदी सामान्य घटना आहेत. तुमच्या आसपास कधी कधी या घडत असतील किंवा कळत नकळत कधी तुम्ही या वापरल्या देखील असतील. छतावरील पत्रे हि बांधकाम साहित्यातील अगदी सामान्य गोष्ट आहे. सळई वाकवणे हि बांधकामाच्या सुरुवातीसाठीची एक साधारण क्रिया आहे. ग्रामीण भागात कृषी अवजारे तयार करताना लोहारकाम किंवा स्मिथी सर्वसाधारणपणे वापरले जाते. कुंपणाचे फाटक तयार करताना यापैकी अनेक प्रक्रिया वापरल्या जातात.

### 1.2.1 परिचय

फॉर्मिंग हि आजकालच्या जीवनात उद्योग धंद्यात सर्वाधिक वापरली जाणारी उत्पादन प्रक्रिया आहे. फॉर्मिंग प्रक्रियेमध्ये बल, दाब आणि उष्णतेच्या मदतीने तयार / अंशतः तयार उत्पादनाचा आकार बदलला जातो. फॉर्मिंग मधील विविध पद्धती खाली दर्शविल्या आहेत.





सर्व पदार्थांमध्ये एक विशेष गुण असतो ज्याला प्लास्टिसिटी (प्लास्टिसिटीमुळे एखाद्या स्थायु रूपातील पदार्थाला बाह्य शक्तींचा वापर करून न तुटता आकारात कायमस्वरूपी बदल करता येतो) म्हणून ओळखले जाते. फॉर्मिंग प्रक्रियेमध्ये अभियांत्रिकीमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या काही पदार्थांच्या विशेष प्लास्टिसिटीचा वापर केला जातो. घन पदार्थांमध्ये त्यांचे गुणधर्म कमी न होता प्रवाही होण्याची क्षमता असते. येथे सर्व प्रक्रिया घन अवस्थेत केली जात असल्यामुळे यात पूर्वी वर्णन केलेल्या कास्टिंग प्रक्रियेप्रमाणे वितळलेला धातू हाताळावा लागत नाही किंवा घनिकरणाच्या किचकट प्रक्रियेची आवश्यकता भासत नाही. या प्रक्रियेत नको असलेला भाग काढून टाकण्याची गरज नसते. फक्त पदार्थाची पुनर्रचना केली जाते. यामुळे अपव्यय टाळता येतो.

फॉर्मिंग प्रक्रियेचे वर्गीकरण वापरल्या जाणाऱ्या बलावरून आणि पुरवल्या जाणाऱ्या उष्णतेवरून केले जाऊ शकते. आणखी एक वर्गीकरण तयार होणारे उत्पादन आणि फॉर्मिंगची गती याच्या आधारेही करता येईल.

### 1.2.2 फॉर्मिंग प्रक्रियेचे वर्गीकरण

आकार बदलाण्यासाठी वापरण्यात येणाऱ्या साधने आणि पदार्थावर येणारा ताण यावर हे वर्गीकरण अवलंबून आहे.

#### कॉम्प्रेशन फॉर्मिंग प्रक्रिया

- फोर्जिंग
- रोलिंग
- एक्स्ट्रुजन
- टेन्शन फॉर्मिंग
- स्ट्रेच फॉर्मिंग
- हायड्रोलिक प्रेशर फॉर्मिंग
- कम्बाईन्ड टेन्शन आणि कॉम्प्रेशन फॉर्मिंग
- वायर ड्रॉइंग

- ट्यूब ड्राईंग
- डीप ड्राईंग
- बेंड फॉर्मिंग
- पार्श्व बेंडिंग
- सर्कुलर बेंडिंग
- शिअर फॉर्मिंग
- एम्बॉसिंग
- डाय शिअर फॉर्मिंग

खालील परिच्छेदात फॉर्मिंगच्या प्रमुख प्रक्रियांचा अभ्यास करू या.

### 1.2.2 फोर्जिंग

फोर्जिंग ही एक उत्पादन प्रक्रिया आहे जिथे उच्च क्षमतेचे भाग तयार करण्यासाठी मोठ्या दबावाखाली धातू दाबला जातो, ठोकला जातो किंवा पिळला जातो. बहुतेक वेळा फोर्जिंग ऑपरेशन करण्यासाठी कॉम्प्रेसीव्ह फोर्स वापरला जातो. हातोड्या, प्रेस किंवा विशेष फोर्जिंग मशीन या उपकरणांचा वापर यासाठी केला जाऊ शकतो. हे ऑपरेशन उष्ण, थंड, उबदार आणि आयसोथर्मल स्थिती अशा तापमानाच्या सर्व श्रेणीत केले जाऊ शकते. सामान्यतः फोर्जिंग वर्कपीसच्या रिक्रिस्टलायझेशन तापमानापेक्षा अधिक तापमानावर केले जाते.

फोर्जिंग एक ही सर्वात जुनी ज्ञात धातूकाम प्रक्रिया आहे. पारंपारिकरित्या, हातोड्याचा आणि ऐरणीचा/ॲनव्हिलचा वापर करून स्मिथी / फोर्जिंग केले जाते (स्मिथी हे लहान जॉब तयार करण्यासाठी हाताने वापरण्याच्या लहान साधनांच्या सहाय्याने केली जाणारी प्रक्रिया आहे). 12 व्या शतकात लोखंडाच्या उत्पादनासाठी पाण्याच्या शक्तीवर चालणाऱ्या मोठ्या ट्रिप हॅमर किंवा पॉवर हॅमरचा वापर शक्य झाल्याने अधिक मोठ्या आकाराच्या लोखंडी भागाचे उत्पादन फोर्जिंगद्वारे करणे शक्य झाले. शतकानुशतके विकसित होऊन आता फोर्जिंग आधुनिक उद्योगाच्या मागण्या पूर्ण करण्यासाठी इंजिनिअर्ड प्रक्रिया, उत्पादन उपकरणे, साधने, कच्चा माल आणि उत्पादने यासह सज्ज झाले आहे.

आधुनिक काळात, औद्योगिक फोर्जिंग एकतर प्रेसच्या मदतीने किंवा कॉम्प्रेस्ड एअर, वीज, हायड्रोलिक किंवा वाफेद्वारे चालविल्या जाणाऱ्या हातोड्यांच्या मदतीने केले जाते. या हातोड्यांचे वजन हजारो किलोग्रॅममध्ये असू शकते. लहान पॉवर हॅमर्स, 230 किलो किंवा कमी वजनाचे असतात. हायड्रोलिक प्रेस आर्ट स्मिथीमध्ये सामान्यतः वापरले जातात.

फोर्जिंग तंत्राची कला इ.स.पू. 4000 आणि त्या आधीची आहे. मेसोपोटेमिया देशात गरम धातूचे फोर्जिंग सुरू झाले. तथापि, मानवांनी वापरलेला आणि आगीवर तापवून फोर्जिंग केलेला पहिला धातू म्हणजे सोने. धातूला आकार देण्यासाठी खडकाचा वापर फोर्जिंग हातोडा म्हणून केला जात असे. नंतर धातूचा वापर शस्त्रे तयार करण्यासाठी केला जाऊ लागला. औद्योगिक क्रांतीनंतर धातू तयार करण्यासाठी हायड्रोलिक आणि न्यूमॅटिक शक्तींचा वापर केला गेला. फोर्जिंगचे उपयोग ग्रॅमपासून मेट्रिक टन पर्यंत वजनाच्या घटकांसाठी केला जातो.

खालील उदाहरणे आपल्याला वेगवेगळ्या पद्धतीने बनवलेल्या फोर्जिंग उत्पादनांची कल्पना देऊ शकतील.



कनेक्टिंग रॉड



नाणे



मोटर केसिंग

फोर्जिंग ऑपरेशन एकतर **ड्रॉन - आऊट**: जेथे लांबी वाढविली जाते आणि क्रॉस सेक्शन कमी केला जातो, **अप-सेटिंग**: जेथे ड्रॉन - आऊटच्या उलट, क्रॉस सेक्शन वाढवले जाते आणि लांबी कमी केली जाते, बंद साच्यात स्क्रिझ करून इच्छित वेगवेगळ्या दिशांमध्ये मटेरीअल प्रवाही करून हवा तो पॅटर्न तयार केला जातो.

### 1.2.3 फोर्जिंगप्रक्रियेचे वर्गीकरण

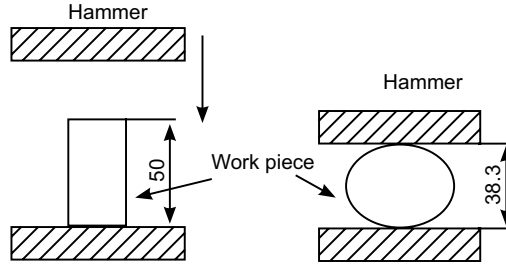
उद्योगांमध्ये सर्वात जास्त वापरल्या जाणाऱ्या फोर्जिंग प्रक्रिया खालीलप्रमाणे आहेत.

- ड्रॉप-हॅमर फोर्जिंग
- इम्प्रेशन-डाय ड्रॉप-हॅमर फोर्जिंग
- प्रेस फोर्जिंग
- ऑर्बिटल फोर्जिंग
- अप सेट फोर्जिंग
- स्वयंचलित हॉट फोर्जिंग
- रोल फोर्जिंग
- स्वॅगिंग
- नेट शेप फोर्जिंग.

उद्योगात सर्वात जास्त वापरली जाणारी फोर्जिंग पद्धत म्हणजे अप सेट फोर्जिंग, जी खाली स्पष्ट केली आहे.

अपसेट फोर्जिंगमध्ये लांबी कमी करून त्याचा व्यास वाढविला जातो. अनेक फास्टनरच्या उत्पादनात याचा वापर केला जात असल्यामुळे संख्यात्मक दृष्ट्या सर्व प्रकारच्या फोर्जिंग प्रक्रियांमध्ये ही सर्वात जास्त वापरली जाते. फोर्जिंग गरम आणि थंड दोन्ही

स्थितीत केले जाऊ शकते. फोर्जिंग मोशन आवश्यकतेनुसार आडवी किंवा उभी असू शकते. हे ऑपरेशन खालील आकृती 1.3 मध्ये दर्शविले आहे.



आकृती-1.3: अप सेट फोर्जिंग ऑपरेशन

हे ऑपरेशन उघड्या किंवा बंदिस्त साच्यामध्ये केले जाऊ शकते. हायड्रोलिक, न्यूमॅटिक किंवा यांत्रिक स्त्रोतांचा वापर वर्कपीस दाबण्यासाठी केला जातो. एकदा वर्कपीसला इच्छित आकार मिळाला की हातोडा पुढील ऑपरेशनसाठी लवकर परत घेतला जातो. अपसेट-फोर्जिंग अनेकदा बोल्ट हेड्स आणि इतर प्रकारचे फास्टर तयार करण्यासाठी आणि व्हॉल्व्ह, कपलिंग आणि इतर अनेक ऑटोमोटिव्ह घटकांना आकार देण्यासाठी वापरले जाते.

#### 1.2.4 फोर्जिंग प्रक्रियेचे फायदे आणि मर्यादा

##### फायदे

- साधारणपणे कास्टिंग पेक्षा अधिक कठीण असतात
- कास्टिंगपेक्षा चांगल्या प्रकारे आघात सहन करू शकतात
- फोर्जिंगमुळे मिळणारे टाइट ग्रेन स्ट्रक्चर त्याला मजबूत बनवतात. अधिक मजबूती मिळवण्यासाठी महागड्या मिश्र धातूचा वापर करण्याची आवश्यकता भासत नाही.
- उत्तम झीज अवरोध प्रदान करते
- कमी खर्चिक प्रक्रिया आहे.
- ऑपरेटरकडे कोणतेही विशेष कौशल्य असण्याची गरज नसते.
- या प्रक्रियेद्वारे विविध आकार तयार केले जाऊ शकतात.

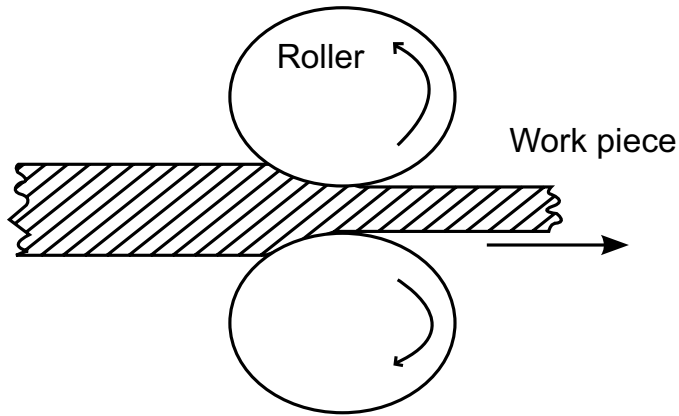
##### मर्यादा

- मोठ्या फोर्जिंग प्रेससाठी प्रारंभिक किंमत जास्त लागते.
- हॉट फोर्जिंगमध्ये फिनिशिंग प्रक्रिया आवश्यक असते.

- हे गुंतागुंतीचे आकार तयार करू शकत नाही.
- प्रेसच्या आकारामुळे फोर्जिंगच्या आकारावर मर्यादा येते.
- ठिसूळ धातूवर फोर्जिंग करता येत नाही.

### 1.2.5 रोलिंग ऑपरेशन

रोलद्वारे किंवा रोलच्या संचाद्वारे दाब देऊन जाडी कमी करण्यासाठी किंवा क्रॉस सेक्शन बदलण्यासाठी रोलिंग ऑपरेशनचा वापर केला जातो. आकृती 1.4 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे, थंड किंवा गरम स्वरूपात वर्कपीस विरुद्ध दिशेने फिरणाऱ्या दोन रोलर्स मधून पार केला जातो. रोलर्समधील अंतर उत्पादनाची जाडी ठरवते. रोलर्समधील अंतर कमी-जास्त करता येऊ शकते. रोलर मध्ये प्रवेश करताना मटेरीअलची जाडी रोलर मधील अंतरापेक्षा जास्त असते. रोलर्सचा पृष्ठभागाचा वेग रोलर गॅपमध्ये प्रवेश करणाऱ्या सामग्रीच्या वेगापेक्षा जास्त असतो, कॉन्टॅक्ट इंटरफेसमधील घर्षण सामग्रीला पुढे नेण्यासाठी मदत करते. रोलर्सच्या मध्ये गेल्यावर मटेरीअल दाबले जाते आणि क्रॉस-सेक्शनची घट होण्याची भरपाई करण्यासाठी लांबी वाढते. कधीकधी रोलर्सची क्लस्टर व्यवस्था रोलर डिझाइन व्यवस्थेवर आधारित छोट्या वर्क रोलला समर्थन देण्यासाठी बॅकअप रोलर्सचा वापर करते.



आकृती-1.4: रोलिंग ऑपरेशन

हॉट-रोलिंग प्रक्रियेत मटेरीअल त्याच्या रिक्रिस्टलायझेशन तापमाना पेक्षा जास्त तापमानावर फीड केले जाते. दाबण्याच्या ऑपरेशन मध्ये प्रवेश करण्यापूर्वी मटेरीअल एकसमान उच्च तापमानावर गरम केले पाहिजे. कोल्ड रोलिंगमध्ये इनपुट मटेरियल थेट रोलर्समध्ये फेड केले जाते. बहुतेक वेळा याचा वापर अत्यंत गुळगुळीत पृष्ठभाग फिनिश आणि अचूक मापाच्या शीट, स्ट्रिप, बार आणि रॉडच्या उत्पादनांची निर्मिती करण्यासाठी केला जातो.

या पद्धतीद्वारे अॅल्युमिनियम, झिंक आणि इतर प्रकारचे पत्ते तयार केले जातात. रूफिंग, पाईप्स, स्लॉट, चॅनेल तयार करण्यासाठी या प्रक्रियेचा वापर केला जाऊ शकतो. हॉट रोलिंग प्रक्रियेचा उपयोग ऑटोमोटिव्ह फ्रेम्स, फ्लोअर, रेल्वे ट्रॅक, गार्ड रेल, दरवाजे, बिल्डिंग मटेरियल्स साठी तर कोल्ड रोलिंग इंजिन कॅनोपी, कॉम्प्युटर कॅबिनेट, रेफ्रिजरेटरचे दरवाजे आणि केसिंग्स, ऑटोमोटिव्ह ब्रॅकेट्स, डोअर लॅच इत्यादीं बनवण्यासाठी केला जातो.

### 1.2.6 फायदे आणि मर्यादा

#### फायदे

- एकसमान मापाचे भाग बनवता येतात
- प्रक्रियेचे नियंत्रण सहज करता येते.
- कमी टॉलरन्स असणारे भाग बनवता येतात.
- रोलिंग मध्ये गतिमान उत्पादन घेता येते.

#### मर्यादा

- उपकरणांची सुरुवातीची किंमत खूप जास्त असते.
- मोठ्या प्रमाणात उत्पादनासाठीच उपयोगी आहे.
- कमी प्रतीचे पृष्ठभाग बनतात यामुळे पुन्हा फिनिशिंग ऑपरेशन करावे लागते.

### 1.2.7 एक्सट्रुजन प्रक्रिया

एक्सट्रुजन हे अत्यंत सामान्यपणे वापरले जाणारे एक ऑपरेशन आहे. जेथे धातूला दाब देऊन लहान परंतु एकसमान क्रॉस सेक्शन उत्पादन तयार करण्यासाठी योग्य डिझाइन केलेल्या साच्यामधून मधून प्रवाहित करण्यास भाग पाडले जाते. आकृती 1.5 मध्ये दर्शविलेली खालील उत्पादने सामान्यतः अनेक व्यवसायामध्ये आढळतात. खिडक्या, ग्रील, कॅबिनेट इत्यादींसाठी ॲल्युमिनियम रेल आजच्या जीवनात सामान्यतः आढळतात. जिलेबी आणि चकलीसारख्या खाद्य पदार्थांचे उत्पादन देखील एक्सट्रुजन प्रक्रियेचा एक भाग आहे.



आकृती-1.5: एक्सट्रुजन उत्पादने

एक्सट्रुजन प्रक्रिया समजून घेण्याचा सर्वात सोपा मार्ग म्हणजे टूथपेस्ट ट्यूबमधून दाबून टूथपेस्ट बाहेर येणे! एक्सट्रुजन गरम किंवा थंड स्थितीत केले जाऊ शकते. हॉट एक्सट्रुजनचा फायदा म्हणजे धातूला ढकलण्यासाठी आवश्यक शक्ती कमी प्रमाणात लागते.

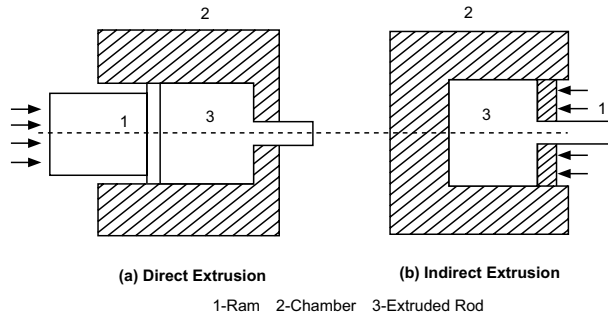
### 1.2.8 एक्स्ट्रुजन प्रक्रियेच्या पद्धती

एक्स्ट्रुजन प्रक्रियेच्या विविध पद्धती खाली स्पष्ट केल्या आहेत.

धातूच्या बाबतीत, एक सामान्य व्यवस्था म्हणजे बंदिस्त चेंबरमध्ये गरम बिलेट ठेवणे. जेव्हा रॅम एका टोकापासून पुढे जातो, तेव्हा बिलेट प्रथम दाबली जाते आणि बंदिस्त चेंबरच्या आकाराची बनते. जसजसा रॅम पुढे जात राहतो, तसतसा दबाव वाढत जातो मटेरीअल साच्यातून प्रवाही होते आणि इच्छित आकार बाहेर काढता येतो.

#### डायरेक्ट एक्स्ट्रुजन

या पद्धतीत, आकृती-1.6 मध्ये दाखवल्या प्रमाणे एक रॅम संपूर्ण बिलेटला साच्यापर्यंत घेऊन जातो आणि त्यातून बाहेर काढतो, रॅमच्या दुसऱ्या बाजूने तयार झालेले उत्पादन असते. पुढे सरकणाऱ्या बिलेटचा पृष्ठभाग आणि बंदिस्त चेंबर यांच्यातील घर्षणात्मक प्रतिकारावर मात करण्यासाठी अतिरिक्त शक्ती रॅमला प्रदान करावी लागते



आकृती-1.6: डायरेक्ट आणि इन्डायरेक्ट एक्स्ट्रुजन

#### इन्डायरेक्ट एक्स्ट्रुजन

यालाच रिव्हर्स, बॅकवर्ड किंवा इन्व्हर्टेड एक्स्ट्रुजन म्हणून देखील ओळखले जाते, जसे आकृती-1.6 मध्ये दर्शविले आहे, एक पोकळ रॅम स्थिर, बंदिस्त बिलेटमधून साच्याला ढकलतो. या पद्धतीत बिलेटचा पृष्ठभाग आणि बंदिस्त चेंबर यांच्यात सापेक्ष गती नाही, त्यामुळे बिलेट आणि चेंबरमधील घर्षण या पद्धतीत आढळून येत नाही. यामुळे यात शक्तीची आवश्यक कमी असते आणि जास्त लांबीची बिलेट आवश्यक शक्ती आणि कार्यक्षमतेची कोणतीही तडजोड न करता वापरले जाऊ शकतात.

#### हायड्रोस्टॅटिक एक्स्ट्रुजन

या प्रक्रियेत उच्च दाबाचा द्रव बिलेटला वेढतो आणि त्यावर दाब देऊन त्याला साच्यातून बाहेर येण्यास भाग पाडतो.

## कंटीन्युअस एक्स्ट्रुजन

पारंपारिक एक्स्ट्रुजन ही एक खंडित प्रक्रिया आहे. कंटीन्युअस एक्स्ट्रुजनमध्ये अशी काही व्यवस्था केलेली असते कि बिलेटपासून सतत उत्पादन मिळवता येते.

### 1.2.9 फायदे आणि तोटे

#### फायदे

- किमान प्रती भाग उत्पादन खर्च
- लवचिक प्रक्रिया
- हॉट एक्स्ट्रुजन प्रक्रियेत प्रक्रियेनंतर काही बदल करणे सोपे जाते कारण भाग अजूनही गरम अवस्थेत असतात.
- प्रक्रियेत सातत्य असते.
- अधिक प्रमाणात उत्पादन करता येते
- विविध प्रकारचा कच्चा माल वापरता येतो
- चांगले मिश्रण तयार होते
- चांगल्या प्रतीचा पृष्ठभाग तयार होतो
- कोल्ड एक्स्ट्रुजन मध्ये चांगले मेकॅनिकल गुणधर्म तयार होतात.

#### तोटे

- उत्पादनाच्या आकारातील तफावत
- एका वेळी एकाच प्रकारचे क्रॉससेक्शन तयार करता येत असल्यामुळे उत्पादनाला मर्यादा येतात.
- सुरुवातीचा खर्च जास्त आहे.

### 1.2.10 डीप ड्रॉइंग

आपल्या सर्वांना माहित आहे की, सर्व कारखान्यांमध्ये सामान्यतः शीटमेटलच्या मदतीने वृत्ताकार किंवा आयताकृती कंटेनर तयार केले जातात. जेव्हा उत्पादनाची खोली त्याच्या व्यासापेक्षा कमी असते तेव्हा प्रक्रिया शॅलो ड्रॉइंग मानली जाते. जर खोली व्यासापेक्षा जास्त असेल तर ती डीप ड्रॉइंग म्हणून ओळखली जाते.

### 1.2.11 पाईप बेंडिंग

या प्रक्रियेमध्ये नळ्या किंवा पाईप विशेष साधनांच्या मदतीने वाकविले जातात. हायड्रोलिक पॉवर किंवा मॅन्युअल पॉवर आणि खास डिझाइन केलेल्या जिगज आणि फिक्स्चर या प्रक्रियेसाठी वापरले जातात.



## मनोरंजक तथ्ये

एक्स्ट्रुजन प्रक्रिया स.न. 1797 मध्ये जोसेफ ब्रमाह यांनी त्याचे पेटंट घेतल्या पासून अस्तित्वात आहे.

मेणबत्ती बनवण्यासाठी देखील याचा वापर केला जातो.

स. न. 1820 मध्ये हायड्रोलिक प्रेसचा शोध लागेपर्यंत हे मुख्यतः मॅन्युअली केले जात होते.

प्रगत उपकरणे तयार करण्यासाठी प्लास्टिक आणि पॉलिमरचा वापर एक्स्ट्रुजनने केला जातो.

## व्हिडिओ संसाधने



## 1.3 मशीनिंग प्रक्रिया

मशीनिंगही चिप्सच्या (लहान तुकड्यांच्या) स्वरूपात वर्कपीसमधून नको असलेला भाग काढून टाकण्याची प्रक्रिया आहे. वर्कपीस धातूचा असेल तर या प्रक्रियेला मेटल कटिंग किंवा मेटल रिमुव्हल असे म्हणतात. अलीकडे बहुतेक सर्व लाकडी फर्निचर आणि लाकडाची कामे लाकूड कामासाठीच्या लेथ मशिनच्या साहाय्याने केली जातात. खालील चित्रांमध्ये टर्निंगचा वापर करून बनविलेली काही रोजच्या जीवनात आढळणारी उदाहरणे दर्शवली आहेत.

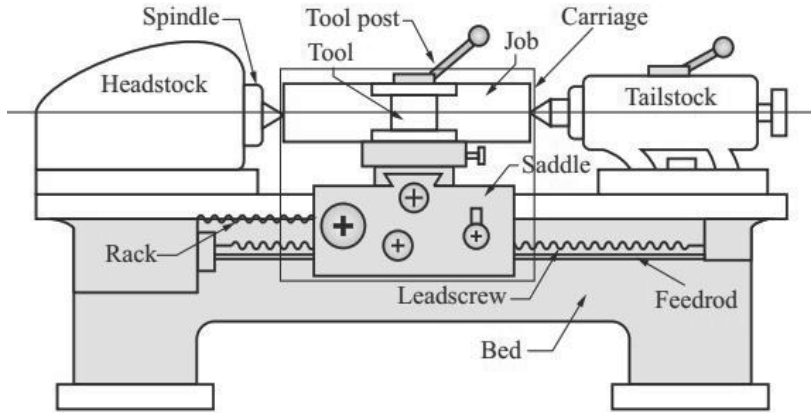


लाकडावर कोरीव काम करून बनविलेली उत्पादने आणि टर्निंग ऑपरेशन-स्पार्क प्लग

यंत्र सामग्रीचे बहुतेक भाग मशीनिंग ऑपरेशन्सद्वारे तयार केले जातात ! अनेक उद्योगांमध्ये आजही अनेक ऑपरेशन्ससाठी मशीनिंग हीच सर्वात जुनी उत्पादन पद्धत वापरली जाते. अशा सात मूलभूत मशीनिंग प्रक्रिया आहेत: टर्निंग, मिलिंग, ड्रिलिंग, सॉइंग, ब्रोचिंग, शेपिंग आणि ग्रायडिंग. या विषयात आपण खालील परिच्छेदां मध्ये काही महत्वाच्या ऑपरेशन्सची चर्चा करू.

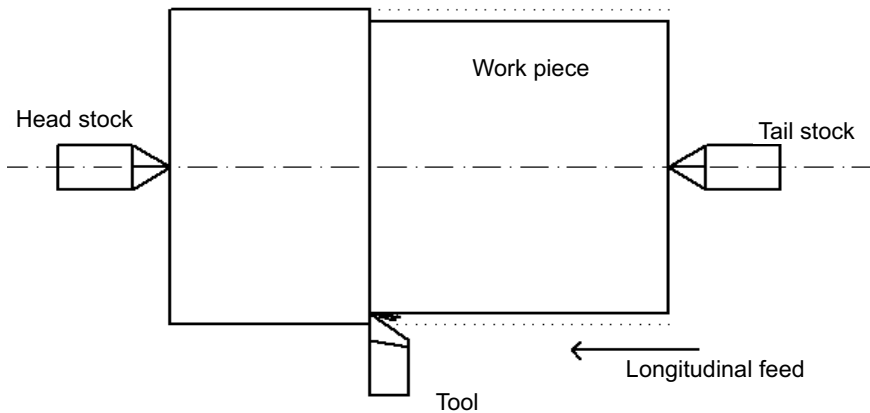
### 1.3.1 टर्निंग ऑपरेशन

टर्निंग ही एक मशीनिंग प्रक्रिया आहे जी दोन केंद्रां दरम्यान वर्कपीस फिरवून आणि वर्कपीस अक्षाशी समांतर सिंगल पॉइंट कटिंग टूल पार करून वृत्ताकार आणि शंकू आकाराचे पृष्ठ तयार करण्यासाठी वापरली जाते. आकृती 1.7 मध्ये लहान उद्योग आणि शैक्षणिक संस्थांमध्ये सहसा आढळणारे लेथमशीन दर्शविले आहे.



आकृती-1.7: लेथ मशीन (स्रोत: rgpvonline.com)

टर्निंग ऑपरेशन सिंगल पॉइंट कटिंग टूलच्या मदतीने लेथ मशीनवर केले जाते. कटिंग टूल फिरत्या वर्कपीस विरुद्ध फीड (ढकलले/घुसवले) केले जाते. प्रक्रियेचे तत्त्व आकृती 1.8 मध्ये दाखवले आहे, हेड स्टॉक आणि टेल स्टॉक म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या लेथ मशीनच्या दोन केंद्रांमध्ये हा वर्कपीस ठामपणे पकडला जातो. टूलला लांबीच्या आणि आडव्या दिशेने हालचाल करता येते तर वर्कपीसला योग्य गतीने फिरवले जाते. वर्कपीस वरील मटेरीअल चिप्सच्या स्वरूपात काढून टाकले जाते. तसेच, मटेरीअल योग्य प्रकारे कापण्यासाठी, टूलचे मटेरीअल वर्कपीसच्या मटेरीअलपेक्षा कठीण असणे आवश्यक आहे.



आकृती 1.8: टर्निंग प्रक्रिया



टर्निंग प्रक्रियेद्वारे टूलच्या हलचालीनुसार तीन वेगवेगळ्या प्रकारचे पृष्ठभाग तयार करता येतात.

**सिलिंड्रीकल सरफेस**—जेव्हा कटिंग टूल वर्कपीसच्या अक्षाशी समांतर सरकावले जाते तेव्हा सिलिंड्रीकल सरफेस मिळू शकतो. या ऑपरेशनला सिलिंड्रीकल किंवा स्ट्रेट टर्निंग असे म्हटले जाते.

**टेपर सरफेस**—जेव्हा कटिंग टूल वर्कपीसच्या फिरण्याच्या अक्षाच्या कोनात हलवले जाते तेव्हा टेपर सरफेस प्राप्त होतो. या ऑपरेशनला टेपर टर्निंग म्हणतात.

**प्लेन सरफेस** - जेव्हा कटिंग टूल वर्कपीसच्या अक्षाशी लंब दिशेने हलवले जाते तेव्हा वर्कपीसच्या एका टोकाला प्लेन सरफेस तयार होतो. हे केवळ हेडस्टॉकमध्ये वर्कपीस पकडून केले पाहिजे. या ऑपरेशनला फेसिंग असे म्हटले जाते.

### 1.3.2 लेथचे वर्गीकरण

वेगवेगळ्या कामासाठी उपयोगाला येण्यासाठी विविध प्रकारांमध्ये लेथचे डिझाईन केले जाते. यामुळे त्याचे विशिष्ट गटानुसार वर्गीकरण करणे अवघड आहे. तरीही संरचनेवर आणि कामावर आधारित खालीलप्रमाणे लेथचे वर्गीकरण करता येईल.

- इंजिन/सेंटर लेथ
- स्पीड लेथ
- बेंच लेथ
- टूल रूम लेथ
- प्रोडक्शन लेथ
- स्पेशल पर्पज लेथ
- आटोमॅटिक लेथ

### 1.3.3 टर्निंग ऑपरेशन्सशी संबंधित पारिभाषिक शब्द

**हेडस्टॉक** : यात पॉवर सोर्स, पॉवर ट्रान्समिशन, गिअर बॉक्स आणि स्पिंडल बसवलेले असतात. हे बेडच्या डाव्या बाजूस असते.

**टेलस्टॉक** : हे बेडच्या उजव्या बाजूस असते आणि यात टेलस्टॉक स्पिंडल बसवलेला असतो जो जास्त लांबीच्या जॉबला सेंटरच्या साह्याने पकडण्यासाठी मदत करतो.

**कॅरीज** : हा पृष्ठभाग तयार करण्यासाठीची लांबीच्या दिशेने टूलला आवश्यक हालचाल देण्याचे काम करतो.

**बेड** : हे मशीन टूलमध्ये असलेल्या सर्व घटकांसाठी सपोर्ट प्रदान करते. बेड सामान्यतः कास्ट आयर्न किंवा ज्यात मिश्र धातू म्हणून निकेल, क्रोमियम आणि मोलिब्डेनम चा समावेश आहे असे अलॉय कास्ट आयर्न वापरून बनवले जातात.

**कॉलम :** यावर बेड बसवलेला असतो.

**वर्क होल्डिंग ची साधने :** याचा उपयोग योग्य ठिकाणी आणि परिणामकारक रित्या जॉबला पकडून ठेवण्यासाठी केला जातो. उदा. चक, मँड्रेल, इत्यादी.

**लीड स्कू :** लीड स्कू थ्रेड कटिंग साठी वापरला जातो. त्याचा उपयोग फिरणाऱ्या अक्षाशी समांतर टूल चालवण्यासाठी सुद्धा केला जातो. बऱ्याचदा यासाठी स्वतंत्र फीड रॉड वापरला जातो.

**कटिंग स्पीड :** ही वर्कपीसच्या परीघाची गती प्रती एकक वेळेमध्ये असते.

$$V = \pi DN/1000 \text{ मी./मिनिट}$$

जेव्हा D = वर्कपीसचा व्यास, N = वर्कपीसची गती rpm मध्ये

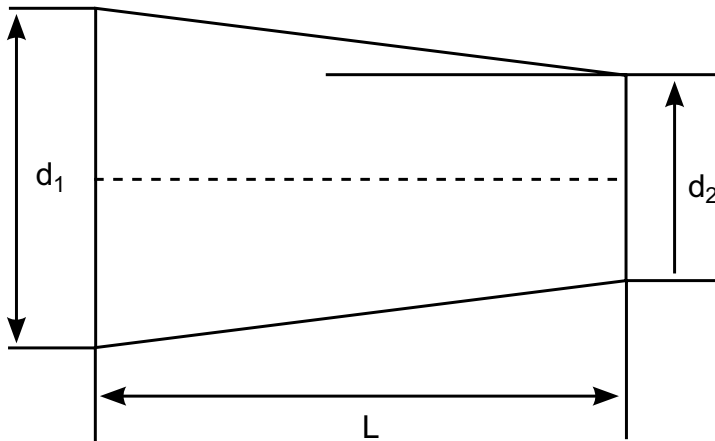
**फीड :** हे वर्कपीसच्या प्रत्येक रिव्होल्युशन मध्ये टूलने पार केलेले अंतर असते आणि ते मीमी/रिव्होल्युशन मध्ये मोजले जाते.

**डेप्ट ऑफ कट :** हे मुळ पृष्ठभागापासून मशीन्ड पृष्ठभागापर्यंतचे लंब अंतर असते.

$$t = [d_1 - d_2]/2 \text{ मिलीमीटर}$$

जेव्हा  $d_1$  = वर्कपीसचा मूळ व्यास,  $d_2$  = वर्कपीसचा अंतिम व्यास मिलीमीटरमध्ये

**कोनिसिटी :** ही टेपर टर्निंग संबंधी वापरली जाणारी संज्ञा आहे. ही व्यासातील फरकाशी लांबीच्या गुणोत्तरा एवढी असते.



जिथे  $d_1$  = मोठा व्यास,  $d_2$  = छोटा व्यास,  $L$  = टेपर भागाची लांबी,  $\alpha$  = सेमी टेपर अँगल (टेपरचा अर्धा कोन)

कोनिसिटी  $K$

$$K = [d_1 - d_2] / L$$

सेमी टेपर अँगल

$$\tan \alpha = [d_1 - d_2] / 2L \quad \text{डिग्रीमध्ये}$$

अशा पद्धतीने टेपर टर्निंग करण्यासाठी कम्पाउंड स्वीवेल किंवा ऑफसेट टेलस्टॉक पद्धतीचा वापर केला जातो.

**नर्लिंग ऑपरेशन :** डायमंड आकारासारख्या आकाराचा खडबडीत पृष्ठभाग सिलिंड्रीकल सरफेसवर नर्लिंग टूलच्या मदतीने उमटवण्याच्या प्रक्रियेला नर्लिंग ऑपरेशन म्हणतात.

**थ्रेड कटिंग ऑपरेशन :** आवश्यक पीचनुसार  $V$ -थ्रेड्स किंवा स्क्वेअर थ्रेड्स सिलिंड्रीकल सरफेसवर तयार करणे.

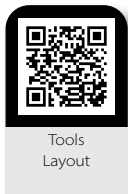
## मनोरंजक तथ्ये

आधुनिक लेथचे मूल 13 व्या किंवा 14 व्या शतकात प्राचीन ग्रीसपासून आहे. अर्थातच, ही एक अतिशय प्राथमिक लेथ होती, ज्यात फिरत्या रॉडसह वर्कबेंच शिवाय काहीही नव्हते. तथापि, यामुळे नवीन, अधिक आधुनिक लेथचा मार्ग मोकळा झाला. त्यापैकी बहुतेक लेथ अजूनही याच मूलभूत डिझाइनचा वापर करतात.

संपूर्ण औद्योगिक क्रांतीमध्ये, लेथ्सला "मशीन टूल्सची जननी" म्हणून ओळखले जाते कारण यामुळे इतर मशीन टूल्स तयार झाली. जर लेथ नसती तर कदाचित इतर मशीन टूल्सचा शोध लागला नसता.

औद्योगिक क्रांतीच्या काळात लेथ उत्पादक कंपन्यांमध्ये एक अमूल्य साधन बनली. तसेच, या कंपन्यांना इतर साधने तयार करण्यासाठी कल्पना दिल्या, म्हणूनच त्यांना "मशीन टूल्सची जननी" म्हटले गेले.

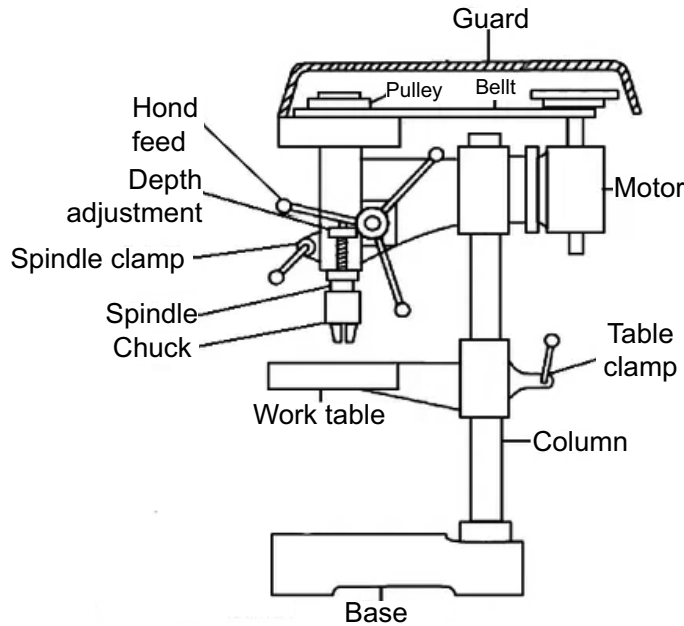
## व्हिडिओ संसाधने



### 1.3.4 ड्रिलिंग ऑपरेशन

ड्रिलिंग हे ड्रिल म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या फिरत्या कटरचा वापर करून छिद्रे तयार करण्यासाठी वापरले जाते. उद्योगात विविध प्रकारची ड्रिलिंग मशीन्स उपलब्ध आहेत. आकृती 1.9 मध्ये बेंच ड्रिलिंग मशीन दर्शविले आहे.

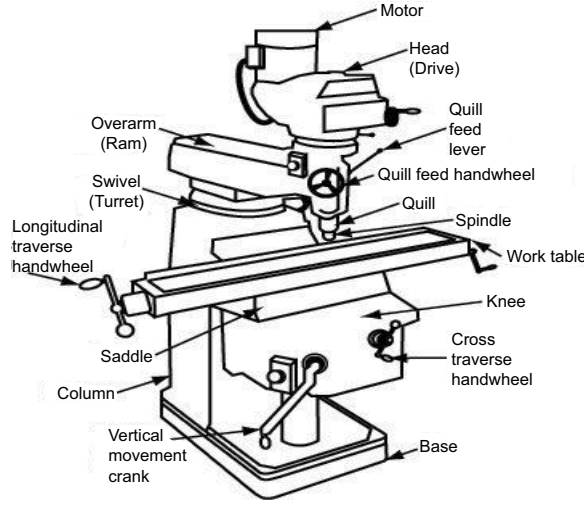
ड्रिलिंग ऑपरेशन करण्यासाठी, छिद्राची स्थिती वर्कपीसवर निश्चित केली जाते, जो योग्य फिक्स्चर वापरून टेबलवर बसविला जाते. योग्य ड्रिल बिट आणि कूलंट निवडले जातात. ड्रिल स्पिंडलमध्ये बसवली जाते. टूलहेडला आवश्यक स्थितीत हलवून वर्कपीसच्या वर आणले जाते. आवश्यक फीड आणि स्पीड ड्रिल हेडच्या ड्राइव्ह यंत्रणेवर सेट केला जातो. त्यानंतर मशीन सुरू करून वर्कपीसवर ड्रिलिंग केले जाऊ शकते.



आकृती-1.9: ड्रिलिंग मशीन (स्त्रोत: learnmechanical.com)

### 1.3.5 मिलिंग ऑपरेशन

या प्रक्रियेमध्ये मिलिंग कटर वापरून अनावश्यक धातू वर्कपीस मधून काढून टाकला जातो. बहुतेक गिअर टीथ आणि स्लॉट या मशीनने बनवले जातात. आकृती 1.10 मध्ये एक मिलिंग मशीन दर्शवली आहे. येथे वर्कपीस मशीन टेबलवर बसविला आहे. टेबल आडवा आणि उभा दोन्ही दिशेला सरकवू शकतो. मिलिंग कटर स्पिन्डलवर बसविला जातो. स्पिंडल मोटारद्वारे चालविला जातो. ज्याद्वारे कटर स्पिन्डलच्या अक्सिसभोवती फिरतो. डिझाइनच्या आधारे वर्कपीस कटरच्या विरुद्ध दिशेस हलविला जातो. अशा प्रकारच्या एक किंवा अधिक पास अपेक्षित खोली देतात. वर्कपीस थंड करण्यासाठी आणि ऑपरेशन प्रभावी करण्यासाठी अधूनमधून कूलंट पुरविले जाते.



आकृती-1.10: मिलिंग मशीन (स्त्रोत: in.pinterest.com)

## मनोरंजक तथ्ये

इ.स. 1700 च्या मध्यात फ्रेंच संशोधक जॅक्स डीवौकॅनसन यांनी रोटरी फाइलसाठी पेटंट दाखल केले. जे आधुनिक काळातील मिलिंग मशीन्सच्या ऑपरेशन सारखेच होते. काही दशकांनंतर सॅम्युएलरेहे यांनी एक फंक्शनल मिलिंग मशीन शोधून काढले. तेव्हापासून, मिलिंग मशीन्स उत्पादन उद्योगातील सर्वात जास्त वापरल्या जाणाऱ्या यंत्रांपैकी एक म्हणून उदयास आली आहे.

मिलिंग मशीनचे अनेक प्रकार असले, तरी त्यातील बहुतेक यंत्रांना आपापल्या कटिंगटूलच्या ॲक्सिसनुसार आडवे (हॉरिझॉन्टल) किंवा उभे (व्हर्टिकल) असे वर्गीकरण करता येते. व्हर्टिकल मिलिंग मशीन्सचे वैशिष्ट्य म्हणजे उभा ॲक्सिस, तर हॉरिझॉन्टल मिलिंग मशीन्सचे वैशिष्ट्य म्हणजे आडवा ॲक्सिस. व्हर्टिकल मिलिंग मशीनमध्ये कटिंग टूल उभे बसवले जाते. हॉरिझॉन्टल मिलिंग मशीन मध्ये कटिंग टूल आडवे बसवले जाते.

## व्हिडिओ संसाधने



## 1.4 जॉईनिंग प्रोसेसेस

या प्रक्रियेमध्ये एक किंवा अधिक भाग कायम स्वरूपी किंवा तात्पुरते एकत्र केले जातात. उद्योगात वापरल्या जाणाऱ्या साध्यांचे प्रकार खालीलप्रमाणे आहेत. जॉईनिंग ही महत्वाची प्रक्रिया आहे. कारण बहुतेक वेळा उत्पादनाचे लहान तुकडे बनवणे सोपे आणि

किफायतशीर असते. किचकट मोठे भाग बनविण्यासाठी लहान भाग एकत्र करणे/असेम्बल करणे आवश्यक असते. असेम्बली उत्पादन प्रक्रियेचा एक महत्वाचा अविभाज्य भाग आहे, ज्याद्वारे विविध गरजा पूर्ण करण्यासाठी विविध प्रकारच्या एकत्रीकरण प्रक्रिया विकसित केल्या गेल्या आहेत. उद्योगांमध्ये वापरल्या जात असलेल्या मूलभूत जॉइनिंग प्रक्रिया खालीलप्रमाणे आहेत

### 1. टेम्पररी जॉइंट्स :

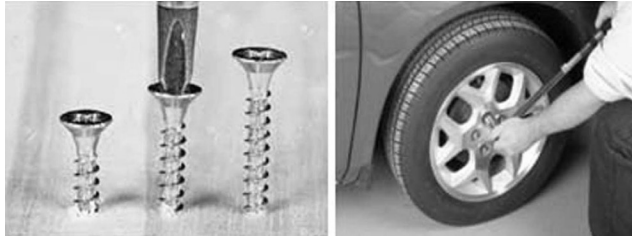
हे असे जॉइंट्स असतात जे दुरुस्ती किंवा बदलण्यासाठी अधूनमधून उघडले जातात. उदा. नट आणि बोल्ट जॉइंट्स, स्कूच्या साह्याने जोडलेले जॉइंट्स, धागे असलेले जॉइंट्स, लॅच आणि स्प्रिंग्सह जॉइंट्स.

### 2. परमनंट जॉइंट्स :

हे उत्पादनाच्या जीवनमानात कधीही उघडले जात नाहीत. उदा: रिव्हेटेड जॉइंट्स, वेल्डेड जॉइंट्स, ब्रेड्ड जॉइंट्स, चिकट पदार्थ वापरून बनलेले जॉइंट्स

#### 1.4.1 टेम्पररी जॉइंट्स

सामान्यतः या प्रकारच्या जॉइंट्सना मेकॅनिकल जॉइंट्स म्हणून संबोधले जाते. हे विशिष्ट असेंब्लीच्या आवश्यकतेनुसार डिझाइन केलेल्या विविध तंत्रज्ञानानुसार आणि फास्टरसह बनवले जातात. हे फास्टर इंटिग्रेटेड फास्टर किंवा थ्रेडेड डिसक्रीट फास्टर जसे की स्कू, बोल्ट, स्टड आणि नॉन थ्रेड डिसक्रीट फास्टर जसे की इन्सर्ट, रिव्हेट्स, पिन्स, रिटेनिंग रिंग्स, खिळे, स्टेपल आणि वायर टाके यांसारखे फास्टर समाविष्ट आहेत. खालील चित्रामध्ये टेम्पररी जॉइंट्सची काही उदाहरणे दर्शविली आहेत.



विशिष्ट फास्टर किंवा फास्टनिंग पद्धतीची निवड प्रामुख्याने जोडण्यासाठीचे मटेरीअल, जोडाची क्षमता, जोडाचे कार्य, आणि विश्वासाहतेची गरज, वजनमर्यादा, भागांचे मोजमाप आणि वातावरणाची परिस्थिती यावर अवलंबून असते. खर्च, सुलभता, अस्थायीत्व इत्यादींचा सुद्धा विचार केला जातो. सहज असेंब्ली आणि डिसेंब्ली करण्यासाठी थ्रेडेड फास्टर, स्नॅप फिट्स किंवा इतर फास्टर जे लवकर आणि सहजपणे काढता येतात ते वापरले पाहिजेत. मेकॅनिकल जॉइंट्सची क्षमता इंटरलॉकिंग किंवा क्लॅम्पिंग फोर्सवर अवलंबून असते. अशा प्रकारचे जॉइंट्स ऑटोमोबाईल, मॅन्युफॅक्चरिंग, एरोस्पेस, मरीन आणि बहुतेक उपकरणांमध्ये वापरले जातात.

#### 1.4.2 परमनंट जॉइंट्स

हे जॉइंट्स कायमस्वरूपी असतात आणि ते बनवताना उष्णता आणि पृष्ठभाग स्वच्छ करण्याची आवश्यकता असते. या प्रकारात रिव्हेटिंग, सोल्डरिंग, ब्रेडिंग, वेल्डिंग आणि अधेजीव्ह बॉन्डिंगचा समावेश आहे. सर्वात सामान्यतः वेल्डिंगचा वापर कायमस्वरूपी



जॉइंट्स तयार करण्यासाठी केला जातो. परंतु काही प्रकरणांमध्ये जेथे वेल्डिंग ही सर्वोत्तम निवड नसते, वेल्डिंगचा वापर करणे शक्य नसते, मटेरीअल वेल्ड होऊ शकत नसतील, वेल्डिंग करणे खूप खर्चिक असते किंवा जोडण्यासाठी दोन वेगळे धातू किंवा अतिशय पातळ (कमी जाडीचा) भाग असेल अशा वेळी कमी तापमानाच्या जॉइनिंग पद्धतींना प्राधान्य दिले जाऊ शकते. या मध्ये ब्रेझिंग, सोल्डरिंग, अधेजीव्ह बॉन्डिंग यांचा समावेश आहे. खालील चित्रांमध्ये परमनंट जॉइंट्स प्रक्रिया वापरलेली उत्पादने दाखवली आहेत. आपण खालील परिच्छेदांमध्ये या विषयांवर चर्चा करू या.



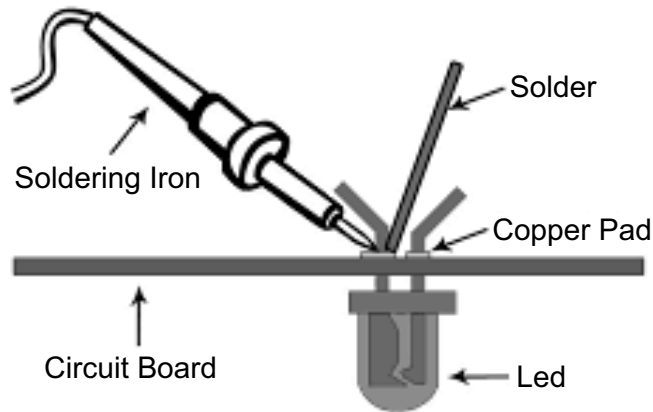
एरोस्पेसमध्ये रिवेटेड जॉइंट्सचा वापर



वेल्डेड जॉइंट्स

## सोल्डरिंग

सोल्डर आणि फ्लक्सच्या मदतीने उष्णता देऊन दोन किंवा अधिक तुकडे जोडण्याची ही प्रक्रिया आहे. यामध्ये तापमान सहसा  $450^{\circ}$  सेंटीग्रेड पेक्षा कमी असते. सोल्डरिंग पॉईटवर धातूचे ऑक्सीडेशन रोखण्यासाठी फ्लक्सचा वापर केला जातो. सामान्यपणे वापरले जाणारे फ्लक्स म्हणजे झिंक क्लोराइड, अमोनियम क्लोराइड, हायड्रोक्लोरिक आम्ल, बोरॅक्स इ. सोल्डरिंग ऑपरेशन खाली आकृती 1.11 मध्ये दर्शविले आहे.



आकृती-1.11: सोल्डरिंग

सोल्डरिंग खालील प्रमाणे केले जाऊ शकते

- सोल्डर होण्यासाठी धातूचा पृष्ठभाग स्वच्छ करणे
- सोल्डरिंग गन पुरेशी गरम करणे
- गनची टीप फ्लक्समध्ये बुडवून सोल्डरवर घासणे.
- वितळलेले सोल्डर जोडावर लावणे
- अशा प्रकारे प्रक्रिया पूर्ण केली जाते.

सोल्डरिंग किफायतशीर आहे, सोपे आहे, कमी तापमानामुळे आकारात फारसा फरक पडत नाही. संगणक, टीव्ही आणि इतर इलेक्ट्रॉनिक वस्तूंमध्ये पीसीबी सोल्डर करण्यासाठी ही प्रक्रिया वापरली जाते.

## ब्रेझिंग

ब्रेझिंग देखील सोल्डरिंग ऑपरेशन सारखेच आहे, फक्त याच्या तापमानाचा फरक आहे. हे  $450^{\circ}$  सेंटीग्रेड तापमाना पेक्षा जास्त तापमानावर केले जाते. या प्रक्रियेत स्पेल्टर आणि फ्लक्स वापरले जातात. स्पेल्टर हे एक हार्ड फिलर मटेरियल असून, बोरॅक्स, राख इत्यादी स्वरूपात असू शकते. याचे जोड सोल्डरिंगच्या तुलनेत अधिक मजबूत असतात. याचा वापर टाकी, रेडिएटर यामध्ये जोडांसाठी केला जातो.

ब्रेझिंग ऑपरेशन खालीलप्रमाणे केले जाते.

- ब्रेझिंगसाठीच्या भागांचे पृष्ठभाग स्वच्छ करा.
- पृष्ठभागावर फ्लक्स लावा
- ब्रेझ केल्या जाणाऱ्या भागांना क्लॅम्प करा
- ब्रेझ करण्याचा भाग ब्लो टॉर्चने गरम करा
- वितळलेल्या स्पेल्टरला जोडा मध्ये प्रवाही होऊ द्यावे
- आता याला हळू हळू थंड होऊ द्या.

## वेल्डिंग

उष्णता आणि दाब यासह किंवा त्या शिवाय दोन समान किंवा विसंगत धातू जोडण्यासाठी वापरली जाणारी ही प्रक्रिया आहे. हे लक्षात घेणे महत्वाचे आहे की, सर्व जॉयनिंग मेथड प्रत्येक अभियांत्रिकी भागांना जोडण्यासाठी उपयोगी असतीलच असे नाही. वेल्डबिलिटी किंवा जॉइनबिलिटी म्हणजे एखाद्या पदार्थाच्या वेल्डिंग किंवा जॉइनिंग होण्याच्या क्षमतेचे विश्वासाह मोजमाप, परंतु ते निकष प्रत्यक्षात बऱ्यापैकी निरुपयोगी आहेत. एक प्रक्रिया दिलेल्या मटेरीअलवर लागू केल्यावर उत्कृष्ट परिणाम होऊ शकतात तर

दुसरी निराशाजनक अपयश निर्माण करू शकते. दिलेल्या प्रक्रियेत, परिणामांची गुणवत्ता इलेक्ट्रोड, शिल्डींग गॅस, वेल्डिंग करण्याचा वेग आणि कूलिंग रेट यासारख्या प्रक्रियेच्या मापदंडांमध्ये फरक पडल्याने मोठ्या प्रमाणात बदलू शकते. अनुरूपतेच्या आधारे प्रक्रिया आणि सामग्री विशिष्ट जॉयनिंग प्रक्रियेसाठी निवडली जातात.

वेल्डिंगचे वर्गीकरण खालीलप्रमाणे करता येईल.

1. **ऑक्सी फ्युएल गॅस वेल्डिंग**
  - ऑक्सि ऍसिटिलीन वेल्डिंग (OAW)
  - प्रेशर गॅस वेल्डिंग (PGW)
2. **आर्क वेल्डिंग (AW)**
  - शिल्डेड मेटल आर्क वेल्डिंग (SMAW)
  - गॅस मेटल आर्क वेल्डिंग (GMAW)
  - पल्सड आर्क (GMAW-P)
  - गॅस टंगस्टन आर्क वेल्डिंग (GTAW)
  - फ्लक्स-कोअर्ड आर्क वेल्डिंग (FCAW)
  - सबमर्जड आर्क वेल्डिंग (SAW)
  - प्लाझ्मा आर्क वेल्डिंग (PAW)
  - स्टड वेल्डिंग(SW)
3. **रेझिस्टन्स वेल्डिंग(RW)**
  - रेझिस्टन्स स्पॉट वेल्डिंग (RSW)
  - रेझिस्टन्स सीम वेल्डिंग (RSW)
  - प्रोजेक्शन वेल्डिंग (RPW)
4. **सॉलिड-स्टेट वेल्डिंग (SSW)**
  - फोर्ज वेल्डिंग (FOW)
  - कोल्ड वेल्डिंग (CW)
  - फ्रिक्शन वेल्डिंग (FRW)
  - अल्ट्रासोनिक वेल्डिंग (USW)
  - एक्स्प्लोजन वेल्डिंग (EXW)
  - रोल वेल्डिंग (ROW)

## 5. स्पेशल पर्पज वेल्डिंग

- थर्मिट वेल्डिंग (TW)
- लेझर-बीम वेल्डिंग (LBW)
- इलेक्ट्रो-स्लॅग वेल्डिंग (ESW)
- फ्लॅश वेल्डिंग (FW)
- इंडक्शन वेल्डिंग (IW)
- इलेक्ट्रॉन-बीम वेल्डिंग (EBW)

पुनरावृत्ती टाळण्यासाठी अभ्यासक्रमानुसार यापैकी आर्क आणि गॅस वेल्डिंग प्रक्रियेवर युनिट-5 मध्ये चर्चा केली जाईल.

## अधेजीव्ह जॉयनिंग

अधेजीव्ह बॉण्डिंग प्रक्रियेमध्ये जोडण्यासाठीच्या दोन पृष्ठभागां दरम्यान, ज्यांना आधेअरंड असे म्हणतात, अधेजीव्ह (चिकट पदार्थ) ठेवला जातो. आदर्श अधेजीव्ह बॉण्डिंग प्रक्रियेमध्ये, पृष्ठभागावर कोणतीही प्रक्रिया करण्याची आवश्यकता नसते, त्याचे क्यूरिंग (बॉण्ड पक्का होण्याची प्रक्रिया) वेगाने होते आणि सर्व परिस्थितीत उच्च मजबुती राहते. अधेजीव्ह म्हणून सिमेंट, गोंद, वनस्पतीमधील द्रव किंवा रासायनिक पेस्टचा वापर केला जाऊ शकतो. सेंद्रिय आणि अजैविक असे दोन्ही प्रकारचे नैसर्गिक अधेजीव्ह उपलब्ध असले तरी सहसा धातू जोडण्यासाठी कृत्रिम सेंद्रिय पॉलिमरचा वापर अधेजीव्ह म्हणून केला जातो.

अधेजीव्हच्या वापराची सुरुवात आणि विकास प्लायवूड जॉइनिंग ऑपरेशन्स सारख्या उपयोगातून झाला. ऑटोमोटिव्ह, एरोस्पेस, बांधकाम, पॅकेजिंग, फर्निचर, उपकरणे, इलेक्ट्रॉनिक्स, बुक बाइंडिंग, प्रॉडक्ट असेंब्ली आणि अगदी वैद्यकीय आणि दंतवैद्यक यांसारख्या क्षेत्रांमध्ये अधेजीव्हचे उपयोग सापडतात. शिवाय, अधेजीव्हमध्ये इतक्या विविध प्रकारच्या पदार्थांना जोडण्याची क्षमता असल्यामुळे प्लास्टिक आणि कॉम्पोजीटच्या सतत वाढत्या उपयोगामुळे अधेजीव्हचा वापर लक्षणीय रित्या वाढला आहे.

## मनोरंजक तथ्ये

स्कू सर्वप्रथम प्राचीन ग्रीकांच्या काळात यंत्र सामग्रीत दिसला. सर्वप्रथम ऑलिव्ह प्रेस आणि द्राक्षांची प्रेस यामध्ये स्कू वापरले गेले. मध्ययुगातही याचा वापर मुद्रणालय आणि पेपर प्रेसमध्ये करण्यात आला. स्कूच्या वापरामुळे कमीत कमी प्रयत्नांनी दाबल्या जाणाऱ्या वस्तूवर जबरदस्त शक्ती वापरण्यास मदत होते.

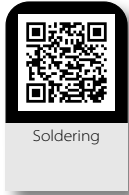
मेसोपोटेमियामध्ये 5000 वर्षांपूर्वी सोल्डरिंगचा वापर करण्यात आला होता, असे पुरावे आहेत. सोल्डरिंग आणि ब्रेझिंगचा उगम धातू - कामाच्या इतिहासात अगदी पूर्वी बहुधा इ.स.पू. 4000 च्या आधी झाला असावा असे मानले जाते. इ.स.पू. 3000 मधील सुमेरियन तलवारी हार्ड सोल्डरिंगचा वापर करून बनवल्या गेल्या.

अन्स्टॅ सॅक्सने (जर्मनी) उद्योगासाठी पहिले इलेक्ट्रिक सोल्डरिंग आयर्न विकसित केल्याचा दावा केला आहे आणि ईआरएसएने 200 वॅटच्या इलेक्ट्रिक सोल्डरिंग आयर्नचे व्यावसायिक उत्पादन सुरू केले.

लोहयुगात इजिप्शियन आणि पूर्व भूमध्य समुद्री भागातील लोक लोखंडाचे तुकडे वेल्डिंग करायला शिकले. अंदाजे इ.स.पू.1000 मध्ये बनवलेली अनेक साधने सापडली आहेत. मध्य युगात लोहारीची कला विकसित झाली आणि लोखंडाच्या अनेक वस्तू तयार केल्या गेल्या ज्या हातोडा मारून वेल्डिंग केल्या गेल्या.

स.न. 1881 मध्ये फ्रेंच शास्त्रज्ञ ऑगस्टे डी मेरिटेन्स यांनी आर्कमधून निर्माण होणाऱ्या उष्णतेचा वापर करून शिशाच्या प्लेट्स वितळवण्यात यश मिळवले. नंतर रशियन शास्त्रज्ञ निकोलाई एन. बेनार्डोस आणि त्यांचे देशबांधव स्टॅनिस्लास ओल्सझेवस्की यांनी ते पुढे विकसित केले.

## व्हिडिओ संसाधने



## 1.5 ऍडव्हान्स्ड मॅन्युफॅक्चरिंग/नॉन ट्रॅडीशनल (अपारंपरिक) मशीनिंग

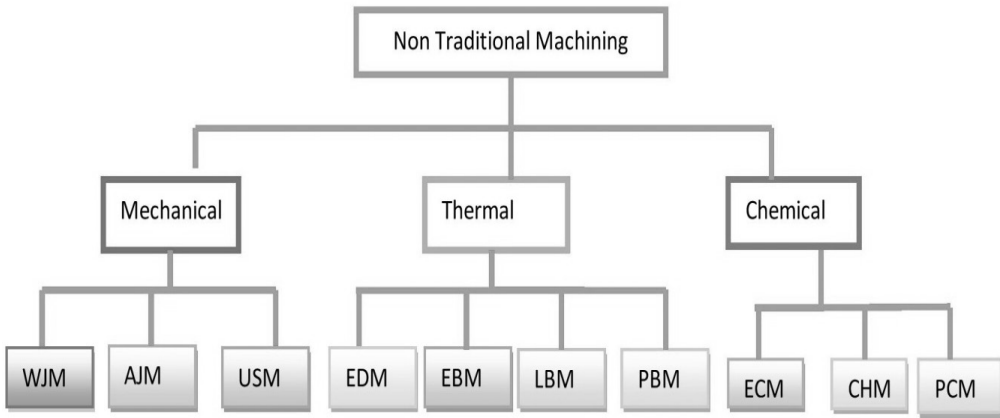
आपल्या सर्वांना माहित आहे की उत्पादन प्रक्रिया दोन प्रकारची आहे. एक पारंपारिक मशीनिंग प्रक्रिया ज्यामध्ये लेथ, ड्रिलिंग, मिलिंग, शेपिंग आणि इतर मशीनचा समावेश होतो. दुसरे म्हणजे अपारंपरिक उत्पादन प्रक्रिया (नॉन ट्रॅडीशनल मशीनिंग) ज्याला ऍडव्हान्स्ड मॅन्युफॅक्चरिंग प्रक्रिया म्हणूनही ओळखले जाते. यांत्रिक, औष्णिक, विद्युत किंवा रासायनिक ऊर्जा किंवा यापैकी एकाहून अधिक ऊर्जेचा वापर करून विविध तंत्रांद्वारे परंतु पारंपारिक उत्पादन प्रक्रियेसाठी आवश्यक तीक्ष्ण कटिंग टूलचा वापर न करता अतिरिक्त मटेरीअल काढून टाकणाऱ्या प्रक्रिया म्हणून याची व्याख्या केली जाते.

जेव्हा पारंपारिक मशीनिंग प्रक्रिया व्यवहार्य नसतात, काही विशेष कारणांमुळे समाधानकारक किंवा किफायतशीर नसतात अशा वेळी नॉन ट्रॅडीशनल (अपारंपरिक) मशीनिंगचा वापर केला जातो.

पारंपारिक मशीनिंग बहुतेक मटेरीअल पेक्षा कठीण असलेल्या टूलचा वापर करून मटेरीअल काढून टाकण्यावर आधारित आहे. उद्योग- व्यवसायातील बदलते कामाचे स्वरूप, मटेरीअल आणि यंत्रांमध्ये झालेली प्रगती यामुळे नवीन मटेरीअल आणि प्रक्रिया तयार करण्यासाठी नवीन आव्हाने निर्माण झाली आहेत. नवीन आणि नाविन्यपूर्ण मटेरीअलच्या मोठ्या प्रमाणात सुधारित रासायनिक, यांत्रिक आणि औष्णिक गुणधर्मांमुळे कधीकधी पारंपारिक मशीनिंग प्रक्रियेचा वापर करून मशीनिंग करणे अशक्य असते. पारंपारिक मशीनिंगपद्धती अनेकदा सिरॅमिक आणि कॉम्पोजीट सारख्या कठीण मटेरीअलची मशीनिंग करण्यात किंवा मायक्रोमशीनिंग सारख्या

अत्यंत कमी टॉलरन्सची आवश्यकता असेल अशा ठिकाणी मशीनिंग करण्यात कुचकामी ठरतात. नॉन ट्रॅडीशनल (अपारंपरिक) मशीनिंग नवीन आणि कठीण मटेरीअलसाठी आशेचा किरण बनले आहे. या प्रक्रियांचे वर्गीकरण यांत्रिक (मेकॅनिकल), औष्णिक (थर्मल) आणि रासायनिक (केमिकल) प्रक्रिया म्हणून तीन शीर्षकांखाली केले जाते.

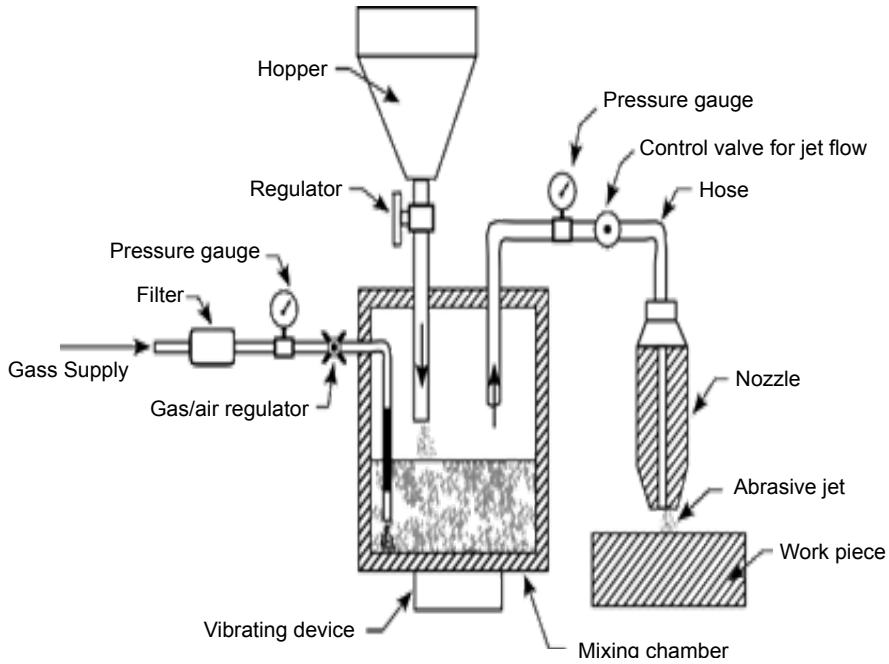
मेकॅनिकल मशीनिंगमध्ये वॉटर जेट मशीनिंग (WJM), अब्रेसिव्ह जेट मशीनिंग (AJM) आणि अल्ट्रासोनिक मशीनिंग (USM) या प्रक्रिया आहेत. थर्मल प्रकारात इलेक्ट्रॉन डिस्चार्ज मशीनिंग (EDM), इलेक्ट्रॉन बीम मशीनिंग (EBM), लेझर बीम मशीनिंग (LBM), प्लाझ्मा बीम मशीनिंग (PBM) या प्रक्रिया आहेत. केमिकल प्रक्रियामध्ये इलेक्ट्रोकेमिकल मशीनिंग (ECM), केमिकल मशीनिंग (CHM) या प्रक्रिया आहेत.



प्रत्येक प्रकारच्या प्रक्रियेपैकी एक प्रक्रिया खाली स्पष्ट केली आहे.

### 1.5.1 अब्रेसिव्ह जेट मशीनिंग

अब्रेसिव्ह वॉटर जेट कटिंग ही वॉटर जेट मशीनिंगची विस्तारित आवृत्ती आहे; येथे वॉटरजेटसह सिलिकॉन कार्बाइड किंवा अॅल्युमिनियम ऑक्साइड सारखे अब्रेसिव्ह कण असतात. जेणेकरून वॉटरजेट मशीनिंगच्या तुलनेत मटेरीअल काढून टाकण्याचे प्रमाण (MRR मटेरीअल रिमूव्हल रेट) वाढेल. काचे सारख्या कठीण ठिसूळ पदार्थांपासून ते फोम आणि रबरसारख्या अत्यंत मऊ पदार्थांपर्यंत विविध प्रकारच्या पदार्थांना अब्रेसिव्ह वॉटर जेट कटिंगद्वारे कापले जाऊ शकते. अरुंद कटिंग स्ट्रीम आणि संगणकाद्वारे नियंत्रित हालचाल या प्रक्रियेला अचूक आणि कार्यक्षमतेने भाग तयार करण्यास सक्षम करते. ही मशीनिंग प्रक्रिया विशेषतः लेझर किंवा थर्मल कटद्वारे कापता न येणारे मटेरीअल कापण्यासाठी आदर्श आहे. विविध जाडीचे धातू, अधातू आणि प्रगत कॉम्पोजीट या प्रक्रियेद्वारे कापले जाऊ शकतात. ही प्रक्रिया विशेषतः उष्णतेसाठी संवेदनशील मटेरीअलसाठी योग्य आहे कारण मशीनिंग करताना उष्णता निर्माण करणाऱ्या प्रक्रियेद्वारे त्यांचे मशीनिंग केले जाऊ शकत नाही. अब्रेसिव्ह वॉटर जेट कटिंगची रचना आकृती 1.12 मध्ये दर्शविली गेली आहे.



आकृती-1.12: अब्रेसिव्ह जेट मशीनिंग

चेंबरमध्ये पाणी आणि अब्रेसिव्ह स्लरी असते; नियंत्रित दाब आणि पूर्वनिर्धारित उंचीवर अब्रेसिव्ह स्लरी कण वर्कपीस वरील पृष्ठभागाचे कण काढून टाकण्यासाठी थोड्या थोड्या वेळाने आदळतात.

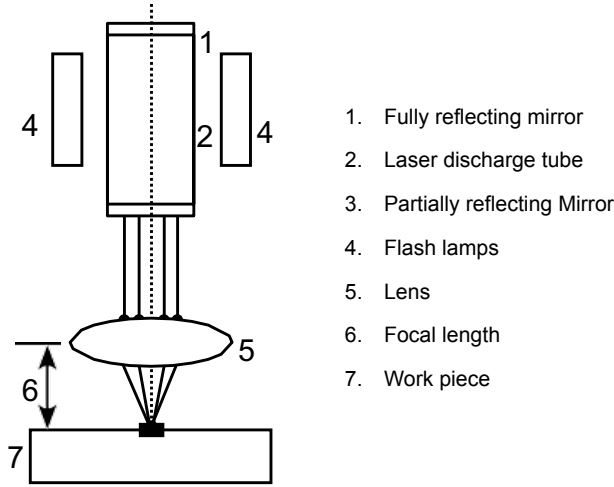
एअरोस्पेस, ऑटोमोटिव्ह आणि इलेक्ट्रॉनिक्स उद्योगांमध्ये अब्रेसिव्ह जेट मशीनिंगचा वापर केला जातो. एरोस्पेस उद्योगांमध्ये लष्करी विमानांसाठी टिटॅनियम बॉडीज, इंजिनचे भाग, अॅल्युमिनियम बॉडी पार्ट्स आणि इंटिरिअर केबिनचे भाग हे अब्रेसिव्ह वॉटर जेट मशीनिंगचा वापर करून बनवले जातात. ऑटोमोटिव्ह उद्योगांमध्ये इंटिरिअर ट्रिम आणि फायबर ग्लासबॉडी कंपोनेंट आणि बंपर याचा वापर करून बनवले जातात. त्याचप्रमाणे इलेक्ट्रॉनिक्स उद्योगांमध्ये सर्किट बोर्ड आणि केबल स्ट्रिपिंग हे अब्रेसिव्ह जेट मशीनिंगद्वारे केले जातात.

### 1.5.2 लेझरबीम मशीनिंग

लेझर-बीममशीनिंग (LBM) ही थर्मल प्रक्रियेपैकी एक आहे, जिथे उच्च-ऊर्जा असणाऱ्या, कोहरंट प्रकाश किरण धातू आणि अधातू वर्कपीसच्या पृष्ठभागावरील कण वितळण्यासाठी आणि बाष्पीभवन करण्यासाठी वापरले जातात. बहुतेक वेळा लेझरचा वापर कापण्यासाठी, ड्रिलिंग, वेल्डिंग आणि मार्किंगसाठी केला जातो. शीटवर अचूक छिद्रे तयार करण्यासाठी LBM अधिक उपयोगी आहे.

आकृती 1.5.2 मध्ये लेझर किरण तयार करणे दर्शविले आहे; येथे फ्लॅश लॅम्पच्यामध्ये लेझर डिस्चार्ज ट्यूब बसविली आहे. जेव्हा फ्लॅश लॅम्पला वीज पुरविली जाते तेव्हा लेझर किरण डिस्चार्ज ट्यूबमधून उत्सर्जित होऊ लागतात. डिस्चार्ज ट्यूबवर वरच्या

बाजूला 100% परावर्तनीय आरसा बसविला जातो, जो त्यावर येणारे किरण खाली परावर्तीत करतो जे खालच्या बाजूस असणाऱ्या अंशतः परावर्तनीय आरशातून उत्सर्जित करतो. ही उच्च ऊर्जा असलेली किरणे वर्कपीसच्या जवळ असणाऱ्या लेन्समधून पार केली जातात. फोकल लेन्स कमी-अधिक करून प्रकाशाची आवश्यक तीव्रता मिळवता येते. हाय फ्रिक्वेन्सीचे मोनोक्रोमॅटिक प्रकाशाची किरणे वर्कपीसवर पडल्याने आणि फोटॉनच्या आघातामुळे मटेरीअल गरम होऊन वितळते आणि विघटित होते. जेव्हा किरणे वर्कपीसवरील एकाच बिंदूवर पडतात तेव्हा तेथील भाग इरोड होऊन नष्ट होतो आणि छिद्र तयार होते. हे ऑपरेशन खूप क्षणीक असते.



आकृती-1.13: लेझर बीम मशीनिंग



LBM वर्कपीसवर कोणताही विपरीत परिणाम न करता दुर्दम्य धातू, सिरॅमिक आणि कॉम्पोझीट मध्ये 0.005 मिमी इतकी लहान अचूक छिद्रे बनवू शकते. या प्रक्रियेचा वापर धातू आणि अधातूचे ड्रिलिंग आणि कटिंगसाठी मोठ्या प्रमाणात केला जातो. इलेक्ट्रॉनिक आणि ऑटोमोटिव्ह उद्योगांमध्ये लेझर बीम मशीनिंगचा मोठ्या प्रमाणात वापर केला जात आहे.

### फायदे

- लेझर बीमचा वापर सर्व प्रकारचे मटेरीअल कापण्यासाठी केला जातो.
- वेगवेगळ्या प्रकारच्या लेझरचा वापर वेगवेगळा असतो.
- हे उच्च अचूकता प्रदान करते.
- लेझर मशीनची देखभाल खर्च तुलनेने कमी आहे.

### तोटे

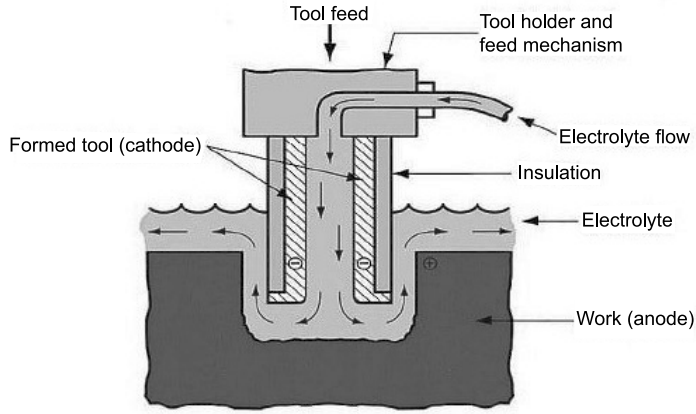
- उच्च प्रारंभिक किंमत.
- लेझर बीम मशीनची देखभाल करण्यासाठी कुशल कामगारांची आवश्यकता असते.



- अधिक प्रमाणात उत्पादनासाठी योग्य नाही.
- अधिक ऊर्जा वापरली जाते.

### 1.5.3 इलेक्ट्रो-केमिकल मशीनिंग

ही एक रासायनिक प्रक्रिया आहे, इलेक्ट्रो-केमिकल मशीनिंग (ECM) ही रिव्हर्स इलेक्ट्रो-प्लेटिंगच्या तत्वावर आधारित धातू काढून टाकण्याची प्रक्रिया आहे. या प्रक्रियेत कण अॅनॉडिक वर्कपीस पासून कॅथोडिक टूलकडे जातात. इलेक्ट्रो लाइट द्रवाचा प्रवाह मशीनिंग टूलपर्यंत पोहोचण्याची संधी मिळण्यापूर्वीच वर्कपीसचे निघालेले कण वाहून नेतो. आकृती 1.5.3 इलेक्ट्रो केमिकल मशीनिंग ऑपरेशनची रचना दर्शवितो.



आकृती- 1.14: इलेक्ट्रो केमिकल मशीनिंग (स्त्रोत: machinemfg.com)

पंपाचा वापर करून सिस्टमला इलेक्ट्रो लाइट पुरवले जाते. पंप आणि सिस्टमच्या मध्ये एक फिल्टर ठेवला जातो जो सिस्टमपर्यंत पोहोचण्यापूर्वी इलेक्ट्रोलाइट फिल्टर करण्यासाठी वापरला जातो. फिल्टर आणि फ्लो रेग्युलेटरमधून गेल्यानंतर इलेक्ट्रोलाइट वर्कपीस आणि टूल यांच्यातील जागेत पोहोचते. इलेक्ट्रो लाइट अॅनोड आणि कॅथोड यांच्यातील अंतरापर्यंत पोहोचताच अॅनोड आणि कॅथोड यांच्यात विद्युत संपर्क प्रस्थापित होतो. विद्युत संपर्क प्रस्थापित झाल्यानंतर वर्कपीसमधून टूलच्या दिशेने धन आयन वाहू लागतात आणि ऋण आयन टूल मधून वर्कपीसकडे वाहू लागतात. जेव्हा वर्कपीस मधून धन आयन टूलच्या दिशेने वाहतात, तेव्हा इलेक्ट्रोलाइट धन आयनांना त्याच्याबरोबर वाहून नेते आणि त्याला टूलपर्यंत पोहोचण्यापासून थांबवते. अशा प्रकारे वर्कपीसमधील धन आयन विरघळतात आणि इलेक्ट्रोलाइटद्वारे वाहून नेले जातात आणि टूलमधून येणाऱ्या ऋण आयनांच्या आघाताच्या शक्तीमुळे मटेरिअल काढून टाकण्यास सुरुवात होते. या प्रक्रियेत वापरल्या जाणाऱ्या टूलची प्रतिकृतीच्या आकाराची पोकळी वर्कपीसमध्ये निर्माण होईपर्यंत प्रक्रिया चालू ठेवली जाते.

### फायदे

- वर्कपीसमध्ये मेकॅनिकल किंवा थर्मल स्ट्रेस तयार होत नाही.
- ECM प्रक्रियेमध्ये टूलची झीज होत नाही.

- तणाव (स्ट्रेस) नसल्यामुळे नाजूक भाग सहजपणे मशीन केले जाऊ शकतात.
- उच्च दर्जाचा पृष्ठभाग (25  $\mu\text{m}$  पर्यंतचा सरफेस फिनिश) ECM प्रक्रियेद्वारे मिळवता येतो.
- उच्च मजबुती असणारे, किचकट भौमितीय आकार, खासकरून एअरोस्पेस उद्योगासाठी, टर्बाइन ब्लेडच्या अधिक प्रमाणावर उत्पादन करण्यासाठी, जेट इंजिनचे भाग, नोझल इत्यादी वारंवार आणि अचूकपणे बनविण्यासाठी या प्रक्रीयेचा वापर केला जाऊ शकतो.

### मर्यादा

- इलेक्ट्रोलाईटच्या अणुकुचीदार भागांना लवकर विरघळवण्याच्या गुणधर्मामुळे ECM धारदार कोने किंवा फ्लॅट तळ असणारे भाग बनविण्यासाठी योग्य नाही.
- ECM हे विशिष्ठ उपयोगासाठीच वापरण्या योग्य आहे.

### मनोरंजक तथ्ये

टूलची झीज, किचकट पृष्ठभाग, कमी दर्जाचे पृष्ठभाग इत्यादी पारंपारिक मशीनिंगचे अनेक तोटे आणि मर्यादा आहेत. पारंपारिक मशीनिंग प्रक्रियावर वर्कपीसच्या कठोरतेमुळे (हार्डनेस) मर्यादा येतात. कठीण पृष्ठभाग मशीनिंगसाठी पारंपारिक मशीनिंगमध्ये कठीण टूल आवश्यक आहे. हे कधी कधी किफायतशीर नसते आणि कधीकधी उपलब्ध देखील नसते. पारंपारिक मशीनिंगच्या या मर्यादा अपारंपरिक मशीनिंग प्रक्रियेद्वारे काढून टाकल्या जाऊ शकतात. या मशीनिंग प्रक्रियेत लेझर, केमिकल, इलेक्ट्रॉन, हायड्रोलिक ऊर्जा इत्यादी इतर काही अपारंपरिक ऊर्जा स्रोतांचा वापर केला जातो.

ऊर्जेचे उपयुक्त स्रोत म्हणून पाणी, वाफ आणि नंतर वीजेचा वापर सुरू झाल्यामुळे विजेवर चालणाऱ्या मशीन टूल्सची निर्मिती झाली, ज्यामुळे त्यांनी अनेक ठिकाणी हाताने चालविल्या जाणाऱ्या साधनांची झपाट्याने जागा घेतली. या प्रगतीच्या आधारे आणि मिश्रधातूच्या अत्याधुनिक विकासाबरोबर कटिंग टूल मटेरियल्स म्हणून अठराव्या आणि एकोणिसाव्या शतकात एक नवीन मशीन टूल उद्योग उदयास आला. या नवीन उद्योगात एक मोठे योगदान 1774 मध्ये जॉन विल्किन्सन यांचे आहे.

औद्योगिक क्रांती आणि नवीन मटेरीअल मधील प्रगतीमुळे अभियंत्यांना अंतराळ, एरोस्पेस, संरक्षण आणि ऑटोमोटिव्ह क्षेत्राला सामोरे जाण्यासाठी नवीन मशीनिंग प्रक्रियेचा शोध लावण्याची नवीन आव्हाने निर्माण झाली आहेत.

### व्हिडिओ संसाधने



### युनिट सारांश

- कास्टिंग ही सामान्यपणे वापरली जाणारी उत्पादन प्रक्रिया आहे ज्यात द्रवपदार्थ पूर्व डिझाइन केलेल्या साच्यात ओतले जातात, ज्यात हव्या असणाऱ्या आकाराची पोकळी असते आणि नंतर त्याला दृढ/घनरूप (सॉलिडीफाय) होऊ दिले जाते. दृढ झालेला भाग कास्टिंग म्हणून ओळखला जातो, जो प्रक्रिया पूर्ण झाल्यावर साच्यातून बाहेर काढला जातो.
- बहुतांश किचकट भाग कास्टिंग प्रक्रियेचा वापर करून तयार केले जातात.
- फॉर्मिंग किंवा मेटल फॉर्मिंग ही एक अशी उत्पादन प्रक्रिया आहे ज्यात बलाचा वापर करून आकार बदलला जातो. मटेरीअलचा आकार हा कायम स्वरूपी बदलला जातो पण यात मटेरीअल वाढवले किंवा कमी केले जात नाही आणि त्याचे वस्तुमान बदलत नाही.
- मशिनिंग ही अशी प्रक्रिया आहे ज्यात मटेरीअल हव्या असलेल्या आकारात नियंत्रित पद्धतीने कापले जाते. नियंत्रित पद्धतीने मटेरीअल काढून टाकण्याच्या प्रक्रियेला सबट्रॅक्टिव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग म्हणून ओळखले जाते, जे की ऍडिटिव्ह मॅन्युफॅक्चरिंगच्या अगदी उलट आहे.
- दोन किंवा अधिक भाग आवश्यकते प्रमाणे जोडून आवश्यक उत्पादन तयार करण्यासाठी जॉयनिंग प्रक्रिया ओळखल्या जातात. बरेचसे मटेरीअल जोडण्यासाठी मुख्यतः फास्टनिंग, सोल्डरींग ब्रेझिंग किंवा वेल्डिंग यांचा वापर केला जातो.
- ऍडव्हान्स्ड मॅन्युफॅक्चरिंगमध्ये सुधारित उत्पादन किंवा प्रक्रियासाठी संशोधनात्मक तंत्रज्ञानाचा वापर केला जातो. ऍडव्हान्स्ड मॅन्युफॅक्चरिंग उद्योगामध्ये उपभोक्ता आणि समाजाच्या गरजा भागवण्यासाठी संशोधनात्मक तंत्रज्ञानाचा वापर उत्पादन किंवा प्रक्रियासाठी केला जातो.

### स्वाध्याय

#### सरावासाठी प्रश्न

अनु.क्र.	प्रश्न	CO	BL	PO	PI Code
1	कास्टिंग म्हणजे काय? कास्टिंग ही एक महत्त्वाची पद्धत का आहे यावर चर्चा करा.	1	L1	1	1.4.1
2	कास्टिंग च्या उपयोगावर टिपण्णी करा.	1	L1	1	1.4.1
3	कास्टिंग ऑपरेशनचे फायदे आणि मर्यादा यावर चर्चा करा.	1	L1	1	1.4.1
4	फॉर्मिंग प्रक्रिया म्हणजे काय? फॉर्मिंग प्रक्रियेचे वर्गीकरण करा.	1	L1	1	1.4.1
5	हॉट फॉर्मिंग प्रक्रियेची निवड कोल्ड फॉर्मिंगच्या ऐवजी केव्हा केली जाते?	1	L1	1	1.4.1

अनु.क्र.	प्रश्न	CO	BL	PO	PI Code
6	खाद्य पदार्थ उद्योगात वापरल्या जाणाऱ्या फोर्मिंग प्रक्रिया उदाहरणासह सूचीबद्ध करा.	1	L1	1	1.4.1
7	मशीनिंग ऑपरेशन्स कधी निवडायचे, त्यावर भाष्य करा.	1	L1	1	1.4.1
8	प्राचीन मंदिर बांधणीसाहित्य कोरण्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या वेगवेगळ्या प्रक्रिया काय आहेत.	1	L1	1	1.4.1
9	टेपर टर्निंगचा संदर्भ घेऊन टर्निंग प्रक्रियेचे वर्णन करा.	1	L1	1	1.4.1
10	सामान्यपणे वापरल्या जाणाऱ्या वेगवेगळ्या जॉइनिंग प्रक्रिया कोणत्या आहेत ?	1	L1	1	1.4.1
11	पारंपारिक मशीनिंगपेक्षा अपारंपरिक (नॉन ट्रॅडीशनल) मशीनिंगच्या गरजेवर भाष्य करा.	1	L1	1	1.4.1
12	अब्रेसिव्ह जेट मशीनिंग आणि त्याचे उपयोग यावर चर्चा करा.	1	L1	1	1.4.1

### वस्तुनिष्ठ प्रश्न

अनु. क्र.	प्रश्न	उत्तर	CO	BL	PO	PI Code*
1	कास्टिंग, वेल्डिंग, ब्रेझिंग आणि सोल्डरिंग च्या प्रक्रियेत धातूसाठी खालीलपैकी कोणता गुणधर्म सर्वात आवश्यक आहे? (a) फ्युजीबिलिटी (b) मॅलेबिलिटी (c) टेनेसिटी (d) प्लास्टिसिटी	a	1	L1	1	1.4.1
2	लेथ बेड ..... पासून बनलेला असतो. (a) हाय स्पीड स्टील (b) हाय कार्बन स्टील (c) माईल्ड स्टील (d) कास्ट आयर्न	d	1	L1	1	1.4.1
3	खालीलपैकी कोणत्या प्रकारच्या कास्टिंग मध्ये मोजमापाच्या दृष्टीकोनातून चांगली गुणवत्ता मिळवता येते? (a) सेंट्रीफ्युगल कास्टिंग (b) इन्व्हेस्टमेंट कास्टिंग (c) शेल कास्टिंग (d) डाय कास्टिंग.	d	1	L1	1	1.4.1
4	खालीलपैकी परमनंट जॉइंट (कायम सांधा) साठी काय वापरले जाते? (a) नट आणि बोल्ट (b) रिबेट (c) लॉक नट्स (d) स्क्रू	b	1	L1	1	1.4.1

अनु. क्र.	प्रश्न	उत्तर	CO	BL	PO	PI Code*
5	नॉन ट्रॅडीशनल मशिनिंग ला ..... असे देखील म्हणता येईल. (a) काँटॅक्ट मशिनिंग (b) नॉन-काँटॅक्ट मशिनिंग (c) पार्श्ल काँटॅक्ट मशिनिंग (d) हाफ काँटॅक्ट मशिनिंग	b	1	L1	1	1.4.1

\* परफॉर्मन्स इंडिकेटर कोड AICTE परीक्षा सुधारणा दस्तऐवजातून संदर्भित केला आहे

### अधिक जाणून घ्या

- शिक्षकांना विविध उत्पादन उद्योगा व्यतिरिक्त इतर उद्योगांमध्ये जसे की खाद्य उद्योग, दागिने बनविण्याचा उद्योग, इत्यादीमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या विविध प्रकारच्या कास्टिंग प्रक्रियांची माहिती असायला हवी.
- फॉर्मिंगसाठी वापरले जाणारे विविध टूल आणि त्यांचे उपयोग, फॉर्मिंग प्रक्रियेमधील गणना (कॅल्क्युलेशन्स).
- टूलचा भौमितीय आकार आणि फीड, डेपथ ऑफ कट, टेपर टर्निंग बाबतच्या गणना (कॅल्क्युलेशन्स).
- सर्व नॉन-ट्रॅडीशनल मशिनिंग प्रक्रियांचा अभ्यास आणि त्यांचे महत्व/औचित्य.

### प्रमुख पॉवर टूल्स कॅटलॉग



### संदर्भ आणि अधिक वाचनासाठी

1. DeGarmo's Materials and Processes in Manufacturing, Eleventh Edition, John Wiley & Sons, Inc. by J T. Black and Ronald A. Kohser
2. Workshop/Manufacturing procees by B.L.Juneja, Cengage publications
3. NPTEL course on "Fundamentals of Manufacturing Processes" by Dr. D. K. Dwivedi, Department of Mechanical & Industrial Engineering, Indian Institute of Technology, Roorkee.

# 2

## CNC मशीनिंग, ॲडीटीव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग, फिटिंग ऑपरेशन्स आणि पॉवर टूल्स

### युनिट वैशिष्ट्ये

या युनिटमध्ये CNC मशीन व कार्य, ॲडिटिव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग, फिटिंग टूल्स, जॉइनिंग प्रोसेस व आधुनिक उत्पादन पद्धती विषयांची चर्चा विस्ताराने केली आहे. औद्योगिक जगतात वापरात येणारे या विषयांचे उपयोग तसेच विद्यार्थ्यांमध्ये कुतूहल आणि सर्जनशीलता निर्माण करण्याच्या उद्देशाने व्हिडीओ लिंक्स QR Code च्या माध्यमातून जागोजागी संदर्भित केले आहेत

### भूमिका

मानवाच्या जीवनशैलीत कालानुरूप जसजशी प्रगती होत गेली, तसतशी नवनवीन आणि जटील भौतिक पदार्थांची गरज निर्माण होत गेली. ग्राहकांची दर्जेदार उत्पादनाची गरज, उच्चतम अचूकता, आर्थिक दृष्ट्या व्यवहार्य, अत्याधुनिक, प्रभावी आणि कार्यक्षम उत्पादन या आणि अशा अनेक गरजा, वाढीव मागणीसह मर्यादित कालावधीत पूर्ण करण्यासाठी प्रगत यंत्रांचा शोध लागतो आहे. कॉम्प्युटर न्यूमेरिकल कंट्रोल (CNC) मशीन हे एक अशाच प्रकारचे अत्याधुनिक यंत्र आहे. उत्क्रांतीच्या या टप्प्यावर CNC मशीन्स आता स्वयंचलित पॉवरहाऊसमध्ये विकसित झाल्या आहेत. CNC मशीन्सनी आपली सुरुवात पंच टेप नियंत्रित पद्धतीने चालणारी साधी उपकरणे म्हणजेच NC मशीन्स म्हणून केली, पण आता ही सॉफ्टवेअरवर चालतात. आधुनिक CNC यंत्रे सॉफ्टवेअर इनपुटवर अवलंबून असतात आणि त्यांच्या मूळ समकक्षांपेक्षा म्हणजेच NC मशीन्सपेक्षा खूप वेगवान आणि प्रचंड गतिमान असतात. मध्यम आणि मोठे आधुनिक उद्योग ऑपरेशन्ससाठी CNC मशीन्सवर मोठ्या प्रमाणात अवलंबून आहेत. मशीनिंग ही निगमन (सबट्रॅक्टिव्ह) प्रक्रिया आहे, जिथे आवश्यक रूपबंध आणि आकार मिळविण्यासाठी पदार्थातून अनावश्यक भाग तुकड्यातून काढून टाकला जातो, या उलट थरावर थर जोडून उत्पादन मिळविण्याचे उपलब्ध असलेले नवीन तंत्र म्हणजे ॲडीटीव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग होय. उपलब्ध संसाधनांचा सुयोग्य वापर करून कार्यशाळेत प्रोटोटाइप पार्ट्स बनवून मूलभूत असेंब्ली ऑपरेशन्स शिकता येतात. फिटिंग ऑपरेशन्स शिकताना उत्पादनासाठीचे अपेक्षित असलेले वेगवेगळे आकार मिळविण्यासाठी हाताने वापरायची साधने आणि पॉवर टूल्स यांचा वापर कसा करावा हे शिकता येते. या युनिट मधील हे विषय शिकाऊ विद्यार्थ्यांना वेगवेगळ्या उत्पादन आणि असेंब्ली ऑपरेशन्स समजून घेण्यास आणि दर्शविण्यास मदत करतात.

### आवश्यक पूर्वज्ञान

- ड्रॉइंग
- मटेरियलची माहिती स्टील, लाकूड, प्लास्टिक व काच
- सुरक्षा उपकरणे
- यंत्र सामग्री

## युनिट आऊटकम्स

हा पाठ शिकल्यानंतर विद्यार्थी:

U 2-O1: CNC मशीनमधील वेगवेगळ्या गती ओळखू शकतील

U2-O2: समन्वय प्रणालींमध्ये फरक करू शकतील.

U2-O3: ॲडीटीव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग प्रक्रियेचे वर्गीकरण करू शकतील

U2-O4: फिटिंग ऑपरेशन्सचे प्रात्यक्षिक दाखवू शकतील

U2-O5: वेगवेगळ्या वीज साधनांचा वापर करता येईल.

कोर्स आऊटकम्ससह युनिट आऊटकम्सचे मॅपिंग.

युनिट 2 आऊटकम्स	कोर्स आऊटकम्ससह अपेक्षित मॅपिंग (1- किमान परस्परसंबंध; 2- मध्यम परस्परसंबंध; 3- घनिष्ठ परस्परसंबंध)				
	CO -1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5
U2-O1		1			
U2-O2		1			
U2-O3		1			
U2-O4		2			
U2-O5		1			

## 2.1 CNC मशीनिंग

### परिचय

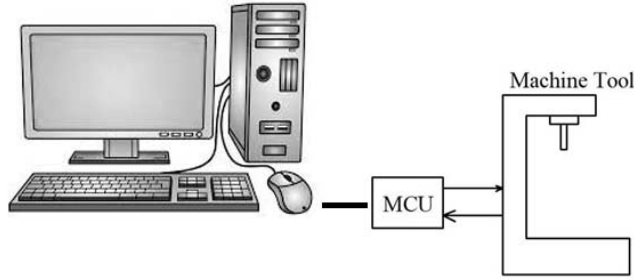
यंत्रसामुग्रीच्या ऑटोमेशन सोबतच न्यूमेरिकल कंट्रोलचा (NC) इतिहास सुरू झाला. याची सुरुवात प्रोग्रामेबल लॉजिक कंट्रोलसच्या अमूर्त संकल्पनांचा समावेश करून झाली आणि कॉम्प्युटर न्यूमेरिकल कंट्रोल (CNC) मधील तंत्रज्ञानाच्या उत्क्रांतीसह आजही ती चालू आहे. आपण जाणतो की 1940 आणि 1950 च्या दशकात पहिल्या NC मशीनचे निर्माण झाले, जी विद्यमान साधनांवर आधारित होती जी मोटर्सने सुधारित केली होती. जी पंच केलेल्या टेपवर आधारित प्रणालीनुसार अनुसरण करण्यासाठी वापरली गेली. या सुरुवातीच्या सर्वो मेकॅनिझमनी ॲनालॉग आणि डिजिटल संगणकाच्या माध्यमातून झपाट्याने प्रगती साधत आधुनिक CNC मशीन साधने तयार झाली, ज्यामुळे मशीनिंग प्रक्रियेत अमुलाग्र क्रांती झाली आहे.

1970 च्या दशकाच्या सुरुवातीला संगणकांच्या आगमनामुळे नवीन औद्योगिक क्रांती झाली, अनेक उद्योगांमध्ये आणि व्यवसायात संगणकांच्या वापराचे चांगले परिणाम दिसू लागले. शास्त्रज्ञ आणि अभियंत्यांनी उत्पादन क्रियासाठी संगणकांचा वापर

करण्यास सुरवात केली. कमालीची अचूकता आणि क्लोज टॉलरन्स आणि गुंतागुंतीचे द्विमितीय आणि त्रिमितीय आकार उत्तम कार्यक्षमतेसह तयार होऊ लागले. पारंपरिक मशिनद्वारे असे आकार तयार करणे केवळ अशक्य होतं किंवा अव्यवहार्य होते. अशा प्रकारे CNC मशीननी औद्योगिक जगतावर आपला प्रभाव कायम राखला आहे. CNC मशीन्सही NC मशीन्सची नवी आवृत्ती आहेत, जी 1950 ते 1970 या कालावधीत सुपरिचित होते. इनपुटसाठी ते कार्ड रीडर, टेप्स वापरत. CNC मशीन ॲक्सिस, संख्या, चिन्हे इत्यादी स्वरूपात दिल्या जाणाऱ्या सांकेतिक सूचनांवरील काम करतात. सूचनांच्या आधारे टूल चेंजर साधन बदलेल आणि पुढील ऑपरेशन प्रक्रियेसाठी त्वरित तयार होईल.

### 2.1.1 CNC मशीनिंगचे तत्त्व

CNC मशीनमध्ये तीन घटक असतात. आकृती 2.1 CNC मशीन ब्लॉक आकृती दर्शविते. हे भाग म्हणजे कॉम्प्युटर इनपुट डिव्हाइस, मशीन कंट्रोल युनिट (MCU) आणि मशीन टूल.



आकृती-2.1: CNC मशीन ब्लॉक आकृती

#### इनपुट डिव्हाइस :

हे CNC मशीनमध्ये पार्ट प्रोग्राम इनपुट करण्यासाठी वापरले जातात. पार्ट प्रोग्राम हा मशीन टूलच्या कृती, हालचालीसाठी आवश्यक असलेली मुळाक्षरे, संख्या आणि चिन्हांनी बनलेला सूचनांचा संच आहे. पार्ट प्रोग्राम मानव किंवा कम्प्युटर एडेड पार्ट प्रोग्रामद्वारे तयार केला जाऊ शकतो. जी व्यक्ती असे पार्ट प्रोग्राम तयार करते त्या व्यक्तीला प्रोग्रामर म्हणून ओळखले जाते, हा प्रोग्रामर सांकेतिक सूचना तयार करण्यात तज्ञ असतो. सामान्यतः वापरली जाणारी इनपुट डिव्हाइस म्हणजे पंच टेप रीडर, मॅग्नेटिक टेप रीडर आणि आरएस-232-सी कम्युनिकेशनप्रणालीद्वारे संगणकाला जोडलेले असते .

#### मशीन कंट्रोल युनिट (MCU) :

- हे CNC मशीनचे हृदय आहे. हे CNC मशीनच्या सर्व कृती नियंत्रित करते, MCU द्वारे केली जाणारी कार्ये :
- हे फीड केलेल्या सांकेतिक सूचना वाचते.
- हे सांकेतिक सूचनांचा अर्थ लावते.



- हे इंटरपोलेशनद्वारे (रेषीय, वर्तुळाकार आणि हेलिकल) ॲक्सिस गती कमांड कार्यान्वित करते.
- हे ॲक्सिस यंत्रणा चालविण्यासाठी ॲक्सिस गती कमांडला ॲम्प्लिफायर सर्किटला जोडते.
- हे प्रत्येक ड्राइव्ह ॲक्सिसची सद्यस्थिती आणि वेगाचे संकेत प्राप्त करते.
- हे कुलंट किंवा स्पिन्डलऑन/ऑफ आणि टूल चेंजसारख्या सहाय्यक नियंत्रण कार्यांची अंमलबजावणी करते.

### मशीन टूल :

CNC मशीन टूल लेथ मशीन, ड्रिलिंग, मिलिंग मशीनच्या स्वरूपात असू शकते. CNC मशीन टूलमध्ये नेहमी स्थिती व वेग नियंत्रित करण्यासाठी स्लाइड टेबल आणि स्पिन्डल असते. मशीनटेबल एक्स आणि वाय ॲक्सिस दिशेने नियंत्रित केले जाते आणि स्पिन्डल झेड ॲक्सिस दिशेने नियंत्रित केले जाते.

### ड्रायव्हिंग सिस्टीम :

CNC मशीनच्या ड्रायव्हिंग सिस्टिममध्ये ॲम्प्लिफायर सर्किट, ड्राइव्ह मोटर्स आणि बॉल लीड स्कू असतात. MCU प्रत्येक ॲक्सिसची स्थिती आणि वेग यासारख्या सिग्नल्सना ॲम्प्लिफायर सर्किटला जोडते. यानंतर कंट्रोल सिग्नल्स ड्राइव्ह मोटर ॲक्टिव्हेट करण्यासाठी वापरले जातात. आणि नंतर ॲक्च्युएटेड ड्राइव्ह मोटर्स बॉल लीड स्कू फिरवून मशीन टेबलची पोजिशन ठरवतात.

### फीडबॅक सिस्टम :

या प्रणाली मध्ये ट्रान्सड्यूसर असतात जे सेन्सर म्हणून कार्य करतात. त्याला मापन प्रणाली असेही म्हणतात. यात स्थिती आणि वेग मोजणारे ट्रान्सड्यूसर असतात जे कायम कटिंग टूलच्या स्थिती आणि वेगावर सतत लक्ष ठेवतात. MCUला या ट्रान्सड्यूसरकडून संकेत मिळतात आणि ते स्थिती आणि वेग त्रुटी सुधारण्यासाठी रेफरन्स सिग्नल आणि फीडबॅक सिग्नल यामधील फरक याचा वापर करून कंट्रोल सिग्नल तयार करते

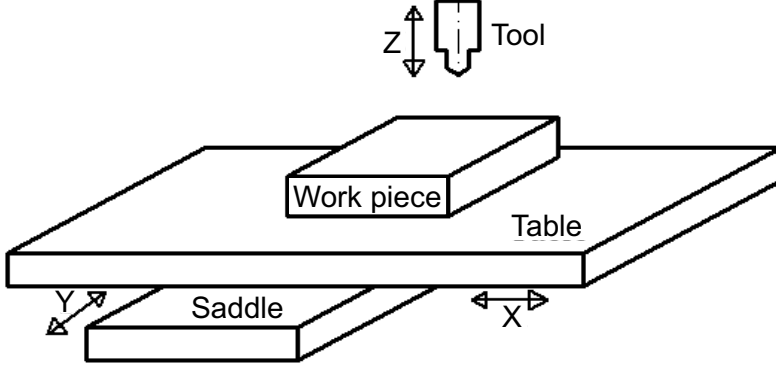
### डिस्ले युनिट

CNC मशीनचे प्रोग्राम्स, कमांड्स आणि इतर उपयुक्त डेटा प्रदर्शित करण्यासाठी मॉनिटरचा वापर केला जातो. हे सहज दिसू शकेल अशा ठिकाणी ठेवले जाते.

### 2.1.2 परिवलनाचा ॲक्सिस

CNC मशीन कोण कोणत्या प्रकारची कामे करू शकेल हे त्याच्या ॲक्सिस संख्येवर ठरते, कट किती घ्यायचा आणि वर्कपिस नेमका कुठे ठेवायचा हे ॲक्सिस संख्येवर ठरते. कोणत्याही दोन दिशांना विस्थापन असलेल्या यंत्रांना 2-ॲक्सिस यंत्रे (एक्स आणि झेड

ॲक्सिससह लेथ मशीन) म्हणून ओळखले जाते, तिन्ही ॲक्सिस रोटेशन असलेल्या मशीन्सना 3-ॲक्सिस यंत्रे (एक्स, वाय, झेड ॲक्सिससहित मिलिंग मशीन). आधुनिक उत्पादनातील मागणी 5-ॲक्सिस CNC मशीन्ससह आली आहे. जिथे एक्स, वाय, झेड सारख्या तीन रेखीय हालचाली आणि दोन रोटरी मोशनस असून, टेबल व स्पिंडल दोन्ही ॲक्सिस भोवती फिरवता येतात. खालील आकृती 2.2 रोटेशनच्या ॲक्सिसची स्पष्ट कल्पना देईल. एक्स-ॲक्सिस हालचाल म्हणजे वर्कपीस/वर्कटेबल मूव्हमेंट डायरेक्शन. झेड-ॲक्सिस ही स्पिंडल मूव्हमेंट आहे आणि वाय-ॲक्सिस सॅडल टेबल मूव्हमेंट दर्शवते. साधनांच्या हालचाली एकतर अब्सोलुट कॉर्डिनेट सिस्टम किंवा इन्क्रिमेंटल कॉर्डिनेट सिस्टमचा वापर करून होतात. हे पुढील उपशीर्षकात स्पष्ट केले जाईल.



आकृती-2.2: परिवलनाचा ॲक्सिस

### 2.1.3 टूल मूव्हमेंटसाठी कॉर्डिनेट सिस्टम

कार्टेशियन कॉर्डिनेट सिस्टम ही एक मूलभूत प्रणाली आहे. जी त्रिमितीय जागेत टूल आणि वर्कपिसच्या गतीचे वर्णन करण्यासाठी वापरली जाते. एक विशिष्ट बिंदूपर्यंत पोहोचण्यासाठी CNC मशीन्स एक्स, वाय आणि झेड-ॲक्सिस क्रमांकांचा वापर करतात. ते एका पाठोपाठ एक वर्कपिस मशीन करण्याच्या सूचनांची मालिका तयार करतात. CNC मशीन एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी जाण्यासाठी एकतर इन्क्रिमेंटल किंवा अब्सोलुट निर्देशांक वापरतात. इन्क्रिमेंटल निर्देशांक सद्यस्थिती वरून नवीन स्थितीसाठी ओरिजिन म्हणून कार्य करते. अब्सोलुट निर्देशांक प्रणाली मध्ये, ओरिजिन निश्चित ठिकाणी स्थिर राहते आणि प्रत्येक नवीन स्थान त्या स्थिर ठिकाणाहून मोजले जाते. बहुतेक CNC मशीन कंट्रोल ऑपरेशन करण्यासाठी एकाच वेळी अनेक ॲक्सिससह फिरू शकतात.

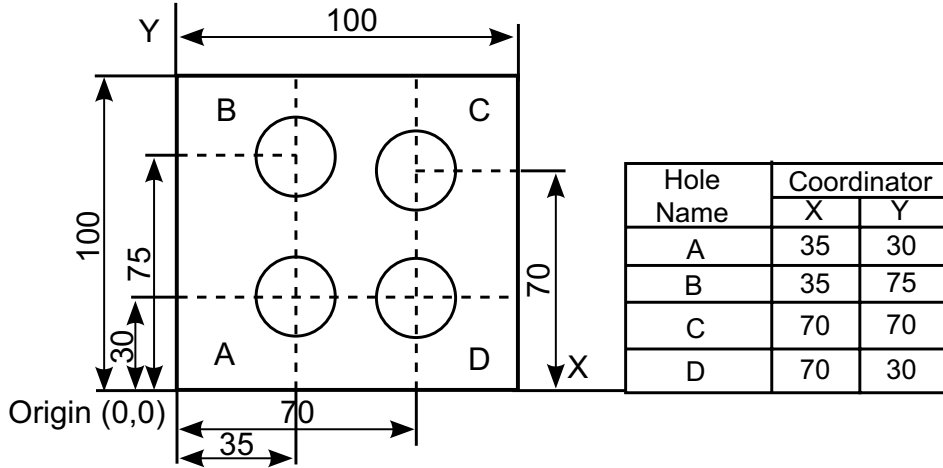
### अब्सोलुट कॉर्डिनेट सिस्टम

या समन्वय प्रणाली मध्ये सर्व मोजमाप निश्चित ओरिजिन पासून म्हणजे एक्स=वाय=झेड=0 या पासून सुरू केले जातात. पुन्हा या पद्धतीचे वर्गीकरण फिक्स्ड ओरिजिन पद्धत आणि फ्लोटिंग ओरिजिन पद्धत असे केले जाते.

### 1. फिक्स्ड ओरिजिन पद्धत

या अब्सोलुट कॉर्डिनेट सिस्टममध्ये वर्क टेबलाच्या खालच्या डाव्या कोपऱ्यावर फिक्स्ड ओरिजिनची निवड केली जाते. सहसा यांचे प्रतिनिधित्व (0, 0) असे केले जाते. सर्व मोजमाप या बिंदूवरूनच संदर्भित केले जातात. खालील उदाहरणासह ते योग्य

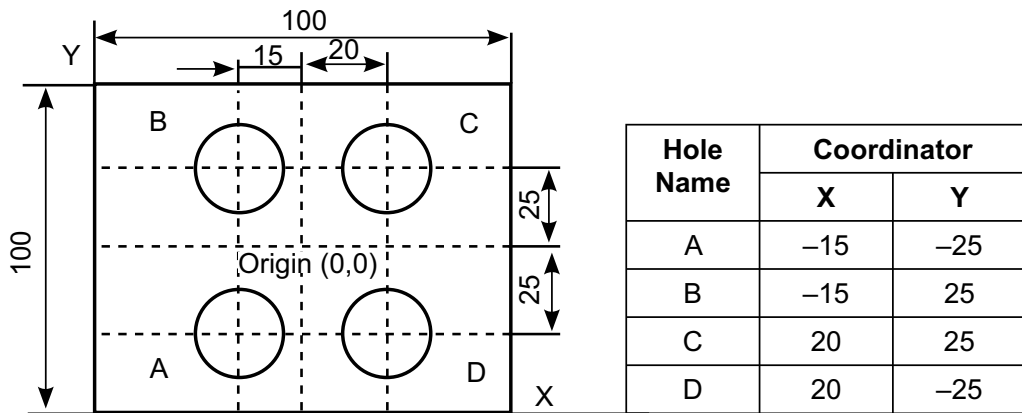
प्रकारे समजू शकते. दिलेल्या वर्कपिसवर चार छिद्रे पाडली जातात. छिद्र पाडलेल्या प्लेटचे उदाहरण आकृती 2.3 मध्ये स्पष्ट केले आहे.



आकृती-2.3: फिक्स्ड ओरिजिन पद्धत

## 2. फ्लोटिंग ओरिजिन पद्धत

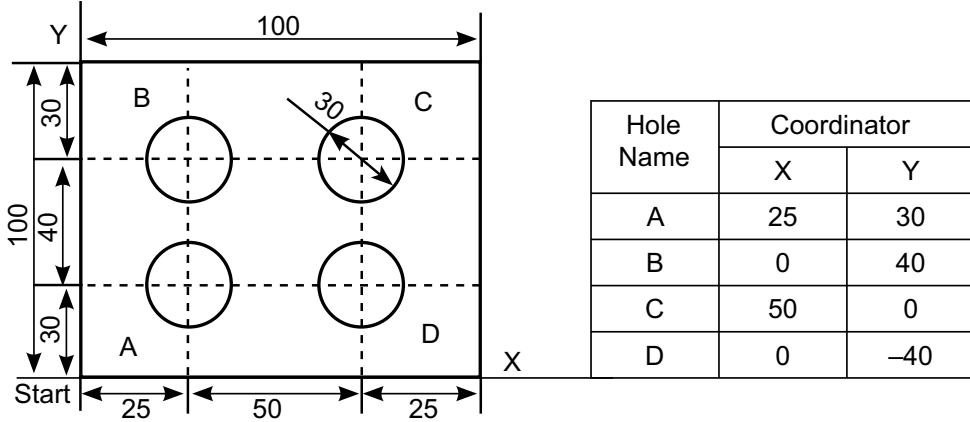
या पद्धतीत ओरिजिन हा दिलेल्या प्लेटच्या सामायिक बिंदूवर आहे; प्लेटच्या मध्यभागातून टूलची हालचाल होईल. छिद्र असलेल्या चौकटीवर आधारित ड्रिलिंग होलचे अंतर पॉझिटिव्ह आणि निगेटिव्ह म्हणून मोजले जाते. आकृती 2.4 मध्ये दिलेल्या खालील उदाहरणासह प्रणाली समजू शकते.



आकृती 2.4: फ्लोटिंग ओरिजिन पद्धत

### इन्क्रिमेंटल कॉर्डिनेट सिस्टम

या पद्धतीत पुढील स्थितीची गणना सध्याच्या स्थितीतून केली जाते. अशा प्रकारे शेवटचा थांबा पुढील ऑपरेशनचा उगम बनतो. वरच्या दिशेची व पुढे जाणारी गती पॉझिटिव्ह मानली जाते, डाऊनवॉर्ड आणि मागील दिशेची गती गणनेत निगेटिव्ह मानली जाते. आकृती 2.5 मशीनिंग ऑपरेशनमधील या समन्वय प्रणालीचे उदाहरण देते.



आकृती 2.5: इन्क्रिमेंटल समन्वय प्रणाली

#### 2.1.4 CNC मशीनचे कार्य

CNC मशीन मध्ये घडत असलेल्या प्रक्रियात्मक पायऱ्या खालील प्रमाणे आहेत.

- प्रथम, पार्ट प्रोग्राम CNCच्या MCU मध्ये स्थापित केला जातो.
- MCU मध्ये तयार केलेल्या पार्ट प्रोग्रामनुसार सर्व डेटा प्रक्रिया होते; MCUमध्ये
- सर्व मोशन कमांड तयार होतात आणि MCU ड्रायव्हिंग सिस्टम मध्ये पाठवते.
- MCUने पाठविलेल्या मोशन कमांडनुसार ड्राइव्ह सिस्टम कार्य करते. ड्राइव्ह प्रणाली मशीन टूलची गती आणि वेग नियंत्रित करते.
- फीड बॅक प्रणाली मशीन टूलची स्थिती आणि वेग मापन रेकॉर्ड करते आणि MCUला फीड बॅक संकेत पाठवते.
- MCUमध्ये, फीडबॅक संकेतांची तुलना संदर्भ संकेतांशी केली जाते आणि जर तुटी असेल तर ती योग्य ऑपरेशन होण्यासाठी मशीन टूलमध्ये नवीन सुधारित सिग्नल पाठवते.
- सर्व कमांड, प्रोग्राम आणि इतर महत्त्वपूर्ण डेटा पाहण्यासाठी डिस्प्ले युनिटचा वापर केला जातो. हे जणू मशीनचे निरीक्षक डोळे म्हणून कार्य करते.

## 2.1.5 CNC मशीनचे फायदे आणि तोटे

### फायदे

- मशीनिंगची अचूकता जास्त आहे
- मशीनिंगसाठी लागणारा एकूण वेळ हा मॅन्युअल मशीनिंगपेक्षा तुलनेने खूप कमी आहे
- ऑपरेटर आणि मशीन या दोन्हीसाठी सुरक्षित आहे ऑपरेटरला केवळ प्रोग्राम तयार करायचा असतो अशा प्रकारे मानवी हस्तक्षेप खूप कमी होतो.
- मानवी चुकांची शक्यता नाही
- अतिशय विश्वासार्ह प्रणाली आहे
- खूप गुंतागुंतीच्या डिझाईन्स बनवता येतात.
- यंत्रे अष्टपैलू / मजबूत असल्याने कमी देखभाल दुरुस्तीची आवश्यकता आहे.
- उत्पादनामध्ये सातत्य आणि क्लोज टोलरन्स मिळतात.

### तोटे

- प्रारंभीची किंमत खूप जास्त आहे
- मशीन चालविण्यासाठी प्रशिक्षित ऑपरेटरची आवश्यकता आहे
- बिघाड झाल्यास समस्या सोडविण्यासाठी अत्यंत कुशल व्यावसायिकाची आवश्यकता असते.

### मनोरंजक तथ्ये

CNC मशीन मध्ये मशीनिंगचे जे तंत्र वापरले गेले ते अठराव्या शतकात विकसित झाले आहे. तथापि, शीत युद्धापर्यंत ऑटोमेशनच्या विकासाकडे लक्ष दिले गेले नव्हते. त्या वेळी अमेरिकन नौदलाने हेलिकॉप्टर ब्लेडसाठीची उत्पादकता वाढविण्यासाठी कंपनीच्या व्यक्तींनी काम सुरू केले होते.

न्यूमरिकल कंट्रोल संकल्पना 1949 पर्यंत विकसित झाली नव्हती. जॉन. टी. पार्सन्स या सुरुवातीच्या संगणकीय तज्ञाने मॅसेच्युसेट्स इन्स्टिट्यूट ऑफ टेक्नॉलॉजी (एमआयटी) येथे केलेल्या हवाई दलाच्या संशोधन प्रकल्पाचा एक भाग म्हणून हा प्रकल्प विकसित केला. संस्थेच्या सर्वो मेकॅनिझम लॅबोरेटरीमध्ये एक प्रायोगिक मिलिंग मशीनची निर्मिती करण्यात आली, जिचे उद्दीष्ट हेलिकॉप्टर ब्लेड आणि विमानासाठी कडक आवरण तयार करण्यासाठी मोटर नियंत्रित ॲक्सिसचा वापर करणे असे होते .

ही कल्पना आणखी विकसित करण्यात आली आणि 1952 मध्ये रिचर्ड केग (एमआयटीच्या सहकार्याने) याने सिनसिनाटी हायड्रो-टेल हे 28 इंचाचे व्हर्टिकल-स्पिन्डल कंटूर मिलिंग मशीन सादर केले. त्याची व्यावसायिक ओळख “पोझिशनिंग मशीन टूलसह मोटार नियंत्रित उपकरण” या पेटंटसहित मशीन अशी झाली. सुरुवातीचा प्रोटोटाइप आठ स्तंभांच्या पेपर टेपचा वापर करून, टेप रीडर आणि व्हॅक्यूम-ट्यूब इलेक्ट्रॉनिक कंट्रोल सिस्टीम वापरून चालविला गेला असला, तरी भविष्यातील घडामोडींसाठीचा तो केंद्रबिंदू बनला.

## व्हिडिओ संसाधने



## 2.2 ॲडिटिव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग

## परिचय

आपण सर्व क्षेत्रांमध्ये परिवर्तन पाहत आहोत, बहुतेक तांत्रिक प्रगती ॲनॉलॉग पासून डिजिटल प्रक्रियेकडे रूपांतरित होत आहेत. अलीकडच्या दशकांमध्ये कम्प्युनिकेशन्स, इमेजिंग, आर्किटेक्चर आणि इंजिनिअरिंग या सर्व क्षेत्रांमध्ये डिजिटल परिवर्तन झाले होते. आता ॲडिटिव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग उत्पादन कार्यात डिजिटल लवचिकता आणि कार्यक्षमता देखील आणू शकते.

आतापर्यंत आपण निगमन पद्धतीने अंतिम उत्पादन कसे तयार करावयाचे याचा अभ्यास केला आहे, जिथे आपण योग्य मशीनिंग पद्धतीद्वारे वर्कपिसच्या पृष्ठभागावरून नको असलेले अतिरिक्त मटेरियल काढून टाकले. या उलट अंतिम उत्पादन तयार करण्यासाठी वजावट (सबट्रॅक्टिव्ह) ही एकमेव प्रक्रिया न राहता, योग्य प्रमाणात आणि तंताने मटेरियल सामग्री जोडून अंतिम उत्पादने देखील बनविली जाऊ शकतात. उत्पादनाच्या या नवीन क्षेत्राला ॲडिटिव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग म्हणतात. ॲडिटिव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग कम्प्युटर एडेड डिझाईनचा डेटा वापरतो .

(CAD) सॉफ्टवेअर स्कॅनरद्वारे लिमितीय ऑब्जेक्ट स्कॅन केले जाऊ शकते आणि हार्डवेअरला अचूक इच्छित भौमितिक आकारांमध्ये थरावर थर जमा करण्याचे निर्देश दिले जाऊ शकतात. त्याच्या नावाप्रमाणे, ॲडीटीव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग अंतिम वस्तू तयार करण्यासाठी मटेरियल जोडते. खालील पैकी काही प्रतिमा आपल्याला ॲडीटीव्ह मॅन्युफॅक्चरिंगाद्वारे उत्पादनांच्या शक्यतांचे प्रकार समजून घेण्यास मदत करू शकतात. ही उत्पादने खेळण्यांपासून वैद्यकीय / अभियांत्रिकी घटकांपर्यंत असतात.



फॅन ब्लेड

फेस मास्क

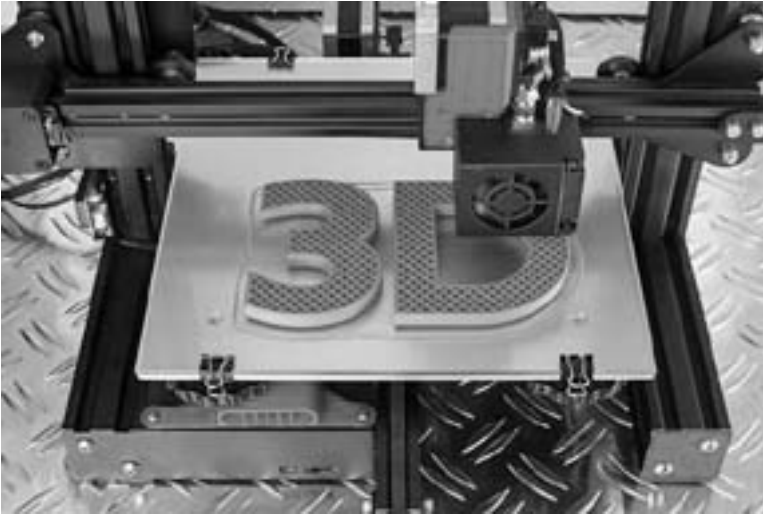
टॉय (हल्क)

बहुतांश वेळा “श्री डी प्रिंटिंग” आणि “रॅपिड प्रोटोटायपिंग” या संज्ञा सामान्यतः ॲडीटीव्ह मॅन्युफॅक्चरिंगावर चर्चा करताना वापरल्या जातात, हे दोन्ही प्रकार प्रत्यक्षात ॲडीटीव्ह मॅन्युफॅक्चरिंगाचा एक उपसंच आहेत. ॲडीटीव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग अनेकांना नवीन वाटत असले, तरी 1981 सालीच ते सुरू झाले होते. ॲडीटीव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग विविध प्रकारची परिपूर्ण उत्पादने, गुंतागुंतीच्या भूमिती आणि सुलभ रचना प्रदान करते. परिणामी जे सक्रियपणे ॲडीटीव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग स्वीकारतात त्यांच्यासाठी संधी भरपूर आहेत.

### 2.2.1 ॲडिटिव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग प्रक्रिया

श्री डी प्रिंटिंगची प्रक्रिया छापल्या जाणाऱ्या वस्तूचे ग्राफिक मॉडेल बनवून सुरू होते. हे सहसा कम्प्युटर एडेड डिझाईन (CAD) सॉफ्टवेअर पॅकेजेसवापरून डिझाईन बनवले जातात आणि ह्या डिझाईन निर्मिती प्रक्रियेत सर्वात किचकट आणि कौशल्य प्रधान भाग आहे. यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या प्रोग्राममध्ये टिंकरकॅड, फ्यूजन 360 आणि स्केचअप यांचा समावेश आहे. ही प्रक्रिया आकृती 2.6 मध्ये योजनाबद्धपणे दर्शविली गेली आहे

ॲडिटिव्ह मॅन्युफॅक्चरिंगसाठी अनेक उत्पादक आणि मॉडेल्स आहेत; तरीही एकूण प्रक्रिया छपाई सारखीच आहे. ते खालील पॉईंट्स मध्ये स्पष्ट केले आहे.



आकृती 2.6: श्री डी प्रिंटिंग यंत्रणा (स्रोत: line.17qq.com)

**पायरी 1 :** कॅम्प्युटर एडेड डिझाईनचे सॉफ्टवेअर वापरून श्रीडी श्री डी मॉडेल तयार करा.

**पायरी 2 :** एकदा मॉडेल तयार झाले की, त्याचे वेगवेगळ्या थरांमध्ये रूपांतरित करण्याचे सॉफ्टवेअर गरजेचे आहे. स्लाईसिंग सॉफ्टवेअर मॉडेलच्या प्रत्येक थराचे स्कॅन घेते आणि तो थर पुन्हा तयार करण्यासाठी प्रिंटरला कसे हालायचे आहे हे कळवते . तयार केलेले कॅड ड्रॉइंग स्टँडर्ड टेसेलेशन लॅंग्वेज STL स्वरूपात रूपांतरित केले जाते. बहुतेक श्रीडीप्रिंटर STL फाइल प्रकारां व्यतिरिक्त ZPR आणि ObjDF सारख्या इतर फाइलचा वापर करतात.

**पायरी 3 :** STL फाइल आकार आणि दिशा निदेशन निश्चित करण्यासाठी संगणक नियंत्रकाकडे हस्तांतरित केली जाते, जी नंतर श्रीडीप्रिंटरला जोडलेली असते.

**पायरी 4 :** छपाईसाठीच्या आवश्यक पदार्थांमध्ये पॉलिमर, बाइंडर्स आणि इतर उपभोग्य वस्तू असू शकतात.

**पायरी 5 :** मशीन सुरू करा आणि मॉडेलपूर्ण होण्याची वाट पहा.

**पायरी 6 :** छापील वस्तू मशीन मधून बाहेर काढली जाते.

**पायरी 7 :** या प्रक्रियेनंतर चे काम म्हणजे स्वच्छ करणे, पाणी काढणे किंवा पक्के संस्करण करणे.

### 2.2.2 उपयोगिता

- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| • एरोस्पेस    | • खेळणी         |
| • ऑटोमोटिव्ह  | • उत्पादन विकास |
| • आरोग्य सेवा | • साधन          |

### मनोरंजक तथ्ये

काहीना वाटेल त्यापेक्षा AM ची सुरुवात खूप लवकर सुरू झाली, जवळजवळ 40 वर्षांपूर्वी 1981 मध्ये नागोया म्युनिसिपल इंडस्ट्रियल रिसर्च इन्स्टिट्यूटच्या हिडेओकोडमा यांनी ठोस छापील मॉडेलच्या निर्मिती संदर्भात माहिती प्रकाशित केली होती. काही वर्षांनंतर, स्टीरिओलिथोग्राफीचे (एसएलए) चार्ल्स हल यांनी त्याचे पेटंट घेतले आणि यूव्हीलेझरचा वापर करून लिक्विड फोटो पॉलिमररेसिनच्या पक्क्या संस्करणनानी मॉडेल्स तयार केले. हलने नंतर पहिल्या रॅपिड प्रोटोटाइपिंग प्रणालीचे व्यावसायिकीकरण केले, डिझायनर्स आणि अभियंत्यांना श्रीडी संकल्पना आणि प्रोटोटाइप तयार करण्यासाठी लागणाऱ्या वेळात प्रचंड बचत झाली.

1999 पर्यंत शास्त्रज्ञांना वैद्यकीय उपयोगांसाठी श्रीडी प्रिंटिंग तंत्रज्ञानाचा वापर करता आला नव्हता, 1999 मध्ये वेक फॉरेस्ट इन्स्टिट्यूट मधील शास्त्रज्ञांनी मानवी मूत्राशय वाढविण्यासाठी आवश्यक सिंथेटिक स्कॅफोल्ड्सची छपाई केली.

### व्हिडिओ संसाधने





## 2.3 फिटिंग ऑपरेशन्स

फिटिंग ही प्रक्रियाच मुळात कायमस्वरूपी किंवा तात्पुरत्या जॉइनिंग प्रक्रियेचा वापर न करता उत्पादने बनवणे किंवा असेंबल करणे यासाठी ओळखली जाते. बहुतेक वेळा उत्पादने कार्यशाळेत हाताने धरलेल्या साधनांनी बनविली जातात आणि ते ऑपरेशन्ससाठी खूप कमी पॉवर टूल्स वापरतात.

दैनंदिन जीवनात आपल्याला फिटिंग पासून बनविलेल्या अनेक वस्तू सापडतात. आपण जे ड्रेस खरेदी करतो/ शिवतो तो देखील आपल्या शरीराला योग्य असावा असे आपण पाहतो म्हणजे फिटिंग चांगली आहे असे आपण म्हणतो, दरवाजा बंद झाल्यावर चौकटीत व्यवस्थित बसायला हवा, कॉम्प्युटर/मोबाइल कॅबिनेट योग्य प्रकारे बसायला हवे, इलेक्ट्रिकल स्विच, वॉटर पाईपजॉइंट्स, मोबाइल चार्जर पिन आणि सॉकेट, इलेक्ट्रिकल सॉकेट इत्यादी ही सर्व फिटिंग या प्रकाराची तर उदाहरण आहेत. खाली दिलेल्या चित्रामधून ही संकल्पना अधिक स्पष्ट होण्यास मदत होईल. एखाद्या कल्पनेची वास्तव देत रूपांतर करण्यासाठी फिटिंग ऑपरेशन उपयुक्त आहे. फिटिंग ऑपरेशन मुळे प्रोटोटाइप्स अगदी सहजपणे तयार केले जाऊ शकतात.

कोणत्याही प्रकारच्या पदार्थावर फिटिंग ऑपरेशन केले जाऊ शकते, यांत्रिक कार्यशाळेत वेगवेगळ्या साधनांचा आणि ऑपरेशन्स चा वापर करून अंतिमतः धातूचे भाग अपेक्षित फिट मिळवून जोडले जातात.

फिटिंग वर्कशॉपमध्ये वापरली जाणारी वेगवेगळी साधने खालील शीर्षकांखाली वर्गीकृत केली जाऊ शकतात.



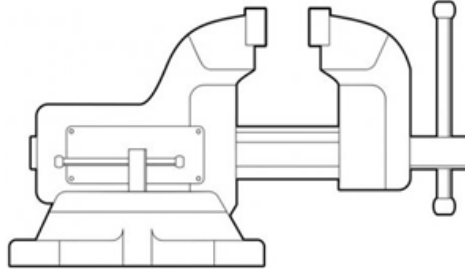
- वस्तू मजबूत पकडणारी साधने
- चिन्हांकित करणारी साधने आणि मोजमाप करणारी साधने
- कापणारी साधने
- शेवटचा हात फिरवण्यासाठीची साधने
- ठोकणारी साधने

### 2.3.1 होल्डिंग टूल्स

विविध वर्क होल्डिंग टूल्स याप्रमाणे : बेंच व्हाइस, हँड व्हाइस, लेग व्हाइस, पाईप व्हाइस, सी-क्लॅम्प, व्ही-ब्लॉक आणि हँड प्रेस

#### बेंच व्हाइस

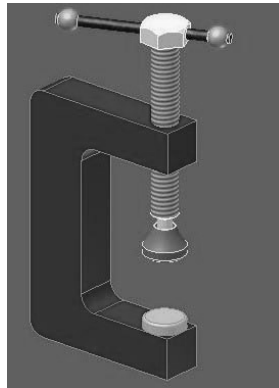
सामान्यतः बेंच व्हाइस हा वर्कपिस मजबुतीने पकडण्यासाठी वापरले जातो. टिपिकल बेंच व्हाइस आकृती 2.7 मध्ये दर्शविला आहे. त्याला दोन जबडे आहेत, एक स्थिर आहे तर दुसरा हालता आहे. जेव्हा व्हाइस हँडल घड्याळाच्या काट्याच्या दिशेने वळवले जाते तेव्हा हलणारा जबडा स्थिर जबड्याच्या विरोधात वर्कपिसला मजबुतीने ठेवतो. व्हाइसची मुख्य बॉडीबिडाच्या लोखंडाची बनलेली असून, वर्किंग टेबलवर बोल्ट लावून मजबुतीने फिक्स केलेली असते.



आकृती 2.7: बेंच व्हाइस

#### सी-क्लॅम्प

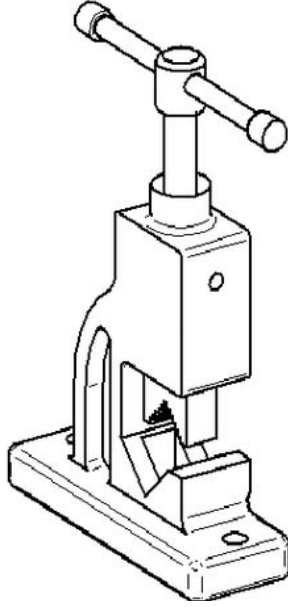
याचा उपयोग वर्कपिसला व्ही-ब्लॉक किंवा अँगलप्लेट मध्ये पकडण्यासाठी होतो. या होल्डिंग डिव्हाइसचा आकार इंग्रजी वर्णमालेतील सी सारखा दिसतो, म्हणूनच त्याला सी-क्लॅम्प म्हणून ओळखले जाते. सी-क्लॅम्प आकृती 2.8 मध्ये दर्शविला आहे.



आकृती 2.8: सी-क्लॅम्प

## व्ही-ब्लॉक

व्ही - ब्लॉकचा वापर मुख्यतः व्ही - ब्लॉकचा वापर गोलाकार वस्तू पकडण्यासाठी, मोजण्यासाठी, गोलाकार पाईप कापण्यासाठी केला जातो. हे आकृती 2.9 मध्ये दाखवले आहे. पाईप व्ही-ब्लॉकच्यामध्ये ठेवला जातो. फिरत्या हँडलच्या मदतीने वरचा ब्लॉक खाली हलविला जातो.



आकृती 2.9: व्ही-ब्लॉक

## हँड प्रेस

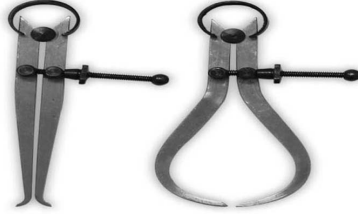
जेव्हा जेव्हा उत्पादने एकत्र जोडण्यासाठी हलक्या दाबाची किंवा पुशची आवश्यकता असते तेव्हा हँड प्रेस सामान्यतः वापरले जाते. जर्नल बेअरिंग, बेअरिंग बुश, पाईप इन्सर्टशन, सीलिंग इ. फिटिंग हँड प्रेसने केले जाऊ शकते. हे एक तर यांत्रिक आठ्या किंवा हायड्रोलिक पॉवरच्या साहाय्याने कार्य करते.

### 2.3.2 मोजमापाची आणि चिन्ह अंकित करण्याची साधने

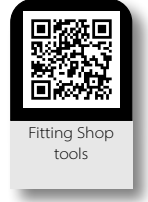
मापन आणि मार्किंग टूलमध्ये स्केल, कॅलिपर, मायक्रो मीटर, फीलर गेज, स्क्राइबर, डिव्हायडर, डॉट पंच, ट्राय-स्क्वेअर, अँगल प्लेट, सरफेस प्लेट आणि मार्किंग टेबल यांचा समावेश आहे. चिन्हांकित केलेला पृष्ठभागवर खडूपेस्ट लावला जातो, जेणे करून चिन्हांकित रेषा ठळकपणे दिसतील. मार्किंग साधनांचा वापर वर्कपीसवर आवश्यक परिमाण चिन्हांकित करण्यासाठी केला जातो, मार्किंग क्रियासोबतच काही उपकरणे वापरली जातात. मार्किंग साधने खालील प्रमाणे तपशीलवार स्पष्ट केली आहेत.

## कॅलिपर्स

हे संबंधित कॅलिपर्सद्वारे बाहेरील आणि आतील व्यासाचे मोजमाप मोजण्यासाठी आणि अंतर हस्तांतरित करण्यासाठी वापरले जातात. आकृती 2.10

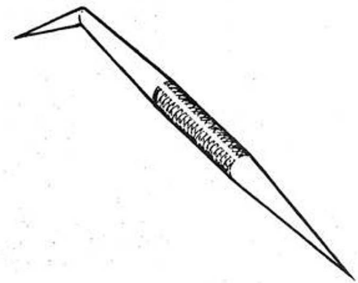


आकृती 2.10: कॅलिपर्सचे विविध प्रकार



## स्क्रायबर

स्क्रायबर हा धातूच्या वर्कपीसवर लेखन करण्यासाठी किंवा रेषा चिन्हांकित करण्यासाठी वापरला जातो. त्याच्या टोकाला तीक्ष्ण सुईसारखी रचना असते. त्याचे एक टोक सरळ असून दुसरे टोक वाकलेले असते. त्याचा वापर अंतर्गत भागांना देखील चिन्हांकित करण्यास होतो. त्याच्या मध्यभागी नर्लिंग ऑपरेशन केलेला भाग असतो, त्यामुळे पकड मजबूत होते. हे आकृती 2.11 मध्ये दाखवले आहे.



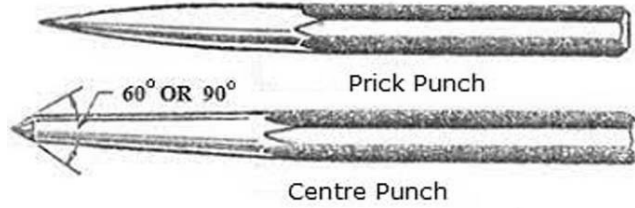
आकृती 2.11: स्क्रायबर

## दुभाजक (डीवाईडर)

धातूच्या वर्कपीसवर वर्तुळे, चाप, अर्धवर्तुळाकार चाप, दुभाजक रेषा इत्यादी चिन्हांकित करण्यासाठी दुभाजकाचा वापर केला जातो. हे आपल्या शाळेच्या कंपास बॉक्समध्ये असलेल्या कंपाससारखेच आहे. ड्रॉइंग वरील अंतरे जशीच्या तशी हस्तांतरित करण्यासाठी दुभाजकाचा वापर केला जातो.

## डॉट पंच

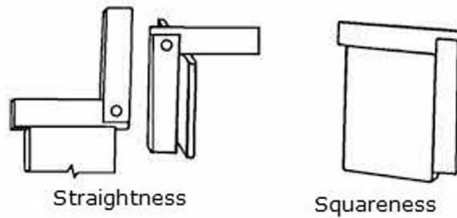
मार्किंगची रूपरेषा तयार करण्यासाठी आणि केंद्र बिंदू शोधण्यासाठी पंचचा वापर केला जातो. कटिंग ऑपरेशन दरम्यान पंच केलेल्या लाईन नुसार कटर कटिंग ऑपरेशन करते. विविध प्रकारचे पंच उपलब्ध आहेत. सामान्यपणे वापरले जाणारे पंच म्हणजे सेंटर पंच आणि टोचन पंच आहेत. दोन्ही पंच समान दिसतात फक्त फरक म्हणजे विशाल कोन, कारण सेंटर पंच  $60^\circ$  आहे आणि टोचनपंचचा कोन  $40^\circ$  आहे. लांबी आणि व्यास अनुक्रमे 90-150 मिमी आणि 8-13 मिमी पर्यंत बदलतात. ते आकृती 2.11 मध्ये दाखवले आहेत. या सोबतच ॲक्सिस/क्रमांक चिन्हांकित करण्यासाठी नंबर पंच आणि लेटरपंच उपलब्ध आहेत..



आकृती 2.12: डॉट पंच

## गुण्या (ट्राय-स्क्वेअर)

वर्कपीसचा चौकोनीपणा आणि सरळतेची तपासणी करण्यासाठी ट्राय-स्क्वेअरचा वापर केला जातो. फाइलिंग ऑपरेशन दरम्यान चौकोनीपणा आणि सरळपणा तपासण्यासाठी याचा अधूनमधून वापर केला जातो. हे ऑपरेशन आकृती 2.13 मध्ये दाखवले आहे.

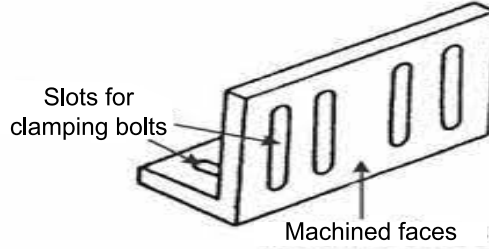


आकृती 2.13: ट्राय-स्क्वेअर

## अँगल प्लेट

अँगल प्लेट कास्ट आयर्न (CI) पासून बनलेली आहे. यात दोन पृष्ठभाग एकमेकांना योग्य कोनात मशीन केलेले आहेत. मार्किंग किंवा तपासणी सुलभ करण्यासाठी वर्कपिस नेहमी अँगलप्लेटच्या विरुद्ध बाजूच्या भिंतीला लावायचे आहे. उंची मापकाच्या साहाय्याने वर्कपिसवर अपेक्षित मोजमाप चिन्हांकित केले पाहिजेत. इच्छित ऑपरेशन्ससाठी वर्कपिसला क्लॅम्प करण्यासाठी अँगल प्लेटवर

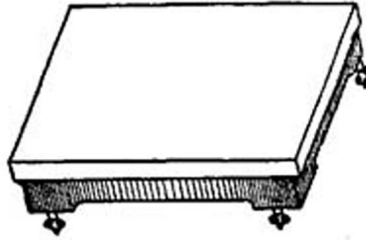
स्लॉट देखील उपलब्ध केलेले असतात. आकृती 2.14 अँगल प्लेट दर्शवते.



आकृती 2.14: अँगल प्लेट

### सरफेस प्लेट

वर्कपिसचा फ्लॅटपणा आणि इतर तपासणीच्या उद्देशाने सरफेस प्लेट वापरली जाते. हे वर्कपिसवर मार्किंगसाठी वापरले जाते. हे मार्किंग टेबलपेक्षा फ्लॅटपणात अधिक अचूक आहे. सरफेस प्लेटच्या प्लेट्स C.I किंवा कठोर पोलादापासून, आवश्यक अचूकतेनुसार ग्राईण्ड/ स्क्रेपिंग केलेल्या असतात. सध्या विशेष ग्रॅनाइट दगडापासून बनवलेल्या सरफेस प्लेट्स अचूक ग्रेड, रंग आणि आकारांच्या विस्तृत श्रेणीत तयार केल्या जातात. आकृती 2.15 सरफेस प्लेट दर्शवते.



आकृती 2.15: सरफेस प्लेट

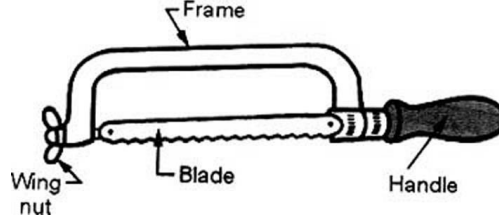
### 2.3.3 कटिंग टूल्स

विविध कटिंग टूल्समध्ये हॅक सॉ, चीसेल, कटिंग फ्लायर यांचा समावेश आहे. कटिंग ऑपरेशन मॅन्युअली किंवा पॉवर ऑपरेटेड हॅक सॉसह केले जाऊ शकते.

#### हॅक सॉ

हॅक सॉचा वापर हाताने धातू कापण्यासाठी केला जातो. यात एक फ्रेम असते ज्यात पातळ ब्लेड मजबुतीने लावलेली असते. विंग नटच्या मदतीने ब्लेडवरील ताण नियंत्रित केला जाऊ शकतो. हॅक सॉ ब्लेड कटिंग ऑपरेशन करण्यासाठी सामील होण्यासाठी एक

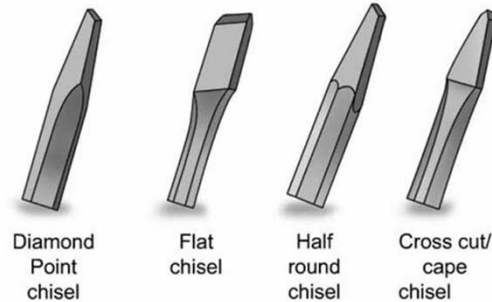
अतिरिक्त भाग आहे. ब्लेडमध्ये टीथ आहेत. ब्लेड फॉरवर्ड डायरेक्शन मध्ये स्थिर केले जाते, त्यामुळे कटिंग ऑपरेशन फॉरवर्ड स्ट्रोकसाठी सोपे होते. आकृती 2.16 हॅक सॉ दर्शवते.



आकृती 2.16: हॅक सॉ

## चीसेल

बहुतेक वेळा चीसेल अतिरिक्त धातू काढण्यासाठी वापरल्या जातात, फ्लॅट चीसेल कमी जाडीचा पत्रा कापण्यासाठी वापरल्या जातात. वेगवेगळ्या प्रकारच्या चीसेल आकृती 2.17 मध्ये दाखविल्या आहेत. नावा प्रमाणेच हिऱ्याचा आकाराच्या बिंदूची चीसेल, त्याला हिऱ्याच्या आकाराचे टोक आहे आणि सामान्यतः ”व्ही” आकाराच्या स्वरूपात खाच तयार करण्यासाठी वापरली जाते. डायमंडपॉईंट चीसेल विटांच्या कामावर इलेक्ट्रिक/वॉटरपाइपिंगसाठी खाचा तयार करण्यासाठी, अधिक योग्य ठरते. फ्लॅट चीसेल ही मुळात एक कोल्ड चीसेल प्रकार आहे, बहुतेक वेळा विविध धातू कापण्यासाठी वापरली जाते. फ्लॅट चीसेल ने रिबेट हेड्स, नट्स आणि मेटल रॉड्स सारख्या नको असलेल्या गोष्टी तोडता येतात. अर्धगोलाकार चीसेल त्याला गोल नाक चीसेल म्हणूनही ओळखले जाते. याचा अर्धा भाग हा गोल असून, अर्धा भाग फ्लॅट आहे. सामान्यतः गोलाकार भाग तळाच्या पृष्ठभागासह खाच किंवा वाहिन्या तयार करण्यासाठी वापरले जाते. याचे उदाहरण म्हणजे बेअरिंगमधील असलेली खाच तेलाचे पोहोचवण्यासाठीचा मार्ग म्हणून कार्य करतात. क्रॉसकट चीसेल एक अरुंद आकाराचे साधन आहे. हे चिपिंग ग्रूव्ह आणि की वे साठी वापरले जाते. टूलची रचना अशी आहे की हँडलजाडी कटिंग एजपेक्षा कमी जाडीची असते, दोन्ही बाजूंनी अरुंद होत शेवटी एका बिंदू मध्ये परावर्तित होते. जिथे फ्लॅट चीसेल रुतून बसते तेथे अडकू नये म्हणून अशी चीसेल डिझाइन केली गेली आहे. चिझल्सचे काठिण्य वाढवण्यासाठी त्या ऑनिल्ड, हार्डेन्ट आणि टेम्पर्ड असतात.



आकृती 2.17: चीसेल चे प्रकार

## कटिंग फ्लायर्स

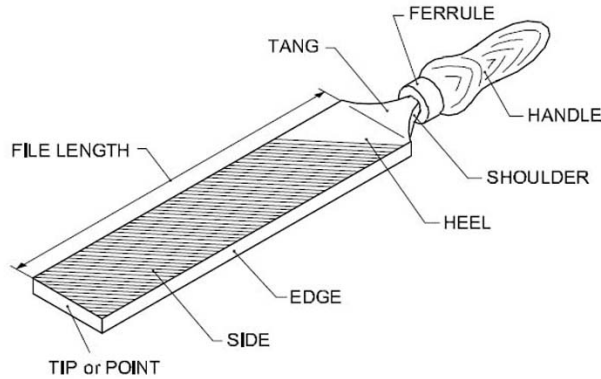
कटिंग फ्लायर्स ही हाताने वापर करायची साधने आहेत आहेत. जी वस्तूंना मजबूत पकडून ठेवण्यासाठी वापरली जाते. त्यामध्ये धातूच्या लिव्हरची जोडी लीव्हरच्या एका टोकाच्या जवळ असलेल्या सामायिक बिंदूवर एकत्र आली आहेत. सामायिक बिंदूच्या एका बाजूला लहान जबडे तयार करणे आणि दुसर् या बाजूला लांब हँडल्स. ते विविध प्रकारचे साहित्य मजबुतीने पकडणे वाकवणे किंवा चपटे करण्यासाठी देखील उपयुक्त आहे. सामान्यतः या व्यवस्थेमुळे यांत्रिक फायदा निर्माण होतो.

### 2.3.4 फिनिशिंग टूल्स

कार्यशाळेत वापरल्या जाणाऱ्या फिनिशिंग टूल्समध्ये विविध प्रकारच्या फायली आणि स्कॅप्सचा समावेश आहे. आवश्यक मापनाची अचूकता प्राप्त करण्यासाठी हे ऑपरेशन मोठ्या कटिंग ऑपरेशनच्या शेवटी फिनिशिंगसाठी केले जाते.

## फाइल्स

ही सर्व कार्यशाळांमध्ये सर्वात जास्त वापरली जाणारी साधने आहेत; मुळात फाईल उच्च दर्जाच्या कठोर पोलादाने बनविली जाते. या फाइलचे काही महत्वाचे भाग आहेत, जे आकृती 2.18 मध्ये दाखवले आहेत. नामकरण येथे स्पष्ट केले आहे.



आकृती 2.18: फाइल नामकरण

**टिप किंवा एंड पॉइंट :** हा फाइलचा शेवटचा भाग आहे. जो टॅंगच्या विरुद्ध बाजूला आहे

**फेस किंवा बाजू :** फाइलचा सर्वात मोठा भाग ज्याच्या पृष्ठभागावर विविध नमुन्यात दातांची रचना असते.

**एज :** फाइलची उंची किंवा जाडी,



**हील :** हँडलच्या जवळ असणारी पण जिथून कोणतीही कटिंग होऊ शकत नाही अशी बाजू

**शोल्डर :** शरीरापासून टँग वेगळे करणाऱ्या फाईलचा वक्र भाग. ते शेवटाकडे निमुळते होते.

**टँग :** हँडलमध्ये बसणारा फाईलचा अरुंद कमी जाडीचाभाग.

**हँडल:** फाईलचा होल्डिंग भाग, सहसा लाकूड किंवा प्लास्टिकने बनवलेला. टँग हँडल मध्ये घातला जातो.

**फेरुल:** हँडलच्या सुरुवातीला संरक्षक धातूची गोलाकार अंगठी सारखे अच्छादन हँडलला सैल किंवा क्रॅक होण्यापासून रोखण्यास मदत करते.

## फायलींचे वर्गीकरण

फायलींच्याआधारे वर्गीकृत केल्या जाऊ शकतात

### 1. दातांची संरचना

- सिंगल कट फाईल्स
- डबल कट फाईल्स
- रास्प कट

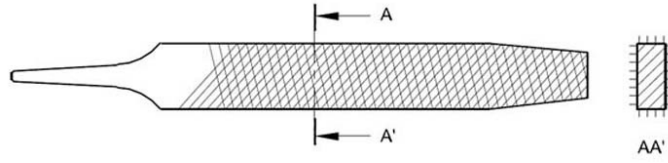
### 2. खडबडीतपणा

- रफ
- स्मूथ
- बास्टर्ड
- गुळगुळीत
- सुपर स्मूथ
- सेकंड कट

### 3. आकार किंवा क्रॉस सेक्शन

#### फ्लॅट फाईल

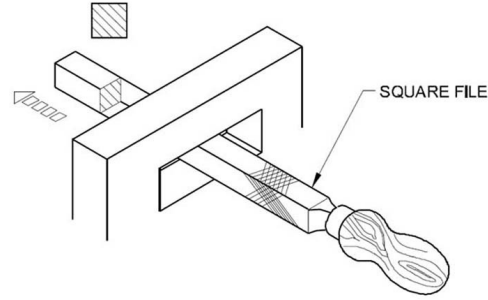
हे सेक्शनमध्ये आयताकृती आहे आणि 1/3 लांबीरंदी आणि टोकाच्या दिशेने जाडीसाठी निमुळती केली आहे. फेसमध्ये दुहेरी कापलेले दात असतात आणि कडा एकच कापलेले दात घेऊन जातात. ही एक सामान्य फाईल आहे. आकृती 2.19 मध्ये दर्शविले आहे.



आकृती 2.19: फ्लॅट फाइल

### स्क्वेअर फाइल

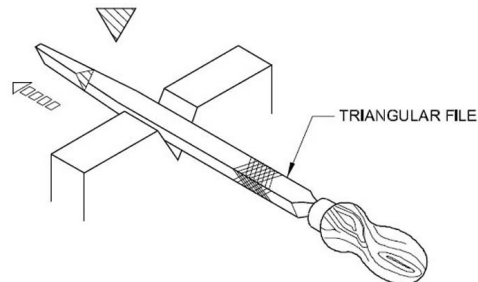
क्रॉस सेक्शन चौरस आहे, जो चौरस छिद्रे, अंतर्गत चौरस कोपरे भरण्यासाठी वापरला जातो, आयताकृती ओपनिंग्स, की वे आणि स्पाइन इ. आकृती 2.20 मध्ये दर्शविले आहे.



आकृती 2.20: चौरस फाइल

### त्रिकोणी फाइल

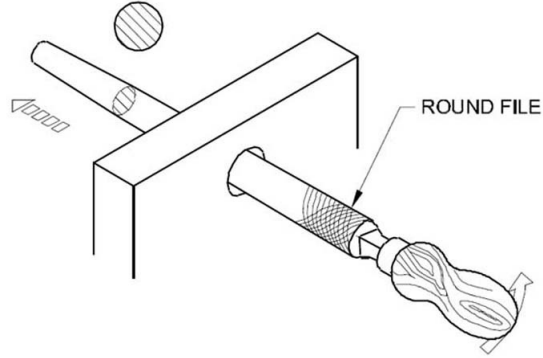
यात त्रिकोणी क्रॉस सेक्शन आहे, जे कोपरे आणि कोन, चॅनेल आणि व्ही-आकारखाच इत्यादी घासण्यासाठी वापरले जाते. आकृती 2.21 मध्ये दर्शविले आहे.



आकृती 2.21: त्रिकोणी फाइल

## गोल फाइल

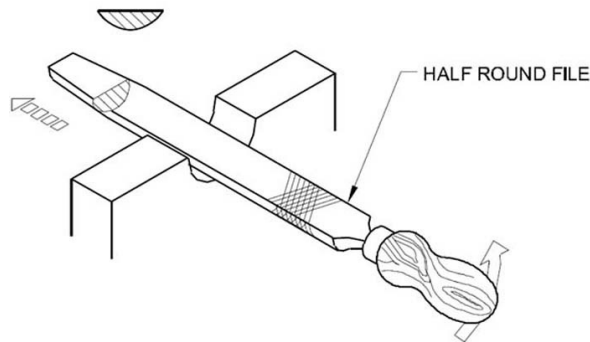
यात वर्तुळाकार क्रॉस विभाग आहे, जो वर्तुळाकार छिद्रे मोठे करण्यासाठी वापरला जातो आणि फिलेट आणि कोपऱ्यांसह बहुतेक प्रोफाइल या गोल फाईलसह वापर करतात. आकृती 2.3.4 (ई) मध्ये दर्शविले आहे.



आकृती 2.22: राऊंड फाइल

## अर्ध गोल फाइल

अर्ध गोल फाइल वर्तुळाच्या एका विभागाच्या आकारात आहे. हे अंतर्गत वक्र पृष्ठभाग घासण्यासाठी वापरले जाते. आकृती 2.23 मध्ये दर्शविले आहे.



आकृती 2.23: अर्ध गोल फाइल

## स्क्रॅपर्स

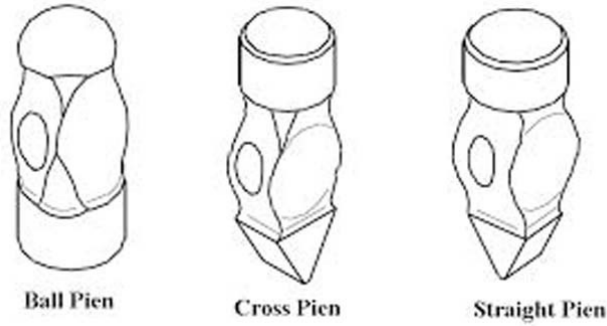
ही तीव्र धार असलेली साधने आहेत जी सहसा पृष्ठभागावरील असमान डाग काढण्यासाठी वापरली जातात. ते फ्लॅट, त्रिकोणी आणि अर्धगोल इत्यादी वेगवेगळ्या आकारांचे आहेत.

### 2.3.5 स्ट्रायकिंग टुल्स

वेगवेगळ्या ऑपरेशन दरम्यान वर्कपीस वर प्रहार करण्यासाठी ठोकण्यासाठी या साधनांचा वापर केला जातो. जसे पंचिंग, चिपिंग, स्ट्रेटनिंग इ. यासाठी लागणारी वेगवेगळी साधने खाली स्पष्ट केली आहेत.

#### हातोडा

सामान्यतः सगळीकडे वापरले जाणारे स्ट्राइकिंग टूल म्हणजे हातोडा. त्यांच्या आकारावर आणि वापरलेल्या सामग्रीच्या आधारे हॅमर्सची नावे दिली जातात. बॉलपीन हॅमर, स्ट्रेटपीन हॅमर, क्रॉसपीन हॅमर असे विविध प्रकार आहेत. ते आकृती 2.24 मध्ये दाखवले आहेत. बॉलपीन हॅमरचा पृष्ठभाग फ्लॅट असतो जो सामान्यतः कामासाठी वापरला जातो आणि आणि दुसऱ्या बाजूचा बॉल एंडरिव्हेटिंगसाठी वापरला जातो.



आकृती-2.24: हातोड्यांचे प्रकार

हातोड्यात हार्डन आणि टेम्पर्ड केलेल्या स्टीलचे हेड मजबूत लाकडी हँडलवर घट्ट बसवलेले असते. फ्लॅट ठळक पृष्ठभाग फेस म्हणून ओळखला जातो आणि उलट टोकाला पीन म्हणतात.

**मोगर/मॅलेट** हे सहसा कडक रबर किंवा लाकडाने बनवले जातात. वर्कपिसला कमीत कमी नुकसान पोचून हळुवारपणे आघात करण्यासाठी मोगर/मॅलेट वापरले जाते. आकृती 2.25 मध्ये दर्शविले आहे



आकृती-2.25: मॅलेट

## 2.4 पॉवर टूल्स

पॉवर टूल्स मानवी श्रमा व्यतिरिक्त अतिरिक्त विजेचा स्त्रोत वापरतात. सामान्य प्रकारच्या पॉवर टूल्समध्ये विद्युत, रासायनिक, इंधन, हायड्रोलिक किंवा न्यूमॅटिक स्त्रोतांचा वापर केला जातो. पॉवर टूल्स स्थिर किंवा पोर्टेबल आणि मुव्हेबल म्हणून वर्गीकृत केली जातात. पोर्टेबल पॉवर टूल्स कुठेही सोबत घेऊन जाता येतात हा त्याचा महत्वाचा फायदा आहे; मुव्हेबल साधनांच्या तुलनेत वेग आणि अचूकतेचे फायदे देखील मिळतात. पोर्टेबल पॉवर टूल्स एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी सहजपणे वाहून नेली जाऊ शकतात आणि सहसा एक व्यक्ती सहजपणे हाताळू शकेल इतकी हलकी असतात.

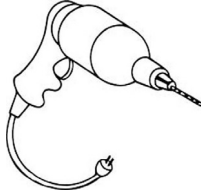
या यादी मध्ये पॉवर टूल्सचे खालील वर्गीकरण समाविष्ट असू शकते.

1. **इलेक्ट्रिक ऑपरेटेड पॉवर टूल्स**
  - ड्रिलर
  - सॉइंग
  - पॉलिशर
2. **रासायनिक प्रक्रिया आधारित पॉवर टूल्स (बॅटरी ऑपरेटेड)**
  - इम्पॅक्ट ड्रायव्हर
  - नेल गन
  - रिवेटगन
  - कॉर्डलेस ड्रिल
  - पॉवर स्कू ड्रायव्हर
3. **इंधनावर चालविली जाणारी वीज साधने**
  - चैन सॉ
  - ग्रास कटर
4. **हायड्रोलिक/न्यूमॅटिक ऑपरेटेड पॉवर टूल्स**
  - इम्पॅक्टरेंच
  - एअर गन
  - लिफ्टर्स
  - व्हॅक्यूम पंप

### ड्रिलर

कटिंग किंवा ड्रायव्हिंग टूल अटॅचमेंट (ड्रिल किंवा ड्रायव्हर बीट) असलेले पॉवर टूल, जे इलेक्ट्रिक मोटरसह कार्य करते आणि अटॅचमेंटला अतिशय जलद गतीने फिरवते जेणे करून मिळणारे ड्रिल एकसमान व त्वरित मिळेल. आकृती 2.4.1 मध्ये चक

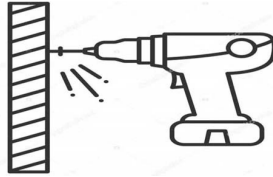
अटॅचमेंटने धरलेला आहे आणि लक्षावर केंद्रित करून दाबलेला आहे. वेगवेगळे ड्रिल बिट छिद्रे बनवण्यासाठी वापरले जाऊ शकते. ड्रिलर पोर्टेबल आणि मुव्हेबल असल्याने तो अगदी कुठेही सोबत नेला जाऊ शकतो. काही ड्रिलर बॅटरी पॉवरने चालवले जातात. ड्रिलर आकृती 2.26 मध्ये दाखवला आहे.



आकृती-2.26: पॉवर ड्रिलर

### पॉवर ऑपरेटेड स्कू ड्रायव्हर

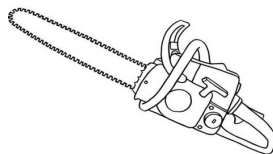
पॉवर ऑपरेटेड/बॅटरी ऑपरेटेड स्कू ड्रायव्हर आकृती 2.27 मध्ये दाखवला आहे. मुळात हे मॅन्युअल स्कू ड्रायव्हरसारखेच आहे, बॅटरीच्या स्वरूपात पॉवर ड्रिव्हन युनिटचा समावेश आहे. ही मशीन रिबेट बसविण्यासाठी आणि काढण्यासाठी अतिशय प्रभावीपणे आणि उत्तम कार्यक्षमतेने कार्य करते.



आकृती-2.27: पॉवर स्कू ड्रायव्हर

### चैन सॉ

लाकडाचा ओंडका कापण्यासाठी आणि झाडे कापण्यासाठी/ छाटण्यासाठी साखळी आरी वापरली जाते. हे छोटे पेट्रोल इंजिनद्वारे चालवले जाते. हे हाताळण्यास सोपे आहे आणि कोणत्याही दुर्गम भागात नेले जाऊ शकते. ऑपरेशन कार्यक्षम आणि जलद आहे. पावसाळ्यात या यंत्राचा वापर कामगार उखडलेली झाडे कापून रस्ते लवकर साफ करताना आपण पाहिला आहे; आकृती 2.4.3 मध्ये दर्शविले आहे.



आकृती- 2.28: पॉवर चैन सॉ

## इम्पॅक्ट रेंच

नट आणि बोल्टघट्ट करण्यासाठी / सैल करण्यासाठी वापरले जाणारे रेंच, सहसा अशा प्रकारची साधने त्याच्या ऑपरेशनसाठी न्यूमॅटिक पॉवरचा वापर करतात. आकृती 2.29 मध्ये योजनाबद्ध आकृती दर्शविली आहे.



. आकृती-2.29: न्यूमॅटिक इम्पॅक्ट रेंच

## मनोरंजक तथ्ये

18 व्या शतकातील औद्योगिक क्रांतीपूर्वी स्वयंपाकाची भांडी, वॅगन, जहाजे, फर्निचर आणि इतर उत्पादनांसारख्या वस्तूंच्या उत्पादनासाठी साहित्य कापण्यासाठी आणि आकार देण्यासाठी हातांनी वापरायच्या टूल्सचा वापर केला जात असे.

वाफेच्या इंजिनाचा शोधा बरोबरच पॉवर ड्रिल मशीन द्वारे बहुतेक वस्तूंचे उत्पादन वाढलं. एकोणिसाव्या शतकातील मास प्रॉडक्शन आणि आदला बदलीची सुगमता (इंटरचेंजएबिलिटी) साधण्यासाठी नाविष्यपूर्ण मशीन टूल्स आणि फिक्स्चर्स यांची आवश्यकता निर्माण झाली.

अश्मयुगीन मानवाने तयार केलेली दगडाची हत्यारे, साधने त्याकाळची टूल्स होती. दगडांपासून हत्यार बनवताना त्यांना दगडी चिरे विशिष्ट प्रकारच्या दगडावर घासून फिनिशिंग करता येत असत. या पात्यांपासून शिकारी योग्य हत्यार तयार करता येत होती.

## व्हिडिओ संसाधने



### युनिट सारांश

- CNC मशीनिंग ही फॅब्रिकेशन पद्धत आहे जिथे लिखित अल्फा-न्यूमेरिक कोड उत्पादन प्रक्रियेतील यंत्र सामग्री आणि त्याच्या ॲक्सेसरीजवर नियंत्रण ठेवते. या कोड संहितेमुळे कटिंग टूलच्या हालचालीपासून, त्याचा स्पिन्डल वेग, कटिंग ॲक्सिस रोटेशन, फीड, डेपथ इ. पासून सर्व काही ठरवता येतात. CNC मशीनिंग ही मटेरियलची वजाबाकीची (Subtractive) पद्धत आहे.
- अद्ययावत आणि अधिक गुंतागुंतीचे भाग प्रभावीपणे आणि कार्यक्षमतेने मशीन केले जाऊ शकतात.
- ॲडीटिव्ह मॅन्युफॅक्चरिंगला रॅपिड प्रोटोटायपिंग किंवा थ्रीडी प्रिंटिंग म्हणूनही संबोधले जाते. जे सामग्रीच्या एकापाठोपाठ एक क्रमिक थरांच्या आधारे कार्य करते, ते त्रिमितीय वस्तू तयार करण्यासाठी वापरले जाते. ॲडीटिव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग मुळे उत्पादकतेच्या सीमा विस्तारत आहेत. सुरुवातीला रॅपिड प्रोटोटायपिंगने उत्पादनपूर्व मॉडेलसच्या व्हिज्युअलायझेशन पुरते मर्यादित होते. सध्या या पद्धतीचा वापर विमान, दातांचे पुनर्रोपण, वैद्यकीय प्रत्यारोपण, ऑटोमोबाईल्स आणि अगदी फॅशन डिझाइन उत्पादनांमध्ये अंतिम वापरकर्त्याची उत्पादने तयार करण्यात येतो आहे.
- वर्कशॉप मधील वर्कबेंच वर केली जाणारी अनेक कामे ही फिटिंगची कामे म्हणून संबोधले जातात. ज्यामध्ये हातात धरायच्या अनेक साधनांनी, हत्यारांनी काम केलं जातं. फिटिंगशॉप मधील हँड ऑपरेशन्समध्ये हाताची साधने किंवा पॉवर ऑपरेटेड पोर्टेबलटूल्स वापरून मार्किंग, फाइलिंग, सॉइंग, स्कॅपिंग, ड्रिलिंग, टॅपिंग, ग्राइंडिंग इत्यादींचा समावेश आहे. पॉवर ऑपरेटेड साधने म्हणजे वेळेची बचत आणि गरजेची पूर्तता करण्यासाठी शोधलेली कार्यक्षम उपकरणे. यापूर्वी पारंपरिक साधनांचा वापर यांनी अशा प्रकारची कामे करण्यास लक्षणीय वेळ लागत होता.

### स्वाध्याय

#### सरावासाठी प्रश्न

Sl. No	प्रश्न	CO	BL	PO	PI Code
1	CNC मशीन्सना उच्च अचूक यंत्रे का म्हणतात	2	L 1	1	1.4.1
2	पारंपारिक मशीनपेक्षा CNC मशीन्सच्या फायद्यांबद्दल चर्चा करा	2	L 1	1	1.4.1
3	रॅपिड प्रोटोटायपिंग हे जगण्याचे नवीन तंत्रज्ञान आहे, चर्चा करा.	2	L 1	1	1.4.1
4	ॲडीटिव्ह मॅन्युफॅक्चरिंगसाठी संभाव्य उपयोग क्षेत्रांची यादी करा	2	L 1	1	1.4.1
5	दैनंदिन जीवनातील फिटिंग ऑपरेशनपासून बनवलेल्या उत्पादनांची यादी बनवा.	2	L 1	1	1.4.1
6	मेटल फिटिंग मॉडेल बनविण्याची प्रक्रिया क्रमवार लिहा.	2	L 1	1	1.4.1
7	पॉवर टूल उपकरणांमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या वेगवेगळ्या वीज स्त्रोतांवर चर्चा करा.	2	L 1	1	1.4.1



## बहुपर्यायी प्रश्न

Sl. No	प्रश्न	उत्तर:	CO	BL	PO	PI Code*
1	CNC मशीनिंगमध्ये ___ सारख्या ऑपरेशन्सचा समावेश नाही अ) मिलिंग ब) बोअरिंग क) वेल्डिंग ड) टॅपिंग	क	2	L 1	1	1.4.1
2	CNC मशीनिंगसाठी कुशल प्रोग्रामर आवश्यक आहे. अ) खरे ब) खोटे	अ	2	L 1	1	1.4.1
3	रॅपिड प्रोटोटायपिंग प्रक्रियेसाठी खालीलपैकी कोणती पायरी महत्वाची आहे ? अ) डिझाइनचे कॅड मॉडेल तयार करा ब) CAD मॉडेलचे STL स्वरूपात रूपांतर क) STL फाइल पातळ क्रॉस-सेक्शनल थरांमध्ये स्लाईस करा ड) वर नमूद केलेले सर्व	ड	2	L 1	1	1.4.1
4	एक्सट्रूजन-आधारित थ्री डी प्रिंटिंग RP प्रणालीमध्ये, वापरले जाणारे कच्चे मालाचे स्वरूप _____ अ) मेण ब) पावडर क) रबर ड) वायर	ड	2	L 1	1	1.4.1
5	ग्राइंडर वापरताना आपण नेहमीच डोळ्यांचे संरक्षण केले पाहिजे. अ) खरे ब) खोटे	अ	2	L 1	1	1.4.1

\* परफॉर्मन्स इंडिकेटर कोड AICTE परीक्षा सुधारणा दस्तऐवजातून संदर्भित केला आहे

## शिक्षकांसाठी अधिक माहिती

- पार्ट प्रोग्राम निर्मिती, प्रोग्रामिंगसाठी जी आणि एम कोडचा वापर
- मशीन इ ऑपरेशन्स मध्ये वापरात येणारी गणितीय संरचना आणि सूत्रे.
- रॅपिड प्रोटोटायपिंग / ॲडिटीव्ह मॅन्युफॅक्चरिंगमध्ये वापरली जाणारी एएसटीएम मानके.
- उपलब्ध संसाधनांसह ॲडिटीव्ह मॅन्युफॅक्चरिंग प्रात्यक्षिक.
- मॉडेलड्रॉईंगनुसार ऑपरेशन्स साठी लागणारी क्रमवार रचना व त्यासाठी लागणारी योग्य साधने.
- शैक्षणिक उपक्रमांना साठी लागणारी पॉवर टूल्स तयार करणे.

### संदर्भ आणि वाचनीय लेख

- Prof. Dr.-Ing.Andreas Gebhardt “Understanding Additive Manufacturing”, 2011, Hanser Publications, Cincinnati, USA
- “Work Shop Manual”, 2020, JSS Science and Technology University, Mysore
- Mikell P. Groover, “Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems” 4th ed. 2014, John Wiley & Sons, Inc publication.
- Fundamentals of CNC Machining, A Practical Guide for Beginners by Auto Desk
- Rapid Manufacturing Course on NPTEL by IIT, Kanpur

# 3

## इलेक्ट्रिकल आणि इलेक्ट्रॉनिक्स

### युनिट वैशिष्ट्ये

या युनिटमध्ये इलेक्ट्रिक संज्ञा, रेजिस्टन्सची सिरीज व पॅरलल मांडणी, ट्रान्सफॉर्मर, इलेक्ट्रिक मोटार, ड्राईव्ह इलेक्ट्रॉनिक्स इंजिनिअरिंग विषयांची चर्चा विस्ताराने केली आहे. इलेक्ट्रिक व इलेक्ट्रॉनिक्स इंजिनिअरिंग या विषयाचे मूलभूत आकलन आणि आकृत्यांसह सर्किटचे प्रॅक्टिकल उपयोग यांची चर्चा केली आहे.

### भूमिका

इलेक्ट्रिकल/ इलेक्ट्रॉनिक इंजिनिअरिंग ही मुख्य व्यावसायिक अभियांत्रिकी विद्याशाखा आहे. हे विद्युत, इलेक्ट्रॉनिक्स आणि इलेक्ट्रो-मॅग्नेटिझमच्या अभ्यास आणि उपयोगितेशी संबंधित आहे. एकोणिसाव्या शतकाच्या उत्तरार्धात स्थापत्य आणि यांत्रिक अभियांत्रिकीसह या क्षेत्रांनी आपली व्यावसायिक ओळख बनवली. याचे कारण म्हणजे इलेक्ट्रिकल टेलिग्राफ आणि वीजपुरवठ्याची प्रचंड मागणी यामुळे या क्षेत्रात व्यवसायाच्या अनेक संधी निर्माण झाल्या. या क्षेत्रात आता अनेक उप-विद्याशाखांचा समावेश होतो आहे, ज्यामध्ये पॉवरइलेक्ट्रॉनिक्स ऑटो इलेक्ट्रॉनिक्स डिजिटल इलेक्ट्रॉनिक्स रोबोटिक्स ऑटोमोटिव्ह इलेक्ट्रॉनिक्स मोबाइल कम्युनिकेशन कम्युटर सायन्स, आर्टिफिशियल इंटेलिजन्स, कंट्रोल सिस्टम्स, इलेक्ट्रॉनिक्स, सिग्नल प्रोसेसिंग आणि टेलिकम्युनिकेशन्स, इन्स्ट्रुमेंटेशन आणि इतर अनेक गोष्टींचा समावेश आहे.

इलेक्ट्रिकल इंजिनिअरिंगमध्ये इलेक्ट्रॉनिक्स अभियांत्रिकीचा समावेश होऊ शकतो किंवा होऊ शकत नाही. सध्या इलेक्ट्रिकल इंजिनिअरिंगमध्ये वीज निर्मिती आणि वितरण तसेच वीज पारेषण आणि मोटार नियंत्रण या सारख्या मोठ्या प्रमाणात विद्युत प्रणालींशी संबंधित समस्यांचा प्रामुख्याने विचार होतो, तर इलेक्ट्रॉनिक्स इंजिनीअरिंग ही विद्याशाखा तयार केलेल्या विजेची उपयुक्तता हाताळते. या अभ्यासात संगणक आणि इंटिग्रेटेड सर्किटसह छोट्या मोठ्या इलेक्ट्रॉनिक प्रणालींचा समावेश असू शकतो. आता निश्चितपणे या दोघांमधला फरक आपल्या लक्षात येईल की विद्युत अभियांत्रिकी म्हणजे ऊर्जा निर्मिती व तिच्या वापराशी निगडित आहे, तर इलेक्ट्रॉनिक्स इंजिनीअर या विजेचा वापर माहिती प्रसारित करण्यासाठी करतो.

### आवश्यक पूर्व ज्ञान

- कंडक्टरचे प्रकार
- सर्किट ड्रॉइंग
- विद्युत वायरिंग
- सुरक्षा उपकरणे

### युनिट आउटकम

हा पाठ शिकल्यानंतर विद्यार्थी:

U3-O1: विद्युत प्रणालीचे वेगवेगळे घटक ओळखू शकतील

U3-O2: इलेक्ट्रिकल आणि इलेक्ट्रॉनिक इंजिनिअरिंगचे नियम वापरून सिम्पल सर्किट तयार करू शकतील.

U3-O3 : इलेक्ट्रिकल/इलेक्ट्रॉनिक सर्किटवर भाष्य करता येईल.

U3-O4 : इलेक्ट्रिकल मोटर्सच्या उपयुक्ततेत फरक करता येईल.

U3-O5: ओपन लूप व क्लोज्ड लूपच्या या संकल्पना कंट्रोल सिस्टम्स मध्ये वापरता येतील.

युनिट - 3 आउटकम	कोर्स आउटकमसह अपेक्षित मॅपिंग (1- किमान परस्परसंबंध; 2- मध्यम परस्परसंबंध; 3- घनिष्ट परस्परसंबंध)				
	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5
U3-O1			1		
U3-O2			1		
U3-O3			1		
U3-O4			1		
U3-O5			1		

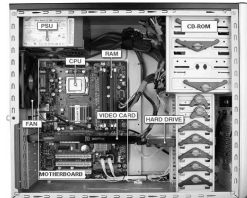
### 3.1 परिचय

इलेक्ट्रिकल इंजिनिअरिंग आपल्या प्रत्येकाच्या आयुष्याचा अविभाज्य भाग झाला आहे. जरी आपण प्रत्यक्ष करंट पाहू शकत नसू तरी यामुळे चालणारी उपकरणे आपण पाहू शकतो. घरगुती आणि औद्योगिक उपकरणे, जड यंत्र सामग्री, विद्युत दिवे इत्यादी चालविण्यासाठी वीज पुरवठा याद्वारे होतो. मोबाइल, टेलिफोन, रेडिओ, संगणक, टेलिव्हिजन आणि इतर सर्व कंज्युमर इलेक्ट्रॉनिक उपकरणे या सारख्या विजेवर चालणाऱ्या संप्रेषण उपकरणांचाही समावेश होतो. अर्थातच इलेक्ट्रॉनिक्स मुळे आपल्या सभोवतालचं आयुष्य दरोज बदलत आहे. अगदी हाताने ऑपरेट करण्यासारख्या कॅल्क्युलेटर, संगणक आणि कंट्रोलर यांसारख्या व्यापक उपकरणांद्वारे रोबोट, वाहने, विमाने, उपग्रह आणि इतर अनेक गोष्टी चालविण्यास मदत होते.

खालील चित्रांमधून सध्याच्या आपल्या जीवनामध्ये इलेक्ट्रिकल आणि इलेक्ट्रॉनिक्स अभियांत्रिकीच्या वेगवेगळ्या उपयोगिता लक्षात येतील. आकृती 3.1 मध्ये दर्शविले आहे.



आकृती 3.1 : अ) इलेक्ट्रिक बल्ब



ब) संगणक CPU



क) मोबाइल फोन सर्किट

या मॉड्यूल मध्ये आपण विद्युत आणि इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांची मूलतत्त्वे आणि उपयोगिता यावर चर्चा करणार आहोत. विद्युत धारा म्हणजे वाहकातील इलेक्ट्रॉनचा प्रवाह. डायरेक्ट करंट (DC) आणि अल्टरनेटिंग करंट (AC) असे दोन प्रकारचे विद्युत प्रवाह उपलब्ध आहेत. डायरेक्ट करंट हा एकाच दिशेने वाहतो आणि यामध्ये विद्युत दाब हा न बदलणारा असतो, तर अल्टरनेटिंग करंट मध्ये विद्युत दाब/ विभवांतरसह वेळोवेळी दिशा बदलत असतो. थॉमस अल्वा एडिसन आणि अलेक्झांड्रो व्होल्टा यांना DC करंट उद्गाते म्हणून संबोधलं जातं आणि त्यांनी खऱ्या अर्थाने विजेचा इतिहास लिहिला. परंतु समाजाच्या वाढत्या गरजांनुसार लांब पारिषण यासाठी DC करंट अकार्यक्षम ठरू लागले. निकोला टेसला या शास्त्रज्ञांनी लावलेल्या अल्टरनेटिंग करंटच्या शोधाबरोबरच विद्युत प्रणालीमध्ये बरेच बदल झाले. AC मुळे लांब पारिषणासाठी आवश्यक असणारे उच्च व्होल्टेज तयार करणे शक्य आहे. म्हणूनच सध्या वापरात असणाऱ्या पोर्टेबल उपकरणांमध्ये DC पॉवरचा वापर होतो तर मोठ्या वीज निर्मिती प्रकल्पांमध्ये AC करंट चा वापर होतो. या पार्श्वभूमीसह आपण पारिभाषिक शब्दापासून सुरुवात करू या.

### 3.2 पारिभाषिक शब्द

इलेक्ट्रिक सर्किट म्हणजे व्होल्टेज सोर्स, करंट, रिसिस्टर्स, इंडक्टर आणि कॅपेसिटर अशा विविध घटकांचा परस्परसंबंध दाखवणारी केलेली हेतुपूर्वक मांडणी. इलेक्ट्रिक सर्किटमध्ये दोन प्रकारचे घटक असतात, ते असे.

**एक्टिव्ह इलेमेंट किंवा सोर्स :** यांच्याकडे स्वतःची ऊर्जा असते आणि ते सर्किटच्या इतर घटकांना देऊ शकतात. (1) व्होल्टेज सोर्स (2) करंट सोर्स

**पॅसिव्ह इलेमेंट किंवा सिंक:** यांच्याकडे स्वतःची ऊर्जा नसते. त्यांना सोर्स मधून ऊर्जा मिळते. पॅसिव्ह इलेमेंट म्हणजे रेजिस्टन्स, इंडक्टन्स आणि कॅपेसिटन्स.

**विद्युत प्रवाह (करंट):** विद्युत प्रवाह किंवा करंट म्हणजे वाहकातील इलेक्ट्रॉनचा प्रवाह एका बिंदू कडून दुसऱ्या बिंदूकडे वाहत जातो. हे इंग्रजी “I” द्वारे दर्शविले जाते आणि आणि एंपियर हे त्याचे मोजण्याचे एकक आहे.

करंट प्रवाहातील एक अॅम्पेरीची व्याख्या अशी एक अॅम्पियर म्हणजे एक कुलॉंब प्रति सेकंद.

$$I=q/t$$

**रेजिस्टन्स :** हे कंडक्टर चे वैशिष्ट्य आहे ज्याच्या आधारावर, तो विद्युत प्रवाहाला विरोध करतो किंवा मर्यादित करतो. करंट रोधाचे (रेजिस्टन्स) चे एकक ओहम आहे. ओहम हे  $\Omega$  असे दर्शवतात. कंडक्टरचा करंट लांबीच्या समप्रमाणात (1) आणि क्षेत्रफळाच्या व्यस्त प्रमाणानुसार असतो

$$R=l/a$$

$$\text{किंवा} \quad R= \rho l/a$$

इथे  $\rho$  स्पेसिफिक रेजिस्टन्स आहे.

**रिले :** रिले हा मुळात एक स्विच आहे, जो सर्किट उघडण्यासाठी किंवा बंद करण्यासाठी वापरला जातो. हा अपेक्षित परिणाम निर्माण करण्यासाठी विज प्रवाहावर नियंत्रण ठेवतो.

**इलेक्ट्रिक पोटेंशियल:** विभवांतर (इलेक्ट्रिक पोटेंशियल) एका बिंदूपासून दुसऱ्या बिंदूपर्यंत पॉझिटिव्ह चार्ज निर्माण करण्यासाठी करावयाचे लागणारे एकूण कार्य म्हणजे विभवांतर. त्या बिंदूपर्यंत मापनाचे एकक व्होल्ट (V) आहे.

**व्होल्ट :** एक अँपेअर विद्युत भारामुळे तयार होणारी किंवा खर्च होणारी ऊर्जा.

**इलेक्ट्रोमोटिव्ह फोर्स (EMF):** वाहका मधून एका मुक्त इलेक्ट्रॉनला एका दिशेने वाहून नेण्यासाठी लागणारे एफर्ट म्हणजे एलेक्ट्रोमोटिव्ह फोर्स. ते व्होल्ट मध्ये मोजले जाते. इलेक्ट्रॉनची हालचाल ही नेहमी निगेटिव्ह कडून पॉझिटिव्ह कडे जाणारी असते तर विद्युत प्रवाहाची हालचाल नेहमीच पॉझिटिव्ह कडून निगेटिव्ह कडे जाणारी असते.

**ओहम्स लॉ :** कंडक्टरच्या कोणत्याही दोन बिंदूंमधील पोटेंशियल डिफरन्सचे प्रमाण (V)  $v$  त्यांचा त्या मधून वाहणाऱ्या विद्युत धारेचे गुणोत्तर नेहमी स्थिर असते.

$$\text{Constant} = V/I \text{ किंवा } R = V/I$$

हा लॉ AC आणि DC चालू दोन्ही सर्किटसाठी लागू आहे.

**इलेक्ट्रिकल पॉवर (P):** इलेक्ट्रिक सर्किटमध्ये इलेक्ट्रिक कार्य कोणत्या दराने केले जाते, त्याला इलेक्ट्रिक पॉवर असे संबोधले जाते  $P = w/t = VI$   $t=VI$

हे जूलस प्रति सेकंद मध्ये किंवा वॅट्समध्ये मोजले जाते.

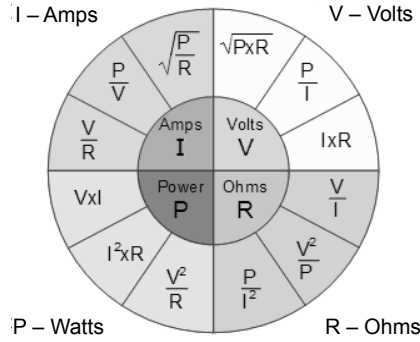
ओहम्स लॉनुसार

$$V=IR$$

म्हणजे

$$P = I^2R$$

आता वरील समीकरणे सहज समजून घेण्यासाठी आपण त्यांना एकत्रित करू. AC आणि DC दोन्ही सर्किटसाठी साधा ओहमचा लॉ पाई चार्ट. आकृती 3.2 मध्ये दर्शविला आहे.



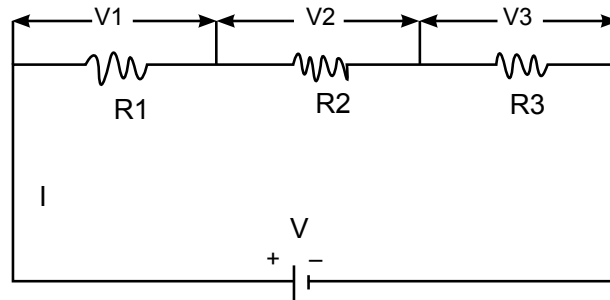
आकृती-3.2: ओहमचा लॉ पाई चार्ट

**फॅराडेचा इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक इंडक्शनचा पहिला नियम:** जेव्हा कंडक्टरला बदलत्या चुंबकीय क्षेत्रामध्ये ठेवले जाते, इलेक्ट्रोमोटिव्ह बल प्रेरित केले जाते. तेव्हा एलेक्ट्रोमोटिव्ह फोर्स निर्माण होतो. जर कंडक्टर सर्किट बंद असेल तर करंट तयार होतो, ज्याला इंड्युज्ड करंट (Induced Current) म्हणतात.

**फॅराडेचा इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक इंडक्शनचा दुसरा नियम:** जेव्हा कंडक्टरला बदलत्या चुंबकीय क्षेत्रामध्ये ठेवले जाते, इलेक्ट्रोमोटिव्ह बल प्रेरित केले जाते. तेव्हा एलेक्ट्रोमोटिव्ह फोर्स निर्माण होतो. induced e.m.f. फ्लक्स लिंकेजच्या बदलाच्या दराइतकेच असते.

### 3.3 रेजिस्टन्सची सिरीज मधील मांडणी :

आवश्यकता आणि उपयोजिता यांच्यानुसार रेजिस्टन्सची मांडणी समांतर (पॅरलल) किंवा मालिकेत (सिरीज) जोडला जाऊ शकतो. या सिरीजच्या कनेक्शनमुळे रेजिस्टन्सचा व्होल्टेजवर होणारा परिणाम जाणून घेऊ या.  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  हे तीन रेजिस्टन्स आकृती 3.3 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे मालिकेत (सिरीज) जोडलेले आहेत. चला 'V' सर्किटमध्ये लागू केलेले एकूण व्होल्टेज तर आणि 'I' म्हणजे सर्किटमधून वाहणारा करंट आहे.



आकृती-3.3: रेजिस्टन्सची सिरीज मधील मांडणी

$V_1, V_2, V_3$  अनुक्रमे  $R_1, R_2, R_3$  दरम्यान झालेले व्होल्टेज ड्रॉप्स आहेत

$$V_1 + V_2 + V_3 = V = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

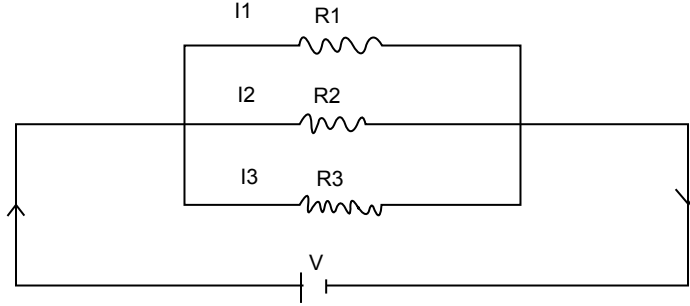
ओहमच्या नियमाच्या आधारे  $V = I R_{eq} = I (R_1 + R_2 + R_3)$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + + + + + + + + + R_n$$

अशा प्रकारे मालिकेच्या सर्किटचा एकूण किंवा समकक्ष रेजिस्टन्स म्हणजे मालिकेत जोडलेल्या रेजिस्टन्सची अंकगणितीय बेरीज आहे.

### 3.4 रेजिस्टन्सची पॅरलल मधील मांडणी

$R_1, R_2, R_3$  हे तीन रेजिस्टन्स सर्किटमध्ये व्होल्टेज  $V$  व्होल्टच्या समांतर जोडलेले आहेत. मग  $I$  हा एकूण प्रवाह  $I_1, I_2, I_3$  मध्ये विभागला गेला आहे आणि अनुक्रमे  $R_1, R_2$ , &  $R_3$  रेजिस्टन्स मधून वाहत आहे. आकृती 3.4 समांतर कनेक्शनसाठी सर्किट आकृती दर्शविते.



आकृती-3.4: पॅरलल मध्ये रेजिस्टन्स

$$\text{Let } I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

$$I = V \left[ \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right]$$

$$I = V \left[ \frac{1}{R_{eq}} \right]$$



अशा प्रकारे

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \frac{1}{R4} + + + + + + + + + \frac{1}{Rn}$$

करंट होल्टेज यांचा वापर करून हा नियम समजून घेता येईल

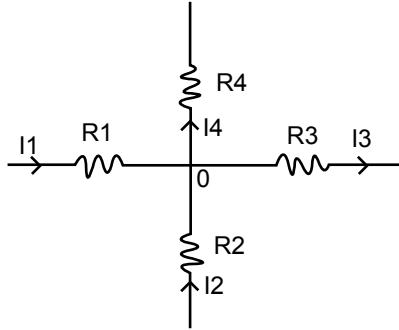
### 3.5 किर्चहॉफचा नियम

#### 3.5.1 करंटचा नियम

इलेक्ट्रिक सर्किटच्या कोणत्याही जंक्शनवर एकलित येणाऱ्या सर्व प्रवाहांची बीजगणितीय बेरीज शून्य आहे.

$$\sum I = 0$$

आकृती 3.5 च्या मदतीने, एका गुंतागुंतीच्या इलेक्ट्रिक सर्किटमध्ये जंक्शन पॉईंट "O" चा विचार करा ज्यात I1, I2, I3 आणि I4 हे चार प्रवाह भेटतील. जंक्शन च्या दिशेने वाहत जाणारे करंट हे पॉझिटिव्ह समजले जातात तर जंक्शन पासून दुसरी कडे जाणारे करंट निगेटिव्ह समजले जातात.



आकृती-3.5: करंटचा नियम

किरचॉफच्या करंटच्या नियमानुसार

$$I1 + I2 - I3 - I4 = 0$$

किंवा

$$I1 + I2 = I3 + I4$$

आपण असे सांगू शकतो की, “इलेक्ट्रिक सर्किटच्या कोणत्याही जंक्शन पॉईंटवरवर जंक्शनमध्ये प्रवेश करणाऱ्या सर्व प्रवाहाची बेरीज जंक्शन मधून बाहेर पडणाऱ्या सर्व करंटच्या बेरीजेच्या सम प्रमाणात आहे”.

### 3.5.2 व्होल्टेज नियम

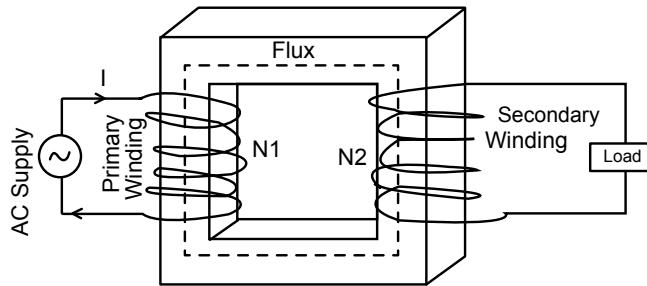
नेटवर्कमधील कोणत्याही क्लोजमेश मधील प्रत्येक कंडक्टर मधून वाहत असलेला विद्युत प्रवाह आणि विद्युत रोध यांचा गुणाकार आणि त्या मार्गातील विद्युत चुंबकीय बलाची (ई.एम.एफ) ची बीजगणितीय बेरीज शून्य असते. दुसऱ्या शब्दांत सांगायचे तर, “कोणत्याही बंदिस्त विद्युत सर्किटमध्ये, सर्व ई.एम.एफ. आणि रेजेस्टिव्ह ड्रॉप यांची बीज गणितीय बेरीज शून्याच्या बरोबरीची असते”.

$$\sum IR + \sum e.m.f = 0$$

सहसा व्होल्टेजमधील वाढ पॉझिटिव्ह (+) चिन्हांनी दर्शवली पाहिजे आणि निगेटिव्ह (-) चिन्हांनी व्होल्टेजमधील घसरण साठी वापरले जाते. जेव्हा आपण बॅटरीच्या निगेटिव्ह (-) टर्मिनलवरून त्याच्या पॉझिटिव्ह (+) टर्मिनलकडे जातो. तेव्हा वोल्टेज मध्ये वाढ होते म्हणून व्होल्टेजला पॉझिटिव्ह चिन्ह दिले पाहिजे. दुसऱ्या बाजूला पॉझिटिव्ह टर्मिनल पासून निगेटिव्ह टर्मिनल पर्यंत वोल्टेज मध्ये घट होते ती निगेटिव्ह चिन्हांनी दर्शविली जाते.

### 3.6 ट्रान्सफॉर्मर

ट्रान्सफॉर्मर हा डिव्हाइसचा स्थिर भाग आहे, ज्याद्वारे इलेक्ट्रिक पॉवर एका अल्टरनेटिंग करंट सर्किट मधून दुसऱ्या अल्टरनेटिंग करंट सर्किट मध्ये फ्रिक्वेन्सी मध्ये कोणताही बदल न करता रुपांतरीत केली जाते व आपल्याला पाहिजे असलेल्या वोल्टेज आणि करंट मध्ये रुपांतरीत होते.



आकृती-3.6: ट्रान्सफॉर्मर

ट्रान्सफॉर्मरचे कार्य करण्याचे मूलतत्त्व आकृती 3.6 च्या मदतीने समजून घेता येईल. म्युच्युअल इंडक्शनच्या बेसिक प्रिंसिपल नुसार असे म्हटले आहे की, जेव्हा जोडलेल्या दोन कॉइल मधील एका कॉइल मधून वाहणाऱ्या करंट मध्ये एकसमानपणे बदल केल्यास दुसऱ्या कॉइलमध्ये तेव्हा ई.एम.एफ (EMF) मध्ये प्रेरित होतो. ज्यावेळेस सर्किट क्लोज आहे त्यावेळेस करंटला ई.एम.एफ (EMF) चालू करू शकते. अशाच पद्धतीने फिल्ड ट्रान्सफॉर्मर काम करतो. दोन इंडक्टिव्ह कॉइल सामायिक चुंबकीय सर्किटद्वारे जोडलेले असले तरी देखील त्यांची इलेक्ट्रिकल कनेक्शन्स वेगळी असतात. दोन्ही कॉइल मध्ये हाय इंडक्टन्स असतो. ज्या कॉइलमध्ये AC स्रोतातून विद्युत ऊर्जा दिली जाते त्याला प्रायमरी वाइंडिंग म्हणतात. यात N1 टर्न ची संख्या आहे आणि जिथून ऊर्जा काढली जाते त्याला सेकंडरी रिवाइंडिंग असे म्हणतात. त्यावर N 2 टर्न ची संख्या आहे.

### 3.6.1 उपयोग

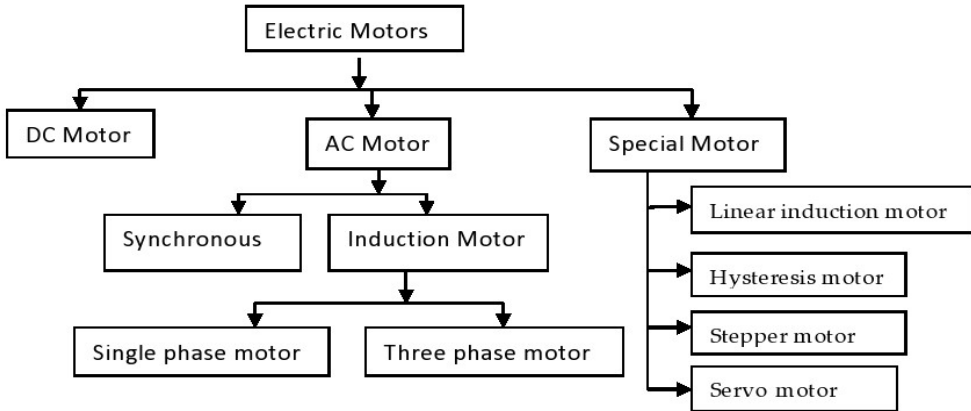
- इलेक्ट्रिक ट्रान्समिशन, वितरण लाईन्स मधील वोल्टेज स्टेप-अप किंवा स्टेप-डाऊन करण्यासाठी वापरता येतात.
- वेल्डिंग शॉपमध्ये वापरले जाणारे वेल्डिंग मशीन.
- प्रत्येक घरात ट्रान्सफॉर्मर (रिक्टीफायर) असतात; ते चार्जर युनिटच्या आत आहेत जे आपण आपला सेल फोन/लॅपटॉप किंवा इतर डिव्हाइस रिचार्ज करण्यासाठी वापरतो.

## 3.7 इलेक्ट्रिक मोटर्स

इलेक्ट्रिक मोटर हे एक इलेक्ट्रिक मशीन आहे जे पुरवठा केलेल्या विद्युत ऊर्जेचे यांत्रिक ऊर्जेत रूपांतर करते. इलेक्ट्रिक मोटर चुंबकीय क्षेत्र आणि वायर वाइंडिंगमधील विद्युतप्रवाह यांच्यातील इंटरॅक्शनद्वारे कार्य करते. यामुळे मोटरच्या शाफ्टवर टॉर्क नावाचा फोर्स तयार होईल. इलेक्ट्रिक मोटर्स डायरेक्ट करंट (DC) स्त्रोतांद्वारे बॅटरी किंवा रिक्टीफायर चालविल्या जाऊ शकतात, याशिवाय डायरेक्ट पॉवर ग्रिड मधून घेतल्या जाणाऱ्या अल्टरनेटिंग करंटवर इन्व्हर्टर, इलेक्ट्रिक जनरेटर अशी साधने चालतात. ऑटोमोबाईल्स, ट्रेन्स, इंडस्ट्रियल पॉवर टूल्स, फॅन्स, वातानुकूलन उपकरणे, घरगुती उपकरणे, डिस्क ड्राइव्ह आणि अगदी काही इलेक्ट्रिक घड्याळांमध्ये मायक्रो आकाराच्या मोटर्सचा वापर केला जातो.

### 3.7.1 मोटर्सचे वर्गीकरण

तपशीलवार वर्गीकरण खाली आकृती 3.7 मध्ये दर्शविले आहे.

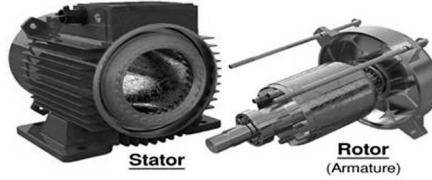


आकृती-3.7: इलेक्ट्रिक मोटार वर्गीकरण

वर नमूद केलेल्या मोटर्सच्या वर्गीकरणांपैकी DC मोटर ही एकमेव मोटार आहे जी डायरेक्ट करंटद्वारे चालविली जाते. बाकी सर्व AC इलेक्ट्रिक मोटर्स आहेत ज्या इलेक्ट्रिक करंटवर चालतात.

### 3.7.2 श्री फेज इंडक्शनमोटर

श्री फेज इंडक्शन मोटर ही एक AC इंडक्शन मोटर आहे जी सिंगल फेज वर चालणाऱ्या सिंगल फेज इंडक्शन मोटर ऐवजी ऐवजी श्री फेज सप्लाय वर काम करते. श्री फेज सप्लाय स्टेटर वाईंडिंगमध्ये विद्युत चुंबकीय क्षेत्र तयार करतो ज्यामुळे रोटर वाईंडिंगमध्ये टॉर्क तयार होतो. आकृती 3.8 मध्ये 3-फेज इंडक्शन मोटरचा स्टेटर आणि रोटर दर्शविला आहे.



आकृती-3.8: स्टेटर आणि रोटर

इंडक्शन मोटर इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक इंडक्शन च्या तत्त्वावर काम करते. जेव्हा स्टेटर वाईंडिंगला श्री फेज सप्लाय दिला जातो, तेव्हा स्थिर चुंबकीय क्षेत्राचे रोटेटिंग मॅग्नेटिक फिल्ड (R.M.F) तयार होते. या रोटेटिंग मॅग्नेटिक फिल्डचा स्पीड सिंक्रोनस स्पीड आहे, NS rpm आहे. हे फिरते क्षेत्र रोटर भोवती रोटेटिंग पोल सारखा परिणाम तयार करते. या मॅग्नेटिक फिल्डची दिशा क्लॉकवाईज घेतात.

आता या स्थितीत रोटर हा स्थिर आहे तर स्टेटर मध्ये R.M.F. फिरत आहे. यातून हे लक्षात येते की R.M.F आणि रोटर या दोघांमध्ये रिलेटिव्ह मोशन आहे. आता जसा R.M.F. रोटर कंडक्टर वरून जातो तसा R.M.F द्वारे तयार होणारे चुंबकीय क्षेत्र रोटर कंडक्टर द्वारे कापले जाते. जेव्हा जेव्हा एखादा कंडक्टर फ्लक्स कापतो, तेव्हा e.m.f. त्यात प्रेरित होतो. याप्रकारे रोटर मध्ये इंडूस झालेला हा e.m.f. रोटर प्रेरित e.m.f. म्हणून ओळखले जाते. हेच इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक इंडक्शन आहे. ज्याप्रकारे रोटर सर्किट क्लोज करतो त्यामुळे सर्किट मध्ये रोटर करंट तयार होतो. कोणताही करंट रिंग कंडक्टर स्वतःचे फ्लक्स तयार करतो. त्याला रोटर फ्लक्स नावाचे संबोधन आहे. रोटर करंटच्या गृहीत दिशेसाठी रोटरफ्लक्सची दिशा घड्याळाच्या काट्याच्या दिशेने असते.

आता दोन फ्लक्स आहेत, एक R.M.F आणि दुसरा रोटर फ्लक्स. दोन्ही फ्लक्स एकमेकांशी इंटरॅक्ट होतात. रोटर कंडक्टरच्या डाव्या बाजूला, दोन फ्लक्स एकाच दिशेने आहेत म्हणून हाय फ्लक्स मिळविण्यासाठी जोडले जातात. रोटर कंडक्टरच्या उजव्या बाजूला, दोन फ्लक्स विरुद्ध दिशेने आहेत म्हणून एकमेकांना कॅन्सल करतात. त्यामुळे रोटरच्या उजव्या बाजूला कमी फ्लक्स क्षेत्र तयार होत. त्यामुळे रोटर कंडक्टरला डावीकडून उजवीकडे एक शक्ती अनुभवली जाते, कारण दोन फ्लक्सच्या इंटरॅक्शन मुळे संपूर्ण रोटर कंडक्टरला बलाचा अनुभव येत असल्याने एकूणच रोटरला टॉर्क निर्माण होतो आणि आणि त्यामुळे तो फिरू लागतो. म्हणून मोटरिंग कृतीसाठी दोन फ्लक्सचे इंटरॅक्शन खूप आवश्यक आहे.

### 3.7.3 श्री फेज इंडक्शन मोटर्सचे उपयोग

इंडक्शन मोटर बहुतेक औद्योगिक वापरासाठी उपयोगात येते. स्वीरेल केज इंडक्शन मोटर्सचा वापर निवासी तसेच औद्योगिक वापरासाठी केला जातो विशेषतः जिथे मोटर्सच्या वेग नियंत्रणाची आवश्यकता नाही अशा ठिकाणी जसे पंप आणि सबमर्सिबल पंप.

- स्टील मिल्स
- लॅथे मशीन

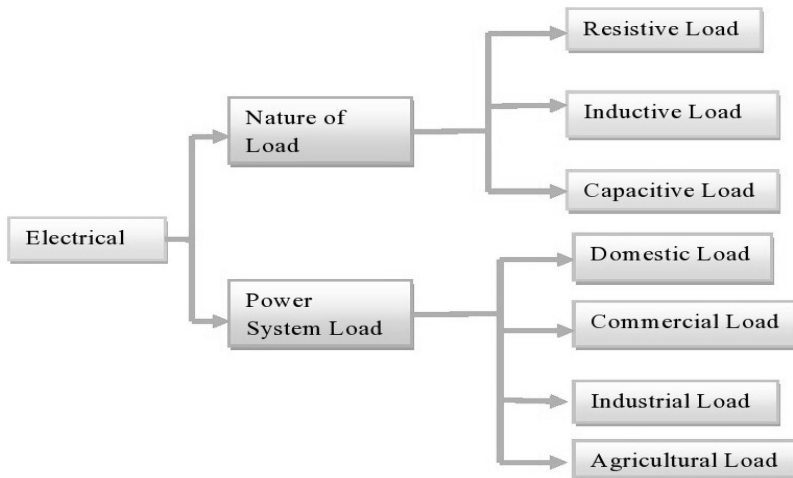
- लिफ्ट
- ग्राइंडिंग मशीन
- क्रेन मशीन
- कन्व्हेयर
- होईस्ट
- पिठाच्या गिरण्या
- लाईन शाफ्ट
- कॉम्प्रेसर

### 3.8 इलेक्ट्रिक लोड

दैनंदिन जीवनात आपल्याला वारंवार इलेक्ट्रिक लोड हा शब्द हा कानावर पडत असतो. हे एक असे उपकरण आहे जे करंट वर चालते आणि या इलेक्ट्रिक ऊर्जेचे रूपांतर वेगवेगळ्या स्वरूपात मध्ये करून देते. ते उष्णता, प्रकाश, कार्य इत्यादी असू शकतात. त्यांना खालील प्रमाणे वर्गीकृत करण्यात आले आहे.

#### 3.8.1 इलेक्ट्रिक लोडचे वर्गीकरण

इलेक्ट्रिकलोडचे स्वरूप ज्या उपयोगासाठी लागू केले जाते त्यावर अवलंबून असते. लोड फॅक्टर, डिमांड फॅक्टर, डायव्हर्सिटी फॅक्टर, पॉवर फॅक्टर आणि वापर फॅक्टर हे निर्णायक मापदंड आहेत. विविध प्रकारचे इलेक्ट्रिक लोड खालीलप्रमाणे आकृती 3.9 मध्ये स्पष्ट केले आहेत.



आकृती-3.9: इलेक्ट्रिक लोडचे वर्गीकरण

**रेजेस्टिव्ह लोड:**

हा भार सर्किटमधील विद्युत ऊर्जेच्या प्रवाहात अडथळा निर्माण करतो आणि त्याचे औष्णिक ऊर्जेत रूपांतर करतो, ज्यामुळे सर्किटमध्ये एकूण ऊर्जा ड्रॉप आउट होते. दिवा आणि हीटर ही रेजेस्टिव्ह लोडची उदाहरणे आहेत. रेजेस्टिव्ह लोड अशा प्रकारे पॉवर घेतात जेणेकरून करंट आणि व्होल्टेज वेव्ह एकाच फेज मध्ये राहतील. त्यामुळेच रेजेस्टिव्ह लोडचा शक्ती पॉवर फॅक्टर एक राहतो.

**इन्डक्टिव्ह लोड:**

इन्डक्टिव्ह लोड कार्य करण्यासाठी चुंबकीय क्षेत्राचा वापर करतात. ट्रान्सफॉर्मर, जनरेटर, मोटार ही या लोडची उदाहरणे आहेत. इन्डक्टिव्ह लोडमध्ये एक कॉइल असते जीप करंट कॉइल मधून गेल्यानंतर चुंबकीय ऊर्जा साठवते.

**कॅपेसिटिव्ह लोड :**

येथे व्होल्टेज वेव्ह करंट वेव्हच्या पुढे आहे. कॅपेसिटिव्ह लोडची उदाहरणे म्हणजे कॅपेसिटर बँक, श्री फेज इंडक्शन मोटर स्टार्टिंग सर्किट.

**घरगुती लोड :**

या भारात मोठ्या प्रमाणात लाईट, थंड किंवा उष्णता निर्माण करणारी उपकरणे यांचा समावेश होतो. घरगुती कामात विद्युत उपकरणांनी वापरलेली ही एकूण इलेक्ट्रिकल एनर्जी आहे. हे प्रत्येक घरानुसार बदलते कारण, ते राहणीमान, हवामानाची स्थिती, भौगोलिक स्थान, निवासाचा प्रकार आणि इतर अनेक गोष्टींवर अवलंबून असते. घरगुती भारांमध्ये प्रामुख्याने दिवे, पंखा, वॉटर हीटर, रेफ्रिजरेटर, एअर कंडिशनर, मिक्सर, ग्राइंडर, रूम हीटर, ओव्हन, वॉटरपंप इत्यादींचा समावेश असतो.

**व्यावसायिक लोड:**

यात प्रामुख्याने दुकाने, कार्यालये, जाहिरात बोर्डिंग इत्यादी व्यावसायिक जागांचा समावेश होतो, व्यावसायिक प्रतिष्ठानांमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या पंख्या बरोबरच हीटिंग, वातानुकूलन आणि बाजार, रेस्टॉरंट्स, कार्यालये, बँक, शाळा, महाविद्यालय यांसारख्या व्यावसायिक आस्थापनांमध्ये वापरली जाणारी इतर अनेक विद्युत उपकरणे यांना व्यावसायिक लोड मध्येच समाविष्ट केले आहे.

**औद्योगिक लोड :**

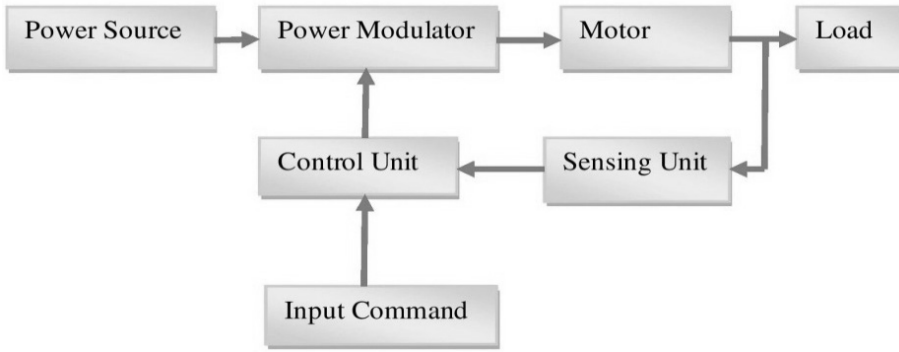
त्यात लघुउद्योग, मध्यम प्रमाणावर उद्योग, मोठे उद्योग, अवजड उद्योग आणि कुटीर उद्योग यांचा समावेश आहे.

### कृषी लोड :

यात प्रामुख्याने सिंचनाच्या उद्देशाने पाण्याचे पंप-संच समाविष्ट आहेत. शेतीमधील अवजारांचा समावेश होतो.

## 3.9 इलेक्ट्रिक ड्राइव्ह

इलेक्ट्रिक ड्राइव्ह हे विद्युत ऊर्जेचे यांत्रिक ऊर्जेत रूपांतर करण्यासाठी एक इलेक्ट्रो मेकॅनिकल उपकरण आहे, जे विविध प्रकारच्या प्रक्रिया नियंत्रणासाठी विविध यंत्रे आणि यंत्रणांना गती प्रदान करते. इलेक्ट्रिक ड्राइव्ह ही एक अशी प्रणाली आहे, जी विद्युत यंत्राच्या हालचालीवर नियंत्रण ठेवण्यासाठी वापरली जाते. या ड्राइव्हमध्ये पेट्रोल / डिझेल इंजिन, वाफेवर/ गॅस टर्बाइन, इलेक्ट्रिकल/ हायड्रोलिक मोटर्ससारख्या प्राईम मोव्हरचा वापर ऊर्जेचा मुख्य स्रोत म्हणून केला जातो. हे प्राईम मोव्हर गती नियंत्रित करण्याच्या क्रियेसाठी यांत्रिक उर्जा पुरवठा करतील. फिरत्या मोटार शाफ्टवर नियंत्रण ठेवण्यासाठी इलेक्ट्रिक ड्राइव्ह मोटर तसेच गुंतागुंतीच्या नियंत्रण प्रणालीसह इलेक्ट्रिक ड्राइव्ह तयार केला जाऊ शकतो.



आकृती-3.10: इलेक्ट्रिक ड्राइव्ह ब्लॉक आकृती

प्रणालीसाठी आवश्यक असणारी ऊर्जा पॉवर सोर्समधून मिळते. सप्लायच्या पॉवर आउटपुट वर नियंत्रण ठेवण्यासाठी मॉड्युलेटरचा वापर केला जातो. मोटारचे पॉवर कंट्रोलिंग अशा प्रकारे केले जाऊ शकते की, इलेक्ट्रिकल मोटर लोडसह आवश्यक असलेले स्पीड-टॉर्क वैशिष्ट्य पाठवते. पॉवर मॉड्युलेटर मोटार गरजेच्या आधारे ऊर्जा बदलू शकते. आणि हे ब्रेकिंग किंवा मोटरिंग सारख्या मोटारच्या ऑपरेशनची पद्धत देखील निवडते. पॉवर मॉड्युलेटर नियंत्रित करण्यासाठी कंट्रोल युनिटचा वापर केला जातो. हे युनिट मोटार तसेच पॉवर मॉड्युलेटरच्या सुरक्षेसाठी नियम तयार करते. सेन्सिंग युनिटचा वापर वेग, मोटार प्रवाह यांसारख्या विशिष्ट ड्राइव्ह फॅक्टरची सेन्स करण्यासाठी केला जातो. हे युनिट प्रामुख्याने ऑपरेशन प्रोटेक्शन साठी वापरले जाते.

### 3.9.1 इलेक्ट्रिकल ड्राइव्हचे उपयोग

- ट्रॅक्शन सिस्टम- इलेक्ट्रिक ट्रॅक्शनमध्ये प्रामुख्याने इलेक्ट्रिक ट्रेन, बस, ट्रॉली, ट्राम आणि इनबिल्ट बॅटरीसह सौर ऊर्जेवर चालणारी वाहने यांचा समावेश आहे.
- लिफ्ट, क्रेन, इलेक्ट्रिक कार इ.

- घरगुती तसेच औद्योगिक उपयोगांत मोठ्या प्रमाणात वापरले जाते
- स्फोटके आणि किरणोत्सर्गी वातावरणासारख्या एक्स्ट्रीम ऑपरेटिंग परिस्थितीत त्यांचा वापर केला जातो

### 3.10 इलेक्ट्रॉनिक अभियांत्रिकी

इलेक्ट्रॉनिक्स आणि कम्युनिकेशन इंजिनिअरिंग ही इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंगची विस्तारित शाखा आहे. जिथे प्रगत प्रणालींची चर्चा केली जाते. आपण मोबाइलपासून स्पेस शटलपर्यंत वापरत असलेल्या उपकरणांना इलेक्ट्रॉनिक भागांची आवश्यकता असते. औद्योगिक प्रक्रियांमध्ये इलेक्ट्रॉनिक्सची प्रगती आणि फायदे आपल्याला बदल स्वीकारण्यास प्रवृत्त करतात. नवीन आंतरविद्याशाखा मेकॅट्रॉनिक्स म्हणून ओळखली जाते. मेकॅट्रॉनिक्स या विद्याशाखेमुळे मेकॅनिकल, इलेक्ट्रिकल इंजिनीअरिंग आणि कॉम्प्युटर सायन्स या प्रमुख अभियांत्रिकी शाखांना एकत्र करण्याचा हा एक मार्ग खुला झाला आहे. स्मार्ट उत्पादने आणि “बुद्धिमान (इंटेलिजेंट)” यंत्रे तयार करणे हा उद्देश आहे. मेकॅट्रॉनिक्स विद्याशाखेचे मुख्य उद्दिष्ट म्हणजे यांत्रिक, विद्युत आणि इलेक्ट्रॉनिक उपप्रणालींना एकाच प्रणालीमध्ये डिझाईन आणि वापरासाठी अंतर्भूत करणे.

औद्योगिक ऑटोमेशन मध्ये सर्वोच्च अचूकता, संवेदनशीलता, वेग, द्रुत प्रतिसाद इ. पूर्ण करण्यासाठी स्वयंनियंत्रण प्रणालीची मागणी केली जाते. डायोड्स, ट्रान्जिस्टर्स, सेन्सर्स, सेमीकंडक्टर्स, इंटिग्रेटेड चिप्स, रेझिस्टर आणि इतर अनेक इलेक्ट्रॉनिक डिव्हाइस यांत्रिक उपकरणांसह एकत्रित करून हे शक्य आहे. अभियांत्रिकी क्षेत्रात इलेक्ट्रॉनिक्सची व्याप्ती डिझाईन, वापरासाठी अंतर्भूत केली आहे, परंतु आपण येथे यांत्रिक/ उत्पादन अभियांत्रिकीपुरती ही व्याप्ती मर्यादित ठेवू. आपण ऑटोमेटेड सिस्टम्स आता स्वीकारले आहेत कारण मॅन्युअल सिस्टम्स पेक्षा त्या जास्त फायदेशीर व किफायतशीर आहेत.

#### 3.10.1 कंट्रोल सिस्टम

कंट्रोल सिस्टम ही उपकरणांची एक प्रणाली आहे, जी इच्छित परिणाम साध्य करण्यासाठी इतर उपकरणे किंवा प्रणालींच्या वर्तनाचे व्यवस्थापन, आज्ञा, दिग्दर्शन किंवा नियमन करते. कंट्रोल सिस्टम कंट्रोल लूप्सद्वारे हे साध्य करते. मानवी संस्कृतीचे दिवसेंदिवस आधुनिकीकरण होत असल्याने त्याबरोबरच ऑटोमेशनची मागणी देखील वाढली आहे. ऑटोमेशनसाठी संवाद साधणाऱ्या उपकरणांच्या प्रणालींवर नियंत्रण आवश्यक आहे.

अलीकडच्या काही वर्षांत आधुनिक तंत्रज्ञान आणि सभ्यतेच्या विकासात आणि प्रगतीत कंट्रोल सिस्टमनी मध्यवर्ती भूमिका बजावली आहे. व्यावहारिक दृष्ट्या आपल्या दैनंदिन जीवनातील प्रत्येक पैलूवर काही प्रकारच्या कंट्रोल सिस्टमचा कमी-अधिक प्रमाणात परिणाम होतो. घरगुती आणि औद्योगिक उपयोगांची काही उदाहरणे म्हणजे, अनेक औद्योगिक उत्पादनांचे क्वालिटी कंट्रोल, ज्यामध्ये एअर कंडिशनर, रेफ्रिजरेटर, ऑटोमॅटिक इस्त्री, शस्त्रे, वाहतूक व्यवस्था, पॉवरसिस्टम्स, अंतराळ तंत्रज्ञान (स्पेस टेक्नॉलॉजी), रोबोटिक्स आणि इतर यांचा समावेश होतो.

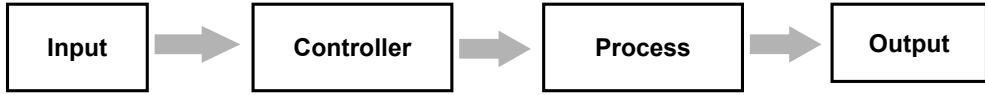
नियंत्रणप्रणालीचे दोन मुख्य प्रकार आहेत. ते म्हणजे ओपन-लूप कंट्रोल सिस्टम आणि क्लोज्ड-लूप कंट्रोल सिस्टम.

#### ओपन-लूप कंट्रोल सिस्टम

यालाच नॉन-फीडबॅक सिस्टम असेही संबोधले जाते; येथे आउटपुटचा इनपुट सिग्नलच्या कंट्रोल ॲक्शनवर कोणताही प्रभाव किंवा परिणाम होत नाही. दुसऱ्या शब्दांत सांगायचे तर ओपन-लूप कंट्रोल सिस्टममध्ये इनपुटशी तुलना करण्यासाठी आउटपुट मोजले जात



नाही किंवा “वापस” पाठवले जात नाही. त्यामुळे अंतिम निकालाची पर्वा न करता ओपन-लूप प्रणालीने विश्वासूपणे आपल्या इनपुट कमांड किंवा सेट पॉइंटचे पालन करणे अपेक्षित आहे. आकृती 3.11 ओपन लूप सिस्टम दर्शविते.



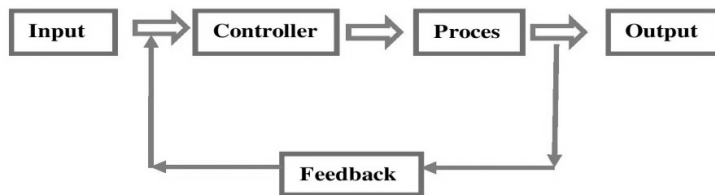
आकृती-3.11: ओपन लूप कंट्रोलसिस्टम

ओपन लूपकंट्रोल सिस्टमची काही व्यावहारिक उदाहरणे खालील प्रमाणे

- लाइट स्विच - आवश्यक लाईट इन्टेन्सिटीचा विचार न करता दिवे पूर्णशक्तीने चमकतात.
- म्युझिक सिस्टम किंवा टीव्हीचा आवाज - ऑडिबिलिटीचा विचार न करता हाताने अँडजेस्ट करता येतो.
- इलेक्ट्रिक हँड ड्रायर - वॉश रूममध्ये जोपर्यंत तुम्ही तुमचा हात मशीन खाली ठेवता, तोपर्यंत गरम हवा बाहेर येते, मग तुमचा हात कितीही कोरडा असला तरी.
- कार विंड स्क्रीन वायपर-कितीही पाऊस पडलातरी तो थांबेपर्यंत विंडस्क्रीन पुसत राहतो.
- वॉशिंग मशीन – पूर्व-सेट वेळेनुसार वॉशिंग मशीन चालते मग धुणे पूर्ण झालेले असो वा नसो,.
- ब्रेडटोस्टर - मशीन टोस्टिंग पूर्ण झाले किंवा नाही याची पर्वा न करता वेळेनुसार चालते.
- स्वयंचलित चहा / कॉफी व्हेडिंग मशीन - कपच्या आकाराचा विचार न करता ठराविक वेळेसाठी काम करते.

### क्लोज्ड लूप कंट्रोल सिस्टम

येथे इनपुट गुणवत्ता/प्रमाणाच्या आधारे आउटपुट नियंत्रित केले जाते जेणे करून उत्पादनाच्या गरजेनुसार इनपुट स्वतःला फीडबॅक सिस्टम कडून मिळणाऱ्या सिग्नलच्या आधारे अँडजेस्ट करत राहील. ओपन-लूप कंट्रोल सिस्टमचे रूपांतर क्लोज्ड लूप कंट्रोल सिस्टम मध्ये फीडबॅक सिस्टम वापरून केले जाऊ शकते. खालील आकृती 3.12 क्लोज्ड लूप कंट्रोल सिस्टमची ब्लॉक आकृती दर्शविते.



आकृती-3.12: क्लोज्ड लूप कंट्रोल सिस्टम

क्लोज्ड लूप कंट्रोल सिस्टमचे खालील काही उपयोग आहेत.

- CNC मशीन- मशीनिंगच्या गरजांवर आधारित सिग्नल प्राप्त करतो.
- क्षेपणास्त्र प्रक्षेपित रडार ऑटो ट्रॅकर - लक्ष्याची तुलना करून क्षेपणास्त्राची दिशा/स्थिती नियंत्रित केली जाते.
- जलस्तर नियंत्रक – पाण्याची पातळी पाण्याच्याटाकीतील सेन्सरद्वारे नियंत्रित केली जाते, जेव्हा ती इच्छित पातळीपर्यंत पोहोचते, तेव्हा आपोआप पाण्याचा पंप चालू /बंद होतो.
- स्वयंचलित इलेक्ट्रिक आयर्न- हीटिंग घटक आउटपुट तापमानाद्वारे नियंत्रित केले जातात.
- सर्वो व्होल्टेज स्टॅबिलायझर- व्होल्टेज कंट्रोलर प्रणालीच्या आउटपुट व्होल्टेज नुसार कार्य करते.
- रूम एअर कंडिशनर -एअरकंडिशनर खोलीच्या तापमानातील फरकानुसार कार्य करते.

### मनोरंजक तथ्ये

विल्यम गिल्बर्ट या इंग्रजी शास्त्रज्ञाने 1600 सालच्या सुमारास चुंबकत्व आणि स्थिर विद्युत यांचे वैशिष्ट्य सांगितले आणि अलेक्झांडर व्होल्टाला 1800मध्ये विद्युत प्रवाह प्रवाहित करता येईल असे जाणवले. 1800 च्या मध्याच्या सुमारास विविध युरोपियनशास्त्रज्ञांनी विजेचे नियमन करणारे सामान्य नियम प्रस्थापित केले होते आणि शेवटी विद्युत चुंबकत्व (जेम्स क्लार्क मॅक्सवेलचा शोध) नावाच्या संकल्पने अंतर्गत वीज आणि चुंबकत्वाशी संबंधित सिद्धांत जोडले गेले. थॉमस एडिसनयांनी लाईट बल्बसारख्या अनेक उपयुक्त वस्तू विकसित केल्या.

1821 साली ब्रिटिश शास्त्रज्ञ मायकेल फॅराडे यांनी विद्युत ऊर्जेचे यांत्रिकऊर्जेत रूपांतर करण्याचे स्पष्टीकरण चुंबकीय क्षेत्रात करंट कॅरिंग कंडक्टर ठेवून दिले, ज्यामुळे विद्युत प्रवाह आणि चुंबकीय क्षेत्राच्या परस्पर क्रियेमुळे तयार झालेल्या टॉर्कमुळे कंडक्टरचे रोटेशन झाले. पुढे 1886 साली पहिल्या विद्युत मोटारीचा शोध शास्त्रज्ञ फ्रँकज्युलियन स्म्राग यांनी लावला. हे बदलणाऱ्या लोड रेंज खाली कॉन्स्टंट वेगाने फिरण्यास सक्षम होते आणि अशा प्रकारे मोटरिंग ॲक्शन तयार झाली.

पहिल्या इलेक्ट्रिक ड्राइव्हचा शोध 1838 मध्ये रशियातील बी. एस. इयाकोबी यांनी लावला. त्याने एका DC मोटरची चाचणी केली जी बोट ढकलण्यासाठी बॅटरीमधून पुरविली जाते. जरी, औद्योगिक क्षेत्रात इलेक्ट्रिक ड्राइव्हचा वापर होण्यास साल 1870 उजाडायला लागला. सध्या याचा वापर जवळजवळ सर्वत्र पहावयास मिळतो. आपल्याला माहितआहे की विद्युत यंत्राचा वेग (मोटर किंवा जनरेटर) सोर्स फ्रिक्वेंसी आणि अप्लाईड व्होल्टेज द्वारे नियंत्रित केले जाऊ शकते.

प्रिंटेड सर्किट बोर्ड जवळ जवळ नेहमीच हिरवे असतात कारण ते काचेच्या-एप्ऑक्सीपासून बनवले जातात, जे नैसर्गिकरित्या हिरवे असतात.

सिमेन्स एसएमटी लाइन 0.4 मिमी X 0.2 मिमी इतका लहान घटक बोर्डवर ठेवू शकते. हे इतके लहान आहे की ते पाहण्यासाठी आपल्याला मायक्रोस्कोपची आवश्यकता असेल.

प्रकाश बल्बमधील केवळ 10 टक्के ऊर्जा प्रकाश तयार करण्यासाठी वापरली जाते. त्याच्या नव्वद टक्के ऊर्जेमुळे उष्णता निर्माण होते. कॉम्पॅक्ट फ्लोरोसेंट लाईट बल्ब (CFL) पारंपारिक बल्बपेक्षा सुमारे 80 टक्के कमी वीज वापरतात आणि 12 पट जास्त काळ टिकतात.

## व्हिडिओ संसाधने



Electric  
Circuits



Fundamentals  
of BEE



Basic  
Electronics

### युनिटसारांश

- अल्टरनेटिंग करंट अनेक वेळा आपली दिशा फिरवतो परंतु डायरेक्ट करंट केवळ एकाच दिशेने वाहतो.
- ट्रान्सफॉर्मर हा डिव्हाइसचा स्थिर तुकडा आहे, ज्याद्वारे विद्युत शक्ती फ्रिक्वेन्सी न बदलता व्होल्टेज आणि करंटमध्ये इच्छित असलेल्या एका अल्टरनेटिंग करंट सर्किटमधून दुसऱ्या या सर्किटमध्ये रूपांतरित होते.
- इलेक्ट्रिक मोटर हे एक इलेक्ट्रिक मशीन आहे जे पुरवठा केलेल्या विद्युत ऊर्जेचे यांत्रिक ऊर्जेत रूपांतर करते. इलेक्ट्रिक मोटर या मोटरचे चुंबकीय क्षेत्र आणि वायर वाइंडिंगमध्ये विद्युत प्रवाह यांच्यातील परस्पर संवादाद्वारे कार्य करते.
- थ्री फेज सप्लाय करंट स्टेटर वाइंडिंगमध्ये विद्युत चुंबकीय क्षेत्र तयार करतो, ज्यामुळे रोटर वाइंडिंगमध्ये टॉर्क तयार होतो.
- इलेक्ट्रिक लोडचे स्वरूप ज्या उपयोगासाठी लागू केले जाते, त्यावर अवलंबून असते. लोड फॅक्टर, डिमांड फॅक्टर, विविधता घटक, पॉवरफॅक्टर आणि वापरघटक हे निर्णायक मापदंड आहेत.
- विद्युत ड्राइव्ह हे विद्युत ऊर्जेचे यांत्रिक ऊर्जेत रूपांतर करण्यासाठी एक इलेक्ट्रो-मेकॅनिकल उपकरण आहे, जे विविध प्रकारच्या प्रक्रिया नियंत्रणासाठी विविध यंत्रे आणि यंत्रणांना गती प्रदान करते.
- ओपन-लूपकंट्रोल सिस्टमचे रूपांतर क्लोज लूप सिस्टम मध्ये फीडबॅक सिस्टम वापरून करता येऊ शकते.

## स्वाध्याय

### सरावासाठी प्रश्न

अनु. क्र.	प्रश्न	CO	BL	PO	PI Code
1	व्होल्टेज, करंट आणि रेझिस्टन्स यांच्यातील संबंध स्पष्ट करा	3	L 1	1	1.4.1
2	अल्टरनेटिंग आणि डायरेक्ट करंट वापरणारी उपकरणे सूचीबद्ध करा	3	L 1	1	1.4.1
3	ब्लॉक / सर्किट आकृतीच्या मदतीने डेस्कटॉप संगणक प्रणालीसाठी पॉवर प्लो वर चर्चा करा.	3	L 1	1	1.4.1
4	उपयोगा सहित ट्रान्सफॉर्मर ची रचना व कार्य यावर चर्चा करा	3	L 1	1	1.4.1

अनु. क्र.	प्रश्न	CO	BL	PO	PI Code
5	अभियांत्रिकी क्षेत्रासाठी इलेक्ट्रिकल मोटर चे विविध उपयोग यावर चर्चा करा	3	L 1	1	1.4.1
6	वेगवेगळ्या विद्युत भारांच्या वर्गीकरणावर चर्चा करा	3	L 1	1	1.4.1
7	क्लोज लूप कंट्रोल सिस्टमचे ओपन लूप कंट्रोल सिस्टमवर असणारे फायदे यावर भाष्य करा	3	L 1	1	1.4.1

### बहुपर्यायी प्रश्न

अनु. क्र.	प्रश्न	उत्तर	CO	BL	PO	PI Code
1	कॉन्स्टंट रिलक्टंस असणाऱ्या चुंबकीय सर्किट कॉइलसाठी, जर फ्लक्स वाढला तर प्रवाहाचे काय होते? अ) वाढतो                      ब) कमी होते क) सतत                        ड) शून्य होते.	अ	3	L 1	1	1.4.1
2	किर्चाफचा कंटंट नियम कोणत्या संरक्षणाशी संबंधित आहे? अ) गती                        ब) वस्तुमान क) स्थितीज ऊर्जा            ड) चार्ज	ड	3	L 1	1	1.4.1
3	सोर्स ट्रान्सफॉर्मेशन म्हणजे _____ अ) एकतर्फी                ब) द्विपक्षीय क) अद्वितीय                ड) निश्चित करता येत नाही	ब	3	L 1	1	1.4.1
4	D.C मोटारला A.C मोटारपेक्षा प्राधान्य देण्याचे काय कारण असेल. अ) कॉन्स्टंट स्पीड ऑपरेशन ब) हाय स्पीड ऑपरेशन क) व्हेरिअबल स्पीड ऑपरेशन ड) लो स्पीड ऑपरेशन	क	3	L 1	1	1.4.1
5	क्लोज लूप प्रणाली खालीलपैकी कशामुळे ओपन लूप सिस्टमपेक्षा वेगळी आहे? अ) सर्वो मॅकेनिझम      ब) फीडबॅक क) आउटपुट                ड) इनपुट	ब	3	L 1	1	1.4.1

\* परफॉर्मन्स इंडिकेटर कोड AICTE परीक्षा सुधारणा दस्तऐवजातून संदर्भित केला आहे

### अधिक जाणून घ्या

- वेगवेगळ्या सर्किटवर किर्चहॉफचा नियम ओहम्स'चा नियम यांचा वापर.
- गणना आणि सांख्यिक याची वीज पारेषणासाठीची गणना करताना गरज लागते.

- विविध उपयोगांसाठी ट्रान्सफॉर्मरची रचना व कार्य.
- आवश्यकतेनुसार AC चे DC मध्ये किंवा याउलट रूपांतरण समजून घ्या.
- घरगुती वापर आणि औद्योगिक उपयोगांसाठी क्लोज लूप सिस्टम.
- शैक्षणिक हेतूसाठी विविध घटकांसह साध्या विद्युत सर्किटची निर्मिती / प्रात्यक्षिक.

#### संदर्भ आणि वाचन

- John Bird, “Electrical Circuit theory and Technology”, Elsevier Third Edition, 2003.
- Lj.Nagrath and M. Gopal, “Control System Engineering”, New Age International Publishers, 2006.
- R.K. Rajput, Utilization of Electrical Power, Laxmi Publication (P) Ltd.
- NPTEL course on “Basic Electrical Technology”, IIT Kharagapur

# 4

## कार्पेंटरी, प्लास्टिक मोल्डिंग आणि ग्लास कटींग

### युनिट वैशिष्ट्ये

या युनिटमध्ये सुतारकाम व साधने, पॉवर टूल्स, प्लास्टिक मोल्डिंग, काचेवरील प्रक्रिया विषयांची चर्चा विस्ताराने केली आहे. औद्योगिक जगतात वापरल्या जाणाऱ्या या प्रक्रिया मजकुरात दिलेल्या व्हिडीओ संसाधनांमुळे अधिक स्पष्ट होतील.

### भूमिका

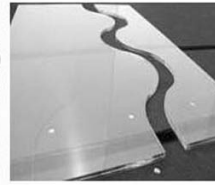
विज्ञान आणि तंत्रज्ञानाच्या प्रगतीमुळे मानवाला अभिरुची संपन्न जीवनासाठी नवीन मटेरियल्स विकसित करण्याचे आव्हान आहे. अशा गरजा पूर्ण करण्यासाठी, विशेषतः घरगुती, व्यावसायिक आणि औद्योगिक व्यवस्था / उपकरणे उभारणे खूपच आव्हानात्मक आहे. बांधकाम, यंत्र सामग्री, उपकरणे आणि सोयी सुविधांमध्ये लाकूड, प्लास्टिक आणि काच सामान मोठ्या प्रमाणात वापरले जाते. दिसण्यास सुबक, वजनास हलके आणि मजबूत इत्यादींनी सुतारकाम, प्लास्टिक मोल्डिंग आणि काचेच्या उद्योगातील नवकल्पनांना प्रोत्साहन दिले आहे. खालील चित्रांत वेगवेगळ्या उद्योगांमध्ये सुतारकाम, प्लास्टिक मोल्डिंग आणि काच कापण्याचे महत्त्व या बद्दल काही इनपुट देऊ शकतात.



सुतारकाम



प्लास्टिक मोल्डिंग



ग्लास कटींग

सुतार कामाची उपयोगिता अनेक ठिकाणी आहे, ज्यात बांधकाम, फर्निचर, कलात्मक उपकरणे, मूर्ती, रथ, इमारतींचे डिझाइन अंतर्गत सजावट, ऑटोमोटिव्ह बॉडी बिल्डिंग (ट्रक्स), धातूची शस्त्रे / उपकरणांसाठीचे हँडल्स (तलवारी/ हँकसॉ, कुऱ्हाड इ.).

**प्लास्टिक मोल्डिंग मध्ये** पॉली इथिलिन किंवा पॉली प्रोपिलीन सारखे पावडर किंवा लिक्विड पॉलिमर पोकळ साच्यात ठेवले जाते, जेणे करून असे पॉलिमर साच्याचा आकार घेऊ शकेल. यासाठी मोल्डिंगच्या प्रकारानुसार आपण वापरत असलेली प्रक्रियेत,

उष्णता व प्रेशर यांचा सुयोग्य वापर करून अंतिम प्रॉडक्ट तयार करता येतात. प्लास्टिक मोल्डिंग घरगुती आणि औद्योगिक दोन्ही उपकरणांमध्ये उपयोगात येतात. उदा. हेल्मेट, प्लास्टिक गिअर्स, इलेक्ट्रिकल स्विच, ग्राहक उत्पादने, वैद्यकीय उपकरणे आणि खेळणी इत्यादी ऑटोमोटिव्हपार्ट्स.

काच सिलिका आणि सोडा ऍशचे मिश्रण आहे. काच हे सर्वाधिक वापर होणारे मटेरियल आहे. बांधकाम, ऑटोमोटिव्ह, वैद्यकीय, एरोस्पेस, खेळणी, पॅकेजिंग, टेबलवेअर, कलात्मक घटक, सन ग्लास, लेन्स, रासायनिक कंटेनर इत्यादींसाठी काचेचा वापर आढळतो.

### आवश्यक पूर्वज्ञान

- ड्रॉइंग
- सुरक्षा उपकरणे
- मटेरियलची माहिती स्टील, लाकूड, प्लास्टिक व काच
- यंत्र सामग्री

### युनिट आऊटकम

हा पाठ शिकल्यानंतर विद्यार्थी:

U4-O1: वेगवेगळी सुतारकाम साधने ओळखू शकतील.

U4-O2 :दिलेल्या रेखाचित्रांसाठी सुतारकाम मॉडेल तयार करता येणार आहे.

U4-O3: प्लास्टिक मोल्डिंग ऑपरेशन ओळखू शकतील.

U4-O4: प्लास्टिक मोल्डिंग प्रक्रियेचे प्रात्यक्षिक दाखवू शकतील.

U4-O5 : काचेच्या काचकापण्याच्या ऑपरेशन्सशी अवगत होतील.

युनिट आऊटकम	कोर्स आऊटकम्ससह अपेक्षित मॅपिंग (1- कमकुवत परस्परसंबंध; 2- मध्यम परस्परसंबंध; 3- मजबूत परस्परसंबंध)				
	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5
U4-O1				1	
U4-O2				2	
U4-O3				1	
U4-O4				1	
U4-O5				1	

## 4.1 सुतारकाम

मानवी संस्कृतीत वापरली जाणारी ही सर्वात जुनी संज्ञा आहे; पाषाण युगाच्या उत्तरार्धात वनप्रदेशात आदिम सुतारकाम विकसित झाले, सुरुवातीच्या अश्मयुगीन मानवांनी दगडी हत्यारांना सुधारणा करून लाकडांना आकार देऊन निवारा, प्राणी पकडण्यासाठीचे सापळे, तराफे बांधण्याचे तंत्र अवगत केलं. मध्ययुगात सुतारांनी शिप राइट्स, व्हील राइट्स, टर्नर आणि मिल राइट्स म्हणून विशेष प्राविण्य देण्याच्या दिशेने हालचाल सुरू केली. सुतारकाम हे कलात्मक काम असून, ते कुशल कामामध्ये समाविष्ट आहे

सुतारकाम हे प्रामुख्याने इमारती, जहाजे, लाकूड पूल, काँक्रीट, फॉर्मवर्क इत्यादींच्या बांधकामात इमारतीचे साहित्य कापण्यासाठी, आकार देण्यासाठी आणि बनविण्यासाठी वापरले जाते. सुतार पारंपारिकपणे नैसर्गिक लाकडा बरोबर काम करत असत आणि फ्रेमिंगसारखी कामे करत असत, परंतु आज यासाठी इतर अनेक साहित्य देखील वापरले जाते. कॅबिनेट मेकिंग, इंटरियर डेकोरेशन, आयडॉल मेकिंग, फर्निचरमेकिंग आणि ध्वनिसंवर्धित इमारतींचे निर्माण देखील सुतारकामाचा एक भाग मानले जातात. आता सुतारकामाची व्याप्ती केवळ लाकूड आणि लाकडाच्या उत्पादनांपुरती मर्यादित नाही, तर हे पॉवर टूल्सच्या वापरासह सिंथेटिक बिल्डिंग मटेरियलमध्ये विस्तारित केले जात आहे. आजच्या सुतारांना केवळ लाकडाबद्दलच नाही, तर पार्टिकलबोर्ड, वॉल-बोर्ड, टांगते छत, टाइल, प्लास्टिक, लॅमिनेट्स यांसारख्या साहित्याबद्दलही माहिती आहे. सुतारकाम करणाऱ्यांना आधुनिक साधनांची हाताळणी, फास्टर, बांधकामतंत्र, अंतर्गत डिझाईन्स, मर्यादित जागांची बंधने आणि सुरक्षा प्रक्रियेचे पालन कसे करावे हे देखील त्यांना माहित असणे आवश्यक आहे.

हजारो वर्षांपासून लोक लाकडाचा वापर इंधन, बांधकाम साहित्य, शस्त्रे, कार्टमेकिंग, ऑटोमोटिव्ह बॉडी बिल्डिंग, मृतदेह जाळणे इत्यादी विविध कारणांसाठी करत आले आहेत. सामान्यतः आपण लाकूड आणि लंबर (सॉमिल्समध्ये प्रक्रिया केलेले लाकूड) गोष्टीसाठी एकच शब्द वापरतो. परंतु नैसर्गिकरीत्या उपलब्ध असणाऱ्या लाकडाला आणि या प्रक्रिया केलेल्या लंबरपासून वेगळे करणे महत्वाचे आहे. लंबर लाकूड म्हणजे सॉमिल्समध्ये पासून तयार होणारे बोर्ड, टिम्बर्स इत्यादी, तर लाकूड हे झाडांच्या अनेक प्रजातींमधून मिळणाऱ्या मटेरियलशी निगडित आहे. प्राप्त केलेल्या फिनिशच्या प्रकाराच्या आधारे सुतारकाम रफ आणि फिनिश सुतारकाम म्हणून दोन श्रेणींमध्ये विभागले जाते. रफ सुतारकामामध्ये काँक्रीटसाठी चौकटी, मचाण आणि लाकडी फॉर्म उभारणे, तसेच गोदी, पूलबांधणे आणि बोगदा आणि गटारांसाठी आधार देणे समाविष्ट आहे. फिनिश सुतार काममध्ये पायऱ्या बांधणे, दरवाजे बसवणे, कॅबिनेट बसवणे, लाकूड पॅनेलिंग आणि मोल्डिंग आणि ध्वनी संवर्धनासाठी टाइल्स लावणे समाविष्ट आहे. लाकडाबरोबरच प्लायवूड म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या लाकडाचे उत्पादनही मोठ्या प्रमाणात वापरले जाते. प्लायवूड लाकडाच्या सालीपासूनच्या थरांच्या किंवा एकावर एक स्तर वाढवत तयार होते. एक थर 1/16 इंच ते 5/8 इंच जाडीचा असू शकतो. केंद्रस्तर हा गाभा म्हणून ओळखला जातो.

### 4.1.1 लाकडाचे फायदे

- लाकूड हे जगातील सर्वात अष्टपैलू इमारत सामग्री पैकी एक आहे.
- त्याच्या अंगभूत सौंदर्या व्यतिरिक्त लाकडाचे सामर्थ्य आणि ताठरपणा यांचे प्रमाण लोह, पोलाद किंवा
- काँक्रीटपेक्षा खूप जास्त असते.
- हे सहज उपलब्ध होते आणि त्यावर काम करणे देखील सोपे आहे.



- यामध्ये अचानक येणारे आघात सहन करण्याची क्षमता आहे.
- हे गंजत नाही, वजनात तुलनेने हलके आहे आणि असंख्य प्रकारच्या वापरासाठी उपयोगात येते.

#### 4.1.2 लाकडाचे उपयोग

- बांधकाम साहित्य: छप्पर, खांब, दरवाजे आणि खिडक्या, शटरिंग साहित्य, काँक्रीटकाम
- कृषी अवजारे: बैलगाडी, तिफन, नांगर, योक, लेव्हलर, हॅरो, स्पॅड, कुऱ्हाड, खुरपे इ.
- वाहतूक उद्योग : ट्रक, रेल्वे डबे, रथ, बोट, जहाजे यांच्या बांधणीसाठी.
- फर्निचर: टेबल, खुर्ची, सोफासेट, स्वयंपाक घरातील वस्तू इ.
- खेळ आणि करमणूक : क्रिकेटबॅट, हॉकीस्टिक, बेसबॉलस्टिक, वॉकिंगस्टिक, हार्मोनियम, पियानो इ.वाद्ये.
- खेळणी उद्योग: मुलांसाठी लाकडी खेळणी बनविता येतात,
- कलात्मक उद्योग : लाकडाचे कोरीव काम, इंटरिअर डिझाइन, वॉर्डरोब, मूर्तिकला.
- शस्त्रांची मूठ: तलवार, चाकू, रायफल गन इ.
- इंधन : ग्रामीण भागात स्वयंपाक करण्यासाठी आणि जाळण्यासाठी.

लाकडापासून वेगवेगळी उत्पादने कशी बनवायची हे प्रत्येक व्यावसायिकाला माहित असणे आवश्यक आहे. बहुतेक प्रोटोटाइप लाकूड आणि लाकडाच्या उत्पादनातून तयार केले जाऊ शकतात. म्हणून आपण सर्वांनी लाकडावर/ लंबरवर काम करण्यासाठी आवश्यक असलेल्या विविध प्रकारच्या साधनांनी कटिंग आणि शेपिंग ऑपरेशन्स समजणे / करणे आवश्यक आहे.

#### 4.1.3 लाकूडकाम करणारी साधने

मनात येणारी कोणतीही गोष्ट हाताने आणि साधनांच्या साहाय्याने लाकडाला आकार देऊन तयार करता येते. सुतारकाम (कार्पेंटरी) साधनांचे वर्गीकरण खालीलप्रमाणे

- मार्किंग आणि मेजरींग टूल्स
- कटिंग टूल्स
- प्लेनिंग टूल्स
- बोरिंग/ ड्रिलिंग साधने
- स्ट्रायकिंग टूल्स
- फोल्डिंग टूल्स
- पॉवर टूल्स

वरील साधनांची सविस्तर चर्चा आपण खालील ओळींमध्ये करू या

#### 4.1.4 मार्किंग आणि मेजरींग टूल्स

जरी लाकडाच्या कामासाठी जास्त अचूकतेची आवश्यकता नसते तरी या साधनांच्या वापरामुळे अचूकतेची खात्री देता येते.

##### फोल्डिंग रूलर

हे एक लाकडी मापन साधन आहे ज्यात प्रत्येक माप 15 से.मी असून त्यात 4 फोल्डिंग आहेत. आकृतीमध्ये दर्शविलेला फोल्डिंगरूलर 60 सेंमी. पर्यंत लांबी मोजण्यास सक्षम आहे 4.1.



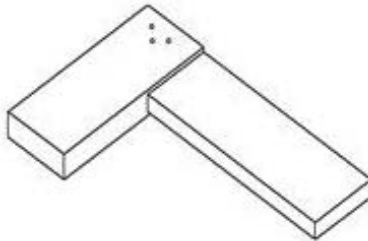
आकृती-4.1: फोल्डिंग रूलर

**दुभाजक (डीवाईडर) :** हे प्रमाण मोजण्यापासून समान अंतर वर्कपीसवर हस्तांतरित करण्यासाठी वापरले जाते.

**कॅलिपर:** वर्कपीसच्या आतील आणि बाहेरील व्यास मोजण्यासाठी वापरले जाते.

##### गुण्या (ट्राय स्क्वेअर)

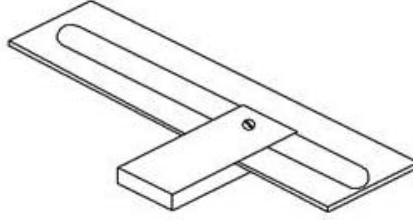
याचा उपयोग पृष्ठभागाची लंबकारता तपासण्यासाठी केला जातो. तसेच लंबरेषा ड्रॉईंग काढण्यासाठी वापरले जात जाते. यात स्टील ब्लेड आहे ज्यावर सेंटिमीटर/इंच च्या खुणा आहेत. स्टॉक धातूचा किंवा लाकडी असू शकतो, जो मोजमाप ठेवण्यासाठी बनविला जाऊ शकतो ब्लेड, आकृती 4.2 मध्ये दाखवले आहे.



आकृती-4.2: गुण्या (ट्राय स्क्वेअर)

### बेवेल स्क्वेअर

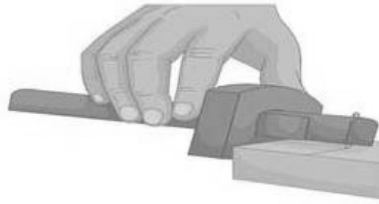
वर्कपीसवर समांतर रेषा आणि कोन सेट करणे, मोजणे, तयार करणे यासाठी याचा वापर केला जातो. हे धातू किंवा लाकडी स्टॉकने बनवले जाते, ज्यात स्लॉटेड मेजरींगब्लेड बसवलेली असते. स्कूद्वारे कोणत्याही आवश्यक कोनात ब्लेडस्लॉटसह ऍडजस्ट केला जाऊ शकतो. या इन्स्ट्रुमेंटचा वापर करून  $0 - 180^\circ$  कोन सेट केले जाऊ शकतो. आकृती 4.3 मध्ये दाखवले आहे.



आकृती-4.3: बेवेल स्क्वेअर

### मार्किंग गेज

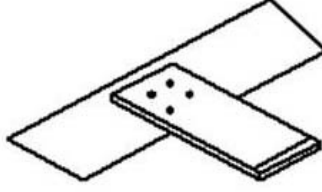
मार्किंग गेज सामान्यतः स्क्रॅचगेज म्हणून ओळखला जातो. हे लाकूड काम आणि धातू काम या दोन्हीसाठी वापरले जाते, जे ऑपरेशन्स आउटलाइन करण्यासाठी किंवा कापण्यासाठी, लाईन्स मार्क आऊट करण्यासाठी वापरले जाते. समांतर रेषा काढ किंवा पृष्ठभागाच्या संदर्भात सहजपणे रेखाटल्या जाऊ शकतात. हे चार भागांनी बनवले जाते. लांब लाकडी बीम 20 सेंमी ते 30 सेंमी, फेन्स, लॉकिंगस्कू आणि मार्किंग स्क्राइब / सुई. मार्क आऊट साठी इच्छित अंतर ऍडजस्ट करण्यासाठी फेन्स बीमच्या बाजूने सरकते. हालचाली बंदिस्त करण्यासाठी लॉकिंगस्कूचा वापर केला जातो. मार्किंग सुई मध्ये तीक्ष्ण धातू असतो जो लाकडाला छेदतो. आकृती 4.4 मध्ये दाखवले आहे.



आकृती-4.4: मार्किंग गेज

### मित्रे स्क्वेअर

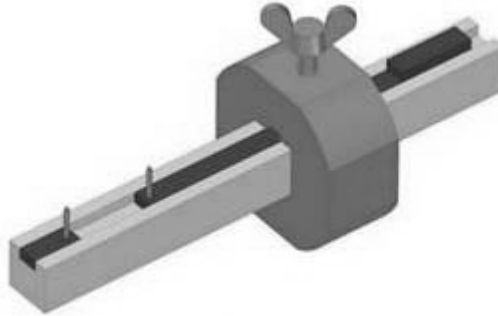
हे लाकूडकाम आणि धातूच्या कामात  $90^\circ$  शिवाय इतर कोन चिन्हांकित आणि तपासण्यासाठी वापरले जाते. सामान्यतः मित्रे स्क्वेअरचा वापर  $45^\circ$  आणि सप्लिमेंटरी  $135^\circ$  कोन चिन्हांकित आणि पडताळणीसाठी केला जातो. हे आकृती 4.5 मध्ये दाखवले आहे.



आकृती-4.5: मिलेस्केअर

### मॉर्टिस गेज

मॉर्टिस गेजमध्ये दोन पिन्स आहेत ज्या बीमच्या शेवटी एकमेकांच्या सापेक्ष ऍडजस्ट केल्या जाऊ शकतात. या गेजचा वापर एकाच वेळी दोन ओळी लिहिण्यासाठी केला जातो आणि हे घरगुती बांधकामात मॉर्टिस लेआउट करण्यासाठी सर्वात जास्त वापरले जाते. मेनबॉडी सामान्यतः स्टेम म्हणून ओळखली जाते. हे लाकडाच्या एकसंध तुकड्याने बनवले जाते. ऍडजस्टेबल पिन आणि लॉकिंग स्कू ऍडजस्टमेंटसाठी वापरतात. स्कू खेचला की, स्टेममधील लाकडाचा तुकड्याने ऍडजस्टेबलपिन नियंत्रित करता येते. तीक्ष्ण धातूच्या घटकाने बनवलेले सुई आहे. हे आकृती 4.6 मध्ये दाखवले आहे.



आकृती-4.6: मॉर्टिस गेज

#### 4.1.5 कटिंग टूल्स

कटिंग टूल्समध्ये सॉ, चीसेल आणि गौजेसचा समावेश आहे. लाकडाला अपेक्षित साईज शेप आणि डायमेंशन देण्यासाठी वापरात येतात. सहसा फिनिशिंग ऑपरेशन वेगवेगळ्या प्रकारच्या चीसेलसह केले जाते. खालील शीर्षकांमध्ये त्यांची चर्चा करूया.

#### रिप सॉ

सुतारकामात ही सर्व ठिकाणी वापरात येणारी सॉ आहे. रिप सॉ ला टूथ सॉ म्हणून देखील ओळखले जाते. रिप-कट सॉ अगदी शेवटी काही आभासी बिंदूपर्यंत निमुळता होईल. रिप सॉ फॉरवर्ड किंवा पुश स्ट्रोकमध्ये काप/ कट घेते. या डिझाईन मुळे लाकूड कापण्यास

सुलभ होते. साधारणपणे रिप सॉ प्रति 100 मिमी लांबी 700 मिमी लांब आणि 12 ते 20 टूथ असलेली असते. हे आकृती 4.7 मध्ये दाखवले आहे. रिप सॉचे टूथ मोठे असतात आणि ग्रेनच्या बाजूने कापण्यासाठी वापरले जातात.



आकृती-4.7: रिप सॉ

### क्रॉस कट सॉ

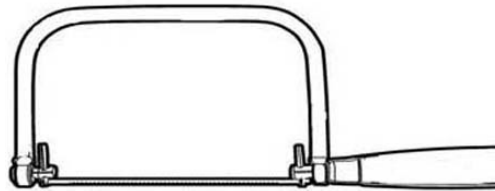
लाकडाचे लंब तुकडे करण्यासाठी क्रॉसकट सॉ डिझाइन केले गेले आहे. क्रॉसकट सॉ आकाराने लहान किंवा मोठे असू शकतात, लहान टूथ फिनिश लाकूड कामांसाठी किंवा लॉग बर्किंग (मोठे ठोकळे) रफ कट करण्यासाठी मोठ्या टूथ सॉ असतात. लांबी साधारणपणे 600 ते 650 मिमी लांब, 39 ते 40 टीथ प्रति 100 मिमी लांबीची आहे. आकृती 4.8 मध्ये दाखवले आहे.



आकृती-4.8: क्रॉसकट सॉ

### कोपिंग सॉ

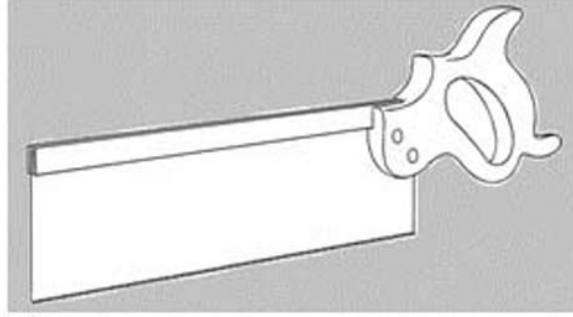
बाह्य आणि अंतर्गत दोन्ही कट्स बनविण्यासाठी कोपिंगसॉचा वापर केला जातो. हे धनुष्याकार सॉ प्रकारात मोडते. यात 250 ते 350 मिमी लांबीचे पातळ अरुंद ब्लेड आहे. हे स्टील फ्रेम आणि दोन्ही टोकांवरील लॉकच्या मध्ये पोजिशन मध्ये लावलेले आणि ताणलेले असते. हे पुल स्ट्रोकवर काम करते आणि खाली तोंड करणारे टीथ असतात. कोपिंग सॉमध्ये सॉकेट मध्ये हँडल फिरवता येत असल्याने यामुळे वक्र कटआउट कापण्याची क्षमता आहे. हे आकृती 4.9 मध्ये दाखवले असते.



आकृती-4.9: कोपिंग सॉ

### टेनॉन किंवा बॅक सॉ

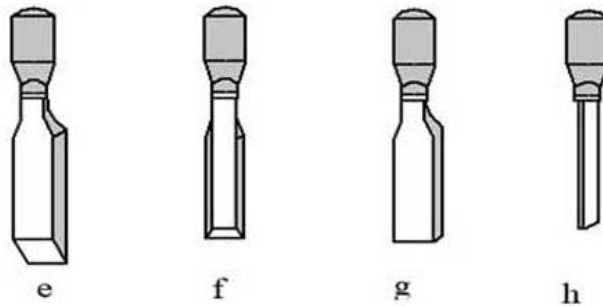
टेनॉन सॉ ही मोठ्या आकाराची बॅक सॉ आहे जी फर्निचर जॉइनरीमध्ये खोल, अचूक कट करण्यासाठी वापरली जाते. याद्वारे न वाकवता सरळ आणि वेगवान काम करता येतात. मॉर्टिस आणि टेनन जॉइनरीसाठी वापर होत असल्याने याला टेनॉन सॉ हे नाव पडले. एक पातळ ब्लेड स्टील बॅकने मजबूत केले जाते. टेनॉन ब्लेडची लांबी 250 ते 400 मिमी आहे, प्रति 100मिमी लांबीसुमारे 50 टीथ असतात. टीथ समभुज त्रिकोण सारखे दिसत असल्यामुळे यांना कधी कधी पेग टीथ म्हणून ओळखले जाते. हे आकृती 4.10 मध्ये दाखवले आहे.



आकृती-4.10: टेनॉन सॉ

### फर्मर चीसेल /चीसेल

अगदी सर्व कामांसाठी वापरात येणारे हे टूल आहे; हे हाताच्या दाबाने किंवा मॅलेट फोर्सद्वारे चालविता येते. ते पोलादाने बनवले जातात. आयताकृती क्रॉस-सेक्शन आणि हार्डवूड हँडल्ससह, ते हेवी ड्युटी वूड वर्किंग कामात वापरले जातात. फर्मर चीसेल /चीसेल खूप वैशिष्ट्यपूर्ण आणि विलक्षण मानल्या जातात, कारण ते चीसेलच्या सर्वात जुन्या मॉडेलपैकी एक आहेत. त्यांचा उपयोग अतिशय धारदार आणि लंबकार कोपरे तयार करण्यासाठी केला जातो. आकृती 4.11 (इ) मध्ये दाखवले आहे.



आकृती 4.11: (इ) फर्मर चीसेल , (एफ) बेवेल्ड एज फर्मर , (जी) पारिंग चिझल, (एच) मॉर्टिस चिझल

### बेवेल्ड एज फर्मर चीसेल

हे अधिक नाजूक कामाच्या क्रियासाठी वापरले जातात, जेथे फर्मर चीसेल उपयुक्त असू शकत नाही. ते आकाराने लांब, पातळ आणि फ्लेक्झिबल आहेत; बहुतेक सुतारकाम उद्योग सामान्यतः त्यांचा वापर करतात. हे नावच सूचित करते की त्यांची एज आणि सरळ किनारे आहेत, ज्यामुळे त्यांना डव्हटेल सांध्यांना व्यवस्थित कटिंग करता येते. आकृती 4.11(एफ).

### पारिंग चीसेल

हे फर्मर चीसेल /चीसेल आणि बेवेल्ड एज यांचे मिश्रण असलेली चीजल आहे. या लांब, पातळ लवचिक चीसेल असतात ज्याच्या बाजू बेवेल्डएज असतात. ब्लेडची कटिंग एज 15 ते 20 अंशांपर्यंत धारदार केली जाते जेणेकरून फिनिश कटिंग शक्य होईल. बहुतेक वेळा पारिंग चीसेल हाताने चालवल्या जातात आणि त्यांना मॅलेटने मारण्याची गरज नसते कारण ते नाजूक, उत्तम कामासाठी डिझाइन केलेली साधने आहेत. आकृती 4.11 (जी).

### मॉर्टिस चीसेल

मॉर्टिस चीसेल चे नाव असे आहे कारण ते प्रामुख्याने सांधे कापण्यासाठी वापरले जाते. या चीसेल मध्ये जाड ब्लेड असते जे त्याच्या रुंदीपेक्षा जाड असते, ते 3 ते 16 मिमीपर्यंत असते. यात प्रचंड बळ आणि हार्डवूड हँडल असते. ते सहसा कॅप केलेले असतात किंवा त्यांच्या हँडलवर स्टील हुप्स असतात जे त्यांना मॅलेटच्या फटक्यांचा सामना करण्यास मदत करतात. चीसेल 30 ते 40 अंशांच्या दरम्यान कोनात धार केली जाते. आकृती 4.11 (एच).

### गौजेस

ही वैशिष्ट्यपूर्ण चीसेल आहे, जी टोकावरील वक्र ब्लेडपासून बनलेली आहे. वक्र आकार आत किंवा बाहेर असू शकतो; कधी कधी गरजेच्या आधारे त्याचा चमचा आकार होतो. बाहेरील गोजचा वापर हॅलो ज करण्यासाठी केला जातो. बाहेरील चीसेल'ना फर्मर गॉज म्हणून संबोधले जाते आणि आतील गॉजला स्क्रिपिंग गॉज म्हणून संबोधले जाते. गॉजचे आकार लहान आकारापासून फिश टेल प्रकारापर्यंत बदलतात. आकार 6 मिमी ते 40 मिमी रुंद असतो. आकृती 4.12.



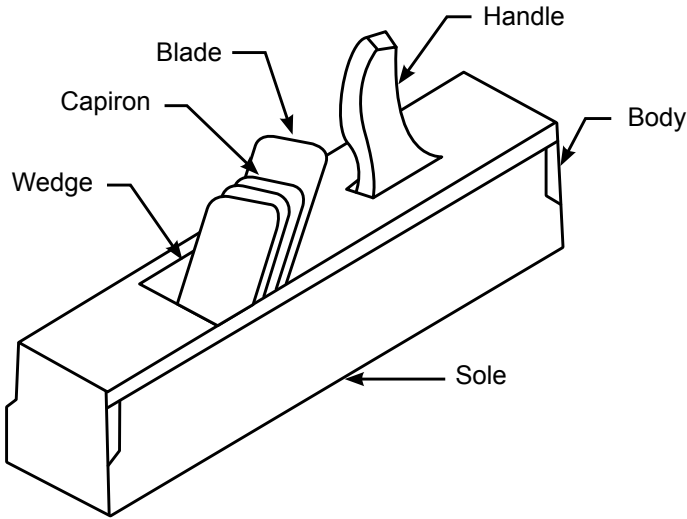
आकृती-4.12: गौजेस

#### 4.1.6 प्लेनिंग टूल्स

प्लेनचा वापर समतल, गुळगुळीत पृष्ठभाग तयार करण्यासाठी केला जातो. कार्यशाळेत वापरली जाणारी विविध प्लेन म्हणजे जॅक प्लेन, ट्रायिंग प्लेन, रिबेट प्लेन, स्मूथिंग प्लेन, प्लॉप्लेन आणि मेटल प्लेन.

##### लाकडी जॅकप्लेन

लाकडी जॅकप्लेन हे सामान्यतः वापरात येणारे वूड वर्किंगबेंच प्लेनचे सर्वात जुने रूप आहे. हे लाकडाचा वरचा थर कापून, समतल पृष्ठभाग तयार करण्यासाठी वापरले जाते. यात एक लाकडी ब्लॉक असतो ज्याला बॉडी म्हणून ओळखले जाते. कापण्यासाठीची ब्लेड वेज आणि कॅप आयर्न किंवा बॅक आयर्नच्या सपोर्टने बसवलेली असते. बॅक आयर्न कापण्याच्या ऑपरेशनमध्ये सामील असू शकत नाही परंतु ते रफ सरफेस आणि लाकडाच्या चकत्यांचे गोलाकार आकार टाळण्यासाठी कटिंगब्लेड ला मदत करते. लांबी 350 ते 450 मिमी आणि ब्लेडची रुंदी 50 ते 75 मिमी असू शकते. आकृती 4.13.



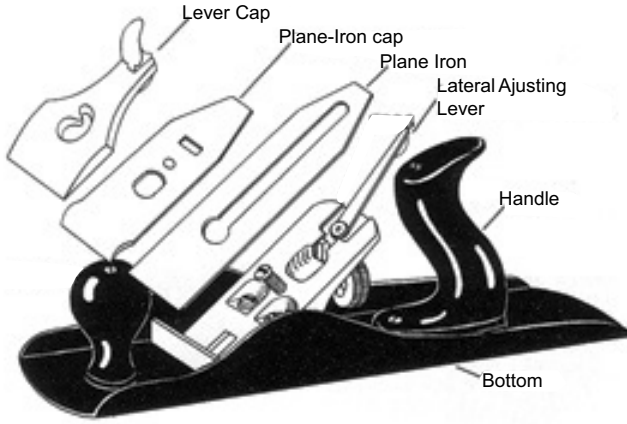
आकृती-4.13: लाकडी जॅक प्लेन

##### मेटल जॅक प्लेन

साधारणपणे याचे काम लाकडी जॅक प्लेन सारखेच असले तरीही मेटल जॅक प्लेनमुळे समतल पृष्ठभाग अधिक गुळगुळीत होतो व ऑपरेशन देखील फास्ट होते. येथे बॉडी ग्रे कास्ट आयर्नची बनलेली असते. याचा खालचा भाग व इतर पार्ट्स फिनिश सरफेसचे असून आणि वजनास जड असणारे आहेत. थर काढण्याची जाडी अँडजस्टमेंट स्कूच्या मदतीने अँडजस्ट केली जाऊ शकते. आकृतीत दाखविल्याप्रमाणे लाकडी जॅक प्लेनच्या वेजच्या जागी येथे अँडजस्टमेंट आणि आधारासाठी धातूच्या पट्ट्या वापरल्या जातात. आकृती 4.14.



ए-कॅप आयर्न बी-कटिंग ब्लेड सी-अॅडजस्टिंग लिव्हर डी-डेपथ अॅडजस्टमेंट स्कू.



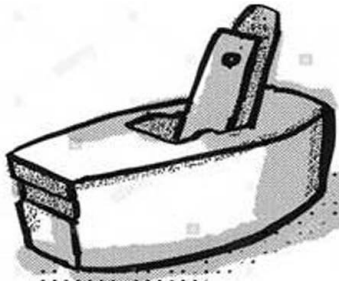
आकृती-4.14: मेटल जॅक प्लेन

### ट्रायिंग प्लेन

हे फिनिशिंग ऑपरेशनसाठी वापरले जाते. लाकडाचा अतिशय पातळ थर काढण्यासाठी याचा वापर केला जातो. ट्रायिंग प्लेन लांबी सहसा 550 ते 650 मिमी पर्यंत बदलते; ब्लेडची रुंदी 60 मिमी आहे.

### स्मूथिंग प्लेन

हे या प्रकारातील सर्वात लहान साधन आहे आणि कार्य करण्यासाठी एकाच हाताने धरले जाऊ शकते. याच्या नावातच आहे की, हे फिनिशिंग ऑपरेशनसाठी वापरले जाते. जॅक प्लेन ऑपरेशननंतर सामान्यतः वापरल्या जाणाऱ्या या लाकडाचा अतिशय पातळ जाडीचा थर काढण्यासाठी याचा वापर केला जातो. हे सुमारे 200 ते 250 मिमी लांब आणि ब्लेडची रुंदी सुमारे 70 मिमी आहे. ते आकृती 4.5. दाखवले आहे.



आकृती-4.15: स्मूथिंग प्लेन

## रिबेटप्लेन

हे रबेट प्लेन म्हणूनही ओळखले जाते. हे इन्स्ट्रुमेंट किनाऱ्यावर अतिशय कमी जाडीचा रेसेस तयार करण्यासाठी डिझाइन केले गेले आहे. याचा उपयोग रिबेट जॉइंट्ससाठी खाच तयार करण्यासाठी केला जातो (यालाच लॅपजॉइंट म्हणूनही ओळखतात). या प्लेनचे ॲप्लिकेशन दरवाजा फिटिंग स्लॉट, विंडो ग्लास फिटिंग स्लॉटमध्ये आढळते. सहसा ब्लेडची रुंदी 10 ते 50 मिमी असते. ते आकृतीत दाखविले आहे 4.16.



आकृती-4.16: रिबेटप्लेन

### 4.1.7 बोरिंग / ड्रिलिंग टूल्स

सुतारकामात देखील खिळे, रिबेट, स्टॉप्स इत्यादी बसवण्यासाठी ड्रिलिंग आणि बोरिंग करणे आवश्यक आहे. ड्रिलिंग करण्यासाठी कार्यशाळेत हाताने चालविली जाणारी विविध साधने वापरली जातात. ते म्हणजे गिम्लेट, ब्रॅडॉल आणि ब्रेसबोरिंग टूल आहेत. या कंटाळवाण्या उपकरणांमध्ये विविध प्रकारचे ड्रिलबिट्स वापरले जातात.

#### ब्रॅडॉल टूल

हे हाताळण्यास अगदी सोपे असे टूल आहे; सुतार हे ब्रॅडॉलटूल लहान व मध्यम आकाराच्या आणि मध्यम शॉलो बोरिंगसाठी वापरतात. लहान व मध्यम आकाराचे खिळे आणि स्कू बसण्यासाठी या शॉलो बोरिंगचा वापर केला जातो. ते आकृतीत दाखवले आहे आकृती 4.17.



आकृती-4.17: ब्रॅडॉल टूल

## गिम्लेट टूल

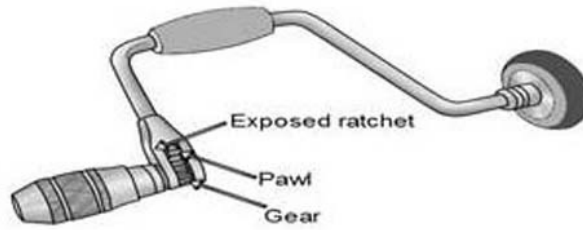
लाकडात लहान होल ड्रिलिंगसाठी वापरले जाणारे गिम्लेट हे एक सुलभ साधन आहे. त्यात द्विस्टेड बार असतो. द्विस्ट निमुळता आहे आणि त्याच्या लांबीच्या सुमारे एक तृतीयांश भाग याने व्यापलेला असतो. खालच्या टोकाला सहज प्रवेश करण्यासाठी एक शार्प नीडल असतो. दुसर् या टोकाला सोप्या रोटेशनसाठी लाकडी हँडल आहे. ते आकृतीत दाखवले आहे. आकृती 4.18.



आकृती-4.18: गिम्लेट टूल

## ब्रेस टूल

ब्रेस टूल हे हाताने लाकडात बोरिंग करण्यासाठी वापरात येणारे साधन आहे; यात बॉडीच्या मध्यभागी क्रँक आकाराचे वळण असलेले उपकरण असते ज्यावर ग्रिपिंग असते. टेल एंडमध्ये द्विस्ट ड्रिल बिट्स ठेवण्याची तरतूद आहे. युनिटच्या आतील रॅचेट आणि गिअर व्यवस्थेमुळे ऑपरेशन होते. कार्यशाळेत ब्रेसेसचे दोन प्रकार वापरले जातात; ते रॅचेट ब्रेस आणि व्हील ब्रेस आहेत. व्हील ब्रेसमध्ये हँडल व्हील उपकरणाच्या मधल्या भागात निश्चित केले जाते. ड्रिलिंग ऑपरेशनसाठी व्हीलचे रोटेशनमुळे ड्रिल बिट फिरते येथे रॅचेटब्रेस आकृती 4.19 मध्ये दर्शविला आहे.



आकृती-4.19: रॅचेटब्रेस

### 4.1.8 स्ट्रायकिंग टूल्स

सुतार कामामध्ये वापरली जाणारी स्ट्रायकिंग टूल्स वजनात हलकी असतात आणि हलक्या फटक्यांसाठी वापरली जातात. कार्पेन्टरी शॉप मध्ये सामान्यतः मॅलेट आणि काही कास्ट आयर्न हातोडे स्ट्रायकिंग टूल्स म्हणून वापरले जातात. हातोड्याचा वापर तीव्र आघातासाठी केला जातो, त्यामुळे चीसेलहँडलचे नुकसान होण्याची शक्यता आहे. अशा ठिकाणी रबर, लाकूड, प्लास्टिक यांनी

बनवलेला मऊ मारा करणारा पृष्ठभाग अधिक चांगला परिणाम देईल. अशा काही महत्वाच्या साधनांची चर्चा आपण करणार आहोत.

### मॅलेट

मॅलेट म्हणजे लाकडापासून किंवा कधी कधी रबरपासून बनवलेला हलका वजनाचा हातोडा; खाली असलेल्या लांब हँडल च्या तुलनेत याचे डोके आकाराने मोठे आहे. कार्पेन्ट्रीशॉप मध्ये आपल्याला सामान्यपणे लाकडी किंवा प्लास्टिकच्या मॅलेट आढळतात. मॅलेट्सचे फेसेस प्लास्टिक, नायलॉन आणि नैसर्गिक रबरपासून बनवलेले असू शकतात. अगदी तांबे, अॅल्युमिनियम, पितळ किंवा शिसे यांसारखे मऊ धातू देखील विशेष उद्देशासाठी वापरले जातात. ते आकृतीत दाखवले आहे. आकृती 4.20 (अ व ब).

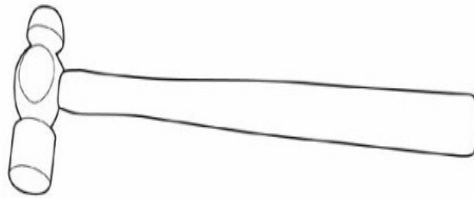


आकृती-4.20:(अ) लाकडी मॅलेट (ब) नायलॉन मॅलेट

### पोलादी हातोडा

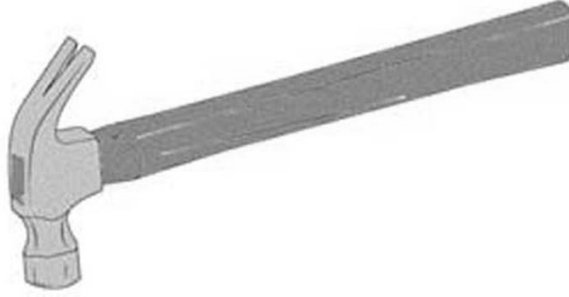
वॉरिंग्टन, पीन आणि क्लॉ हातोडा सामान्यतः सुतार वापरतात. ते खाली वर्णन केले आहेत.

आकृती 4.21 मध्ये दाखवलेला वॉरिंग्टन हातोडा खिळे ठोकण्यासाठी, सांधे एकत्र करण्यासाठी आणि लाकडी बोर्डसेट करण्यासाठी वापरला जातो. याचे हेड टूल स्टील फोर्जिंगपासून तयार केले जाते आणि विविध वजनांमध्ये उपलब्ध होते. हातोड्याचा फेस हार्डनड, टेम्परड आणि ग्राउंड केलेला असून किंचित कॉन्व्हेक्स आकाराचा असतो. हेडचा मध्यभाग हार्डनड केलेला नसतो, अन्यथा वापरात ठिसूळपणामुळे तुटू शकते. हँडल लाकडापासून बनलेले आहे आणि आरामदायक पकड ठेवण्यासाठी क्रॉस-सेक्शनमध्ये अंडाकृती असते. हँडलचा शेवट हेडच्या छिद्रात बसतो आणि लाकडी किंवा धातूच्या वेजेसद्वारे स्थितीत ठेवला जातो, ज्यामुळे ग्रेनला ओपन करते आणि अशा प्रकारे दोन्ही भाग यांना सुरक्षितपणे एकत्र लाँक केले जाते.



आकृती-4.21: वॉरिंग्टन हातोडा

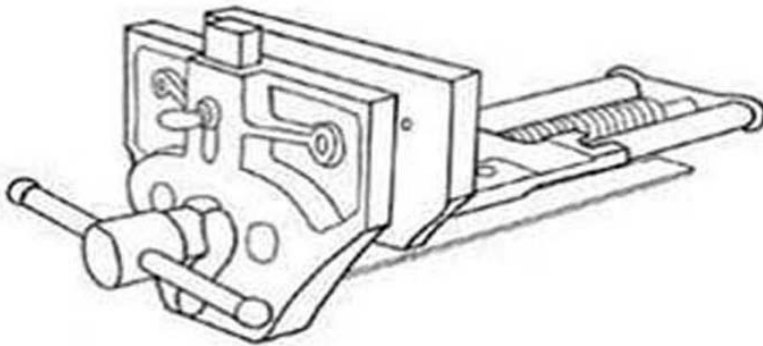
क्लॉ हातोड्याच्या एका टोकाला वक्र क्लॉ म्हणजे पंजा असतो, जो खिले बाहेर काढण्यासाठी वापरला जातो. दुसरे टोक हलक्या स्ट्रायकिंग कामासाठी वापरला जाते. या लिव्हरिंग कृतीसाठी आवश्यक अतिरिक्त शक्तीप्रदान करण्यासाठी क्लॉ हातोड्याला मजबूत हँडलची नेहमीच आवश्यकता असते. हे आकृती 4.22 मध्ये दाखवले आहे.



आकृती-4.22: क्लॉ हातोडा

#### 4.1.9 होल्डिंग टूल्स

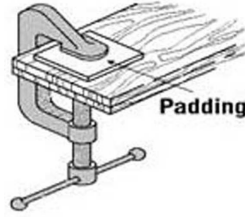
लाकूड कामगारांना प्रभावी आणि कार्यक्षम कामासाठी वर्कपीस होल्डिंग डिव्हाइसची आवश्यकता आहे. वर्कबेंच, कार्पेन्टर व्हाइस, सी-क्लॅम्प हे कार्पेन्टरीशॉप मध्ये सर्वात जास्त वापरले जातात. कटिंग सारख्या वेगवेगळ्या प्लेनिंग, चीसेल, मार्किंग इ. ऑपरेशन्ससाठी लाकडी प्लेट्स ठेवण्यासाठी वर्कबेंचमध्ये फ्लॅट पृष्ठभाग असतो. प्लेनिंग ऑपरेशन दरम्यान लाकडी ब्लॉक्स घट्ट धरून ठेवण्यासाठी त्यात वेगवेगळ्या आकाराचे स्टॉप्स आहेत. केले जाते. कार्पेन्टर व्हाइस हे एक धातूचे उपकरण आहे ज्यात मुव्हेबल आणि फिक्स्ड जबडा आहे. हँडलफिरवून जबड्याची हालचाल नियंत्रित केली जाऊ शकते, मुव्हेबल जबडा स्कूवर सरकतो. लाकडी प्लेट्स एकत्रित ठेवण्यासाठी या उपकरणाचा उपयोग होतो. हे आकृती 4.23 मध्ये दाखवले आहे.



आकृती-4.23: कार्पेन्टर व्हाइस

सी-क्लॅम्प किंवा जी-क्लॅम्प किंवा जी-क्रॅम्प हे कार्पेन्टरीशॉप मध्ये वर्कपीस ठेवण्यासाठी वापरले जाणारे आणखी एक होल्डिंग डिव्हाइस आहे. या क्लॅम्पसना त्यांच्या सी-आकाराच्या फ्रेममुळे सी क्लॅम्प म्हणतात, किंवा बर्याचदा सी-क्लॅम्प किंवा स्कूपार्ट असल्याने

जी-क्लॅम्प म्हणतात; ते इंग्रजी मुळाक्षरे प्रमाणे आकाराचे आहेत आहेत. क्लॅम्पएंडचे इंडेंटेशन टाळण्यासाठी लहान पॅडिंग प्लेटसह वापरले जातात. हे आकृती 4.24 मध्ये दाखवले आहे.



आकृती-4.24: सी-क्लॅम्प

#### 4.1.10 पॉवर टूल्स

विज्ञान आणि तंत्रज्ञानातील सर्वच क्षेत्रात ऑटोमेशन होत असतानाच कार्पेन्टरी शॉप देखील यापेक्षा वेगळे नाही. नवीन आणि प्रगत साधनांना देखील आता कार्पेन्टरटूल किटमध्ये स्थान मिळाले आहे. कार्यक्षमता, परिणामकारकता, डायमेन्शनल टॉलरन्स हे उद्योग जगतातील शब्द आहेत, याची आपल्याला जाणीव आहे. त्यामुळेच एकमेव उपाय म्हणजे पॉवर टूल्सचा वापर. सुतारकामांमध्ये सर्वाधिक वापरल्या जाणार या पॉवर टूल्सची चर्चा खाली केली गेली आहे. पॉवर टूल्ससाठी इंधन, वीज किंवा स्टोअर एनर्जी (ड्राय किंवा वेट बॅटरी) या स्वरूपात पॉवर सोर्सची आवश्यकता असते.

#### सर्क्युलर सॉ

कटिंग ऑपरेशनसाठी सर्क्युलर सॉ हा सर्वात जास्त वापरला जातो. लाकडाचे विविध आकार अगदी कमी कालावधीत आणि प्रभावीपणे कापले जाऊ शकतात. हे इलेक्ट्रिक मोटरच्या रोटरी मोशनचा वापर करून कापण्यासाठी टूथ असलेली / अब्रासिव्ह डिस्क किंवा ब्लेड वापरते. यात कटरच्या सभोवतालची धातूची फ्रेम आणि संरक्षणासाठी फिरणारे मोटार पार्ट्स असतात, कटरच्या रोटेशनसाठी तळाशी पुरेशी जागा दिली जाते. सरळ रेषा कापण्याचे ऑपरेशन एकतर साधन हलवून किंवा त्याविरुद्ध कामाचा तुकडा हलवून होते. या कटरचा वापर लाकडाच्या ओंडक्यात, प्लेट्स आणि प्लायवूडच्या फळ्या, लाद्या कापण्यासाठी केला जातो. कार्पेन्टरीशॉप वापरल्या जाणाऱ्या वेगवेगळ्या पारंपारिक सॉ चा वापर यामुळे संपूर्णपणे बदलले . सर्क्युलर सॉ 4000 ते 5200 आरपीएमवर फिरते आणि त्यासाठी सुमारे 5 ते 7.5 एचपी किंवा 1440 वॅटची आवश्यकता असते, ब्लेडचा व्यास 185 मिमी आणि त्यापेक्षा जास्त असू शकतो. विविध क्षमता आणि आकार सर्क्युलर सॉ बाजारात उपलब्ध आहेत. हे आकृती 4.25 मध्ये दाखवले आहे.



आकृती-4.25: सर्क्युलर सॉ (सौजन्य:बॉशटूल्स)

## पॉवर ड्रिल

विविध क्षमता असलेले पॉवर ड्रिल बाजारात उपलब्ध आहे, लाकडी ब्लॉक्सवर आवश्यक आकाराची छिद्रे तयार करण्यासाठी त्यांचा वापर केला जातो. पॉवर ड्रिल वीज किंवा बॅटरीद्वारे चालविल्या जाऊ शकतात. पॉवर ड्रिलमधील उपयोगानुसार रेगुलर ड्रिल, हॅमर ड्रिल किंवा इम्पॅक्ट ड्रायव्हर ड्रिलचा वापर केला जाऊ शकतो. पॉवर ड्रिल पोर्टेबल आणि बॅटरीवर चालणाऱ्या आवृत्त्यांमध्ये उपलब्ध असतात आणि कधी कधी ते वायर सहित देखील उपलब्ध असतात. हॅमर ड्रिल मुळे अधिक फोर्स मिळतो आणि ड्रिल बीट रेसिप्रोकेट होत असल्यामुळे काँक्रीटमध्ये देखील यामुळे बोअर होऊ शकते. इम्पॅक्ट ड्रायव्हर पॉवर ड्रिल हॅमर ड्रिल सारख्याच तत्त्वावर काम करतात, परंतु त्यासाठी लागणारा फोर्स हा अतिशय कमी असतो. टूलकिटमध्ये विविध आकार आणि लांबी ड्रिल बिट्स समाविष्ट आहेत. हे आकृती 4.26 मध्ये दाखवले आहे.



आकृती-4.26: पॉवर ड्रिल (सौजन्य:बॉश साधने)

## टेबल सॉ

टेबल सॉ हे एक फिक्स्ड पॉवरटूल आहे आहे, ज्याला कधी कधी बेंच सॉ किंवा सॉ बेंच म्हणून संबोधले जाते. टेबल सॉमध्ये विद्युत मोटारद्वारे चालविल्या जाणाऱ्या आर्बरवर बसवलेले वर्तुळाकार ब्लेड असते. एका टेबल सॉमुळे वापरकर्त्याला फ्लॅट टेबलावर लाकूड कापणे शक्य होते. अपेक्षित असलेले डायमेंशन्स लाकडाच्या ओंडक्यावर चिन्हांकित केले पाहिजे आणि कटर विरुद्ध फीड केले गेले पाहिजे जेणे करून कटिंग होईल. कटर उघडा असल्याने मशीन चालविण्यासाठी बरीच काळजी / खबरदारी घेणे आवश्यक आहे. हे आकृती 4.27 मध्ये दाखवले आहे. टेबलावर केवळ सरळ कडा कापलेले दिसते आहे., परंतु मिटर्स, बेवेल आणि अगदी डीप यूव्ह कटिंगसाठी देखील वापरले जाते.



आकृती-4.27: टेबल सॉ

## नेल गन

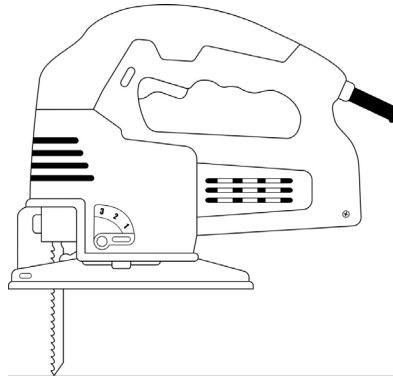
लाकूड आणि इतर साहित्यांमध्ये खिळे मारण्यासाठी नेल गनचा वापर केला जातो. हे साधन खिळे/ हातोडीच्या साह्याने होणारे ऑपरेशन मॅन्युअली करण्या ऐवजी नेल गनचा वापर केला जातो. हे त्याच्या मॅन्युअल समकक्षांपेक्षा खिळे खूप वेगवान आणि कार्यक्षमतेने मारते. यामुळे प्रक्रिये दरम्यान पैसे आणि वेळ वाचेल. वेगवेगळ्या पॉवररेंज ऑपरेशनसह नेल गन मॉडेल्सचे प्रकार उपलब्ध आहेत. गरजेनुसार योग्य मॉडेल निवडणे ही आपली जबाबदारी आहे. हे आकृती 4.28 मध्ये दाखवले आहे.



आकृती-4.28: नेल गन

## जिगसॉ

लाकडाला सामान्यतः गोल आणि वर्तुळाकार नमुन्यात कापण्यासाठी हे वापरले जाते. हे अधिक अचूक आणि प्रभावी आहे. लाकडाच्या फळीवरील वळणे आणि गुंतागुंतीचे आकार कापण्यासाठी जिगसॉ साधने आदर्श आहेत. त्यांचा वापर लाकडी बोर्डवर क्रॉसकट करण्यासाठी आणि कॉर्नर फिनिशिंग साठी केला जातो. परंतु ते लांब, वेगवान सरळ कट करण्यासाठी चांगले नाहीत जेथे तिथे सर्क्युलर सॉ चांगले कार्य करते. हे आकृती 4.29 मध्ये दाखवले आहे.



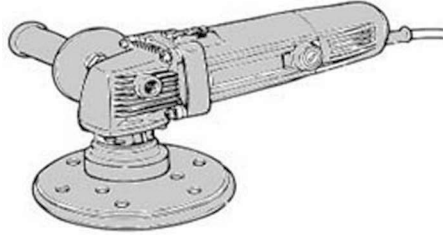
आकृती-4.29: जिगसॉ



## सँडर

सँडर्सचे अनेक प्रकार उपलब्ध आहेत, ते पाम सँडर, रँडम ऑर्बिटल सँडर आहेत.

यात हुक आणि लूप फास्टन केलेल्या सँडिंग डिस्कचा वापर केला आहे. अविश्वसनीयपणे गुळगुळीत आणि स्क्रॅच-फ्री फिनिश मिळविण्यासाठी रँडम ऑर्बिटल सँडर हे एक चांगले साधन आहे. हा एक सँडर आहे जो सँडच्या माध्यमांना वर्तुळाकार पद्धतीने हलवतो आणि त्याचवेळी संपूर्ण पॅड झेड- ऑक्सिस मधील कक्षेत सँडर्सच्या मध्यभागी थोड्या अंडाकृती पद्धतीने हलवतो. सुतार, कॅबिनेट निर्माते आणि इतर अनेक लाकूडकाम व्यवसायात लोकप्रिय असलेले हाताने धरलेले पॉवर टूल हे रँडम ऑर्बिटल सँडर आहे. एका विशिष्ट रँडम ऑर्बिटल सँडरमध्ये एर्गोनॉमिक बॉडीच्या आत ठेवलेली मुख्य किंवा बॅटरीवर चालणारी मोटार असते ज्यावर सँड पॅड जोडले जाऊ शकते. मोटार सँडची चकती चालवते आणि ती वेगाने एकाच वेळी लंबवर्तुळाकार कक्षेत फिरते जेणेकरून डिस्कवरील एकही स्पॉट दोनदा त्याच मार्गावर प्रवास करू नये. हे आकृती 4.30 मध्ये दाखवले आहे.



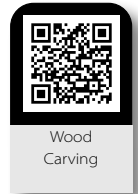
आकृती-4.30: रँडम ऑर्बिटल सँडर

## वुडराऊटर

लाकूड कामगाराच्या टूल-रेंजमधील वुड राऊटर हे सर्वात अष्टपैलू पॉवर टूल आहे. हे एक हाफ-पोर्टेबल साधन आहे, जे कामगार मॅन्युअली चालवू शकतो. लाकडाच्या पृष्ठभागावरील स्लॉट, काऊंटर, मजकूर, स्लॉट इत्यादी बनवण्यासाठी याचा वापर केला जातो. व्हेरिअबल स्पीड कंट्रोल असलेल्या किंवा ज्याच्याकडे मंद गतीने कार्यकरण्याची क्षमता आहे अशा राऊटरला प्राधान्य देणे अपेक्षित आहे. हे आकृती 4.31 मध्ये दाखवले आहे.



आकृती-4.31: लाकूड राऊटर



Wood  
Carving

## मनोरंजकतथ्ये

अमेरिकेतील सुतारकाम जवळजवळ नेहमीच पुरुषांकडून केले जाते. 98.5% सुतार पुरुष असल्यामुळे 1999 मध्ये हा देशातील चौथा सर्वात पुरुषप्रधान व्यवसाय होता आणि 2006 मध्ये सुमारे 1.5 दशलक्ष पदे होती. सुतार हे सहसा नोकरीवर पहिले व्यापारी असतात आणि नंतर शेवटापर्यंत तसेच राहतात.

पुरातत्त्व शास्त्रज्ञांचा असा विश्वास आहे की, प्रागैतिहासिक काळापासून चीसेल चे उपयोग होत असावेत. प्राचीन इजिप्शियन लोक लाकूड आणि दगड काम करण्यासाठी तांबे आणि ब्राँझच्या चीसेलचा वापर करत असत. किंबहुना इ.स.पू. 7 व्या शतकातील इजिप्शियन थडग्यांमध्ये चीसेल पासून बनवलेले प्राचीन शिलालेख सापडले आहेत. ग्रीकांनीही 6 व्या शतकाच्या सुरुवातीस संगमरवरी कोरण्यासाठी चीसेलचा वापर केला.

महोगनी लाकडाची जातीची जगभरात एक शाही उंची आहे. 17 व्या शतकापर्यंत महोगनीचा ग्रेट ब्रिटनमध्ये मोठ्या प्रमाणात वापर केला गेला. हे एक उत्तम लाकूड आहे, घन, चिकटण्यास अतिशय सुलभ आहे आणि सौंदर्यदृष्ट्या आकर्षक आहे. तथापि, त्याची प्रचंड मागणी आणि महोगनी वृक्ष स्रोत कधीही भरून काढले गेले नाहीत ही दुःखद वस्तुस्थिती लक्षात घेता, जगभरात या लाकडाच्या जातीची कमतरता आहे.

## व्हिडिओ संसाधने



## 4.2 प्लास्टिक मोल्डिंग

प्लास्टिक हे एक ऑर्गॅनिक मटेरियल आहे, ज्यात कृत्रिम किंवा अर्ध-सिंथेटिक संयुगे असतात. जी निसर्गात वर्धनीय/ मलियेबल असतात, म्हणून सहजपणे घन वस्तूंमध्ये सामावल्या जाऊ शकतात. "प्लास्टिक" ही संज्ञा ग्रीक शब्द "प्लॅस्टीकोस" पासून प्राप्त झाली आहे. प्लास्टिकोस, चा अर्थ मोल्डिंगसाठी योग्य असा होतो. जेव्हा जेव्हा आपण मटेरियलबद्दल बोलतो तेव्हा आपण हा प्लास्टिसिटी शब्द वापरतो. मटेरियलच्या प्रॉपर्टीमध्ये न तुटता परमनंट डीफॉर्मेशन मिळते.

आज जग प्लास्टिकने भरलेले आहे! व्यावहारिकदृष्ट्या आपण दररोज जे काही पाहतो आणि पूर्णपणे किंवा अंशतः प्लास्टिक सामग्रीने बनवले जाते. टेलिव्हिजन, कॉम्प्युटर, कार, हाऊस, रेफ्रिजरेटर, किचनवेअर, बँक एटीएम कार्ड, स्टेशनरी, कपडे आणि इतर अनेक आवश्यक उत्पादने प्लास्टिक पासून बनवलेले असतात. मात्र, सर्व प्लास्टिक एकसारखे बनवले जात नाही. उत्पादन उद्योग गरजांच्या आधारे विविध प्लास्टिक सामग्री आणि संयुगे वापरतात कारण त्यापैकी प्रत्येकाकडे अद्वितीय गुणधर्म आहेत.

लोकप्रिय आणि सामान्यपणे वापरले जाणारे प्लास्टिक म्हणजे अक्रेलिक किंवा पॉलिमिथाइल मेथाक्राइलेट (PMMA), पॉलिकारबोनेट (PC), पॉलीइथिलिन (PE), पॉलिप्रोपिलीन (PP), पॉलिव्हिलेन टेरेफ्थेलेट (PET), पॉलिविना इलक्लोराइड (PVC), अक्रिलोनिट्रिले बुटाडिने-स्टायरीन (ABS)

#### 4.2.1 प्लास्टिकचे प्रकार

भौतिक गुणधर्मावर अवलंबून प्लास्टिकचे दोन प्रकार करण्यात आले आहेत.

**थर्मोप्लास्टिक:** गरम केल्यावर सहजपणे डिफॉर्म होऊ शकणारे आणि सहज वाकवता येतील असे प्लास्टिक. लिनियरपॉलिमर आणि लिनियर आणि क्रॉस-लिंकड पॉलिमरचे संयोजन थर्मोप्लास्टिकमध्ये मोडते. उदाहरण: पीव्हीसी, नायलॉन, पॉलिथीन इ.

**थर्मोसेटिंग :** प्लास्टिक जे एकदा तयार झाल्यावर गरम करून पुन्हा मऊ होऊ शकत नाहीत. मोठ्या प्रमाणात क्रॉस-लिंकड पॉलिमर थर्मोसेटिंग प्लास्टिकच्या श्रेणीत मोडतात. उदाहरण: बॅकेलाईट, मेलामाइन इ. बॅकेला ईटइलेक्ट्रिकल स्विच तयार करण्यासाठी वापरले जाते तर मेलामाइनफ्लोअर टाइल्ससाठी वापरले जाते.

#### 4.2.2 प्लास्टिकचे फायदे

- ते मजबूत आणि डकटाइल आहेत
- कमी तापमानावर ते सहजपणे मोल्ड केले जाऊ शकतात.
- उष्णता आणि विजेचे दुर्वाहक आहेत
- अंतिम फिनिशिंग मिळविण्यासाठी कोणत्याही मशीनिंगची आवश्यकता नाही.
- त्यांची घनता कमी असते, म्हणून वजन हलके असते.
- वेगवेगळ्या रंगात उपलब्ध, अपिअरन्स मध्ये सौंदर्यपूर्ण आहेत.
- ते तटस्थ स्वरूपाचे आहेत, आम्ल आणि क्षारांची कोणतीही रिएक्शन होत नाही.
- ते गंजरोधक आहेत.

#### 4.2.3 प्लास्टिकचे उपयोग

प्लास्टिकची उपयोगिताच्या जवळ जवळ सर्व क्षेत्रात उपयोगास पडतात.

- पॅकेजिंग
- इमारत आणि बांधकाम
- मोबिलिटी आणि वाहतूक
- इलेक्ट्रिकल आणि इलेक्ट्रॉनिक उपकरणे

- कृषी अवजारे
- औषध आणि आरोग्यसेवा
- खेळ आणि अवकाश
- ऊर्जा आणि पॉवर सेक्टर

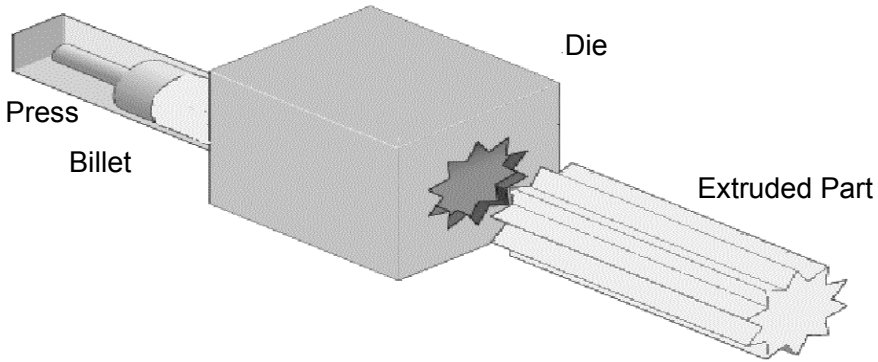
#### 4.2.4 प्लास्टिक मोल्डिंग पद्धती

प्लास्टिक मोल्डिंग ही इच्छित रूपबंध आणि आकार मिळविण्यासाठी विशिष्ट कंटेनर किंवा साच्यात लिक्विड / सेमिसॉलिड/ ग्रॅन्युलारप्लास्टिक ओतण्याची प्रक्रिया आहे. उद्योगांमध्ये पाच प्रकारच्या प्लास्टिक मोल्डिंग प्रक्रिया वापरल्या जातात. ते असे एक्स्ट्रुजन मोल्डिंग, कॉम्प्रेशन मोल्डिंग, ब्लोमोल्डिंग, इंजेक्शन मोल्डिंग आणि रोटेशनल मोल्डिंग आहेत. आपण पुढील शीर्षकांमध्ये त्यांची चर्चा करू या.

##### एक्स्ट्रुजन मोल्डिंग

हे मेटल एक्स्ट्रुजन सारखेच आहे. या प्रक्रियेमध्ये गरम वितळलेले प्लास्टिक, लांब आकाराचा प्लास्टिक भाग तयार करण्यासाठी प्री डिझाइन केलेल्या डायद्वारे दाबले जाते. हे थर्मोप्लास्टिकसाठी सर्वात जास्त वापरले जाते. हा डाय इच्छित उत्पादनाच्या विशिष्ट परिणामास अनुकूल केला जातो. प्लास्टिक मोल्डिंग पद्धतीचे इतर प्रकार देखील एक्स्ट्रुजन करतात म्हणून कच्च्या द्रवाला साच्यात मिळवतात, येथे फरक असा आहे की इतर पद्धती इच्छित आकार बनविण्यासाठी साचे वापरतात आणि येथे आकार मिळवला जातो एक्स्ट्रुजन डायद्वारे आकार मिळवला जातो.

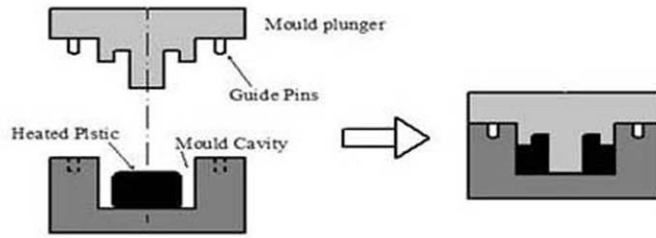
ज्या भागांचे एक्स्ट्रुजन करता येते त्यात स्ट्रॉ, पीव्हीसी पाईप्स, प्लास्टिक शीट, इलेक्ट्रिक फिटिंग स्ट्रिप्स, ट्यूब इत्यादींचा समावेश असू शकतो. ही प्रक्रिया आकृती 4.32 मध्ये दर्शविली आहे. लिक्विड / सेमि सॉलिड प्लास्टिक बिलेट पिस्टनद्वारे अशी आरपार चालविली जाते की इच्छित उत्पादन दुसऱ्या टोकाला उपलब्ध होते



आकृती-4.32: एक्स्ट्रुजन मोल्डिंग

### कॉम्प्रेसन मोल्डिंग

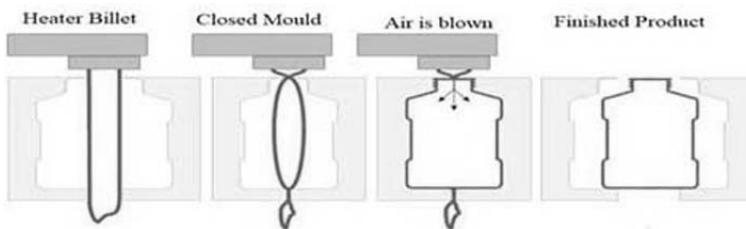
या पद्धतीत गरम प्लास्टिक बिलेट ओपन हीटड मोल्ड कॅव्हिटी मध्ये ठेवला जातो. या रचनेतील वरच्या बाजूस असलेला प्लंजर मोल्ड क्लोज करतो, साचा बंद केला जातो. मुव्हेबल आणि फिक्स्ड मोल्ड कॅव्हिटीवर प्रदान केलेल्या गायडींग स्कूच्या मदतीने साचे योग्य प्रकारे बंद होतील. एकदा वरचा मुव्हेबल प्लंजरने साचा बंद केला की आतील प्लास्टिक प्लंजरवर दिलेल्या नमुन्याचा आकार घेते. साचा थंड करून प्रक्रिया संपविली जाते, जेणेकरून प्लास्टिक साचा ट्रिमिंग आणि काढून टाकण्यापूर्वी मोल्ड कॅव्हिटी मिळालेला आकार तसाच ठेवेल. ऑटोमोटिव्ह कंपोनेंट, खेळणी, किचनवेअर, फर्निचर इत्यादी बनवण्यासाठी या प्रक्रियेचा वापर केला जातो. ही प्रक्रिया आकृती 4.33 मध्ये दर्शविली आहे.



आकृती- 4.33: कॉम्प्रेसन मोल्डिंग

### ब्लो मोल्डिंग

या पद्धतीने बाटली आणि ड्रम तयार करता येतात, येथे प्लास्टिक लिक्विड होईपर्यंत गरम केले जाते. मोल्डकॅव्हिटी लिक्विड प्लास्टिकच्या जवळ आणल्या जातात. एकदा का साचा बंद झाला, कि त्यात हवा ब्लो केली जाते. मोल्डकॅव्हिटीच्या मध्यभागी लिक्विड प्लास्टिक मोल्ड कॅव्हिटी वॉलकडे सरकते आणि वॉलला चिकटते. प्लास्टिकला अंतिम आकार प्लास्टिकला अंतिम आकार हवेच्या ब्लोमुळे मिळतो, म्हणूनच नाव ब्लोमोल्डिंग आहे. जास्तीचे मटेरियल तळाशी असलेल्या जागेत जमा होते. ठराविक वेळेनंतर साचा थंड होतो आणि तयार उत्पादन साच्यातून काढून घेतले जाते आणि काठावर चिकटलेले प्लास्टिक काढण्यासाठी ट्रिमिंग केले जाऊ शकते. ही प्रक्रिया खूप वेगवान आहे आणि जॉबच्या कॉम्प्लेक्सिटीनुसार ताशी 1000 भाग तयार करण्यास सक्षम आहे. प्लास्टिकच्या बाटल्या, ड्रम, केसेस, इंधन टाक्या, खेळणी, ऑटोमोटिव्ह पार्ट बनवण्यासाठी या पद्धतीचा वापर केला जातो. हे आकृती 4.34 मध्ये दाखवले आहे.

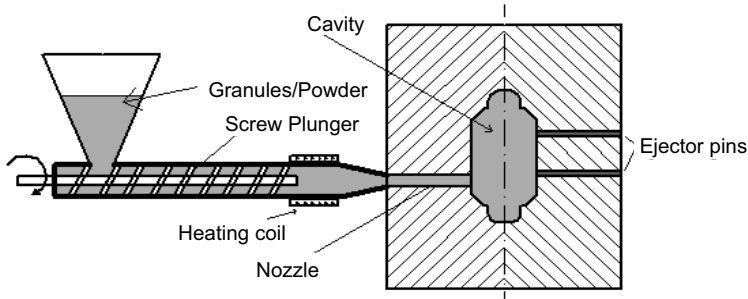


आकृती- 4.34: ब्लो मोल्डिंग



## इंजेक्शन मोल्डिंग

हे हाय वोल्युम प्लास्टिक कॉम्पोनन्ट उत्पादनासाठी सर्वात जास्त वापरले जाते. यात साचाच्या दिशेने हॉपर सारखे असलेले सिलिंडर असते. लिक्विड / सेमिसॉलिड/ प्लास्टिकच्या स्वरूपात कच्चा माल हॉपरमध्ये ओतला जातो. कच्चा माल स्कूपलंजरच्या मदतीने कॅव्हिटीत ढकलला जातो. सिलिंडरच्या निमुळत्या टोकाजवळ कॅव्हिटीत प्रवेश करणारा कच्चा माल गरम करण्यासाठी हीटिंग कॉइल लावलेले असतात. साचा थंड झाल्यावर इंजेक्टर पिन्सच्या मदतीने साचा उघडला जाईल. या प्रक्रियेच्या मदतीने कॉम्प्लेक्स भाग तयार केले जाऊ शकतात. साच्याची किंमत जास्त असते कारण ती ॲल्युमिनियम किंवा उच्च शक्ती पोलादाद्वारे बनविली जाते. बांधकाम उपकरणे, स्वयंपाकघरातील उपकरणे, हेल्मेट, खेळणी, इलेक्ट्रिक स्विच, हेल्थ उपकरणे, टॉयलेटसीट्स, फर्निचर, वैज्ञानिक उपकरणे इत्यादी उत्पादन करण्यासाठी इंजेक्शन मोल्डिंगचा वापर केला जातो. हे आकृती 4.35 मध्ये दाखवले आहे.



आकृती- 4.35: इंजेक्शन मोल्डिंग

## रोटेशनल मोल्डिंग

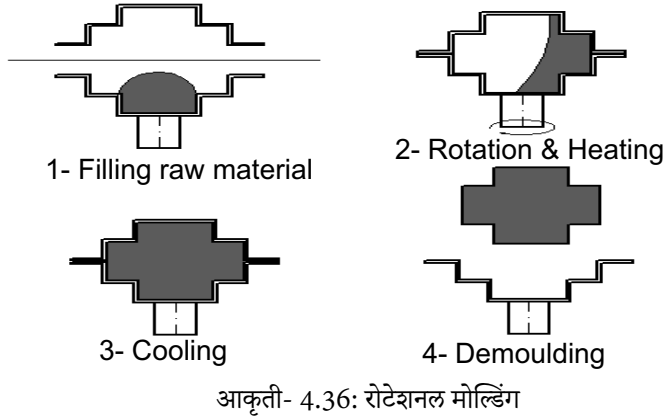
हॉलो प्रॉडक्ट्सच्या उत्पादनांच्या मोल्डिंगसाठी रोटेशनल मोल्डिंगचा वापर केला जातो. मोठ्या आकाराच्या टाक्या, फुलांची भांडी, फुटबॉल, रोड कोन, फेंडर्स, लगेज ट्रे इ. उत्पादन तयार होते. मोल्डच्या रोटेशन आणि हीटिंग मुळे फिनिश प्रॉडक्ट्स तयार होतात ही प्रक्रियाचार टप्प्यांमध्ये होते. हे आकृती 4.36 मध्ये दाखवले आहे.

**कच्चा माल भरणे :** पावडर भरण्यासाठी साच्याची कॅव्हिटी उघडली जाते पॉलिथिलीन किंवा पॉलिप्रोपिलीन टाकल्यानंतर साच्या बंद केला.

**रोटेशन आणि हीटिंग:** येथे ते सुमारे 300<sup>0</sup> C पर्यंत गरम केले जाते. त्याच वेळी साचा असा फिरवला जातो की पावडरमोल्डच्या भिंतीला ढकलली जाते.

**कूलिंग करणे:** बाहेरून लावलेल्या फॅन्स च्या मदतीने साच्याभोवती थंड हवा पसरवली जाते, साचा हळूहळू थंड थंड होत जातो, तो कच्चा माल साच्याच्या वॉलच्या ठिकाणी सॉलिडिफाय होतो.

**डीमोल्डिंग:** तयार उत्पादन साच्यातून बाहेर काढले जाते आणि साचा पुढच्या पुनरावृत्तीसाठी तयार होतो.



### मनोरंजक तथ्ये

1800च्या दशकाच्या उत्तरार्धात सामान्यपणे वापरल्या जाणाऱ्या हस्तिदंत बिलीयर्ड बॉल्स बंदीमुळे बिलीयर्ड बॉल्सची गरज भरून काढण्यासाठी प्लास्टिक मोल्डिंग सुरू झाले. 1868 मध्ये जॉन वेस्ली ह्यात यांनी सेल्युलॉइडला साच्यात इंजेक्शनद्वारे बिलीयर्ड बॉल बनवण्याचा मार्ग शोधून काढला. चार वर्षांनंतर ह्यात आणि त्याच्या भावाने ही प्रक्रिया स्वयंचलित करण्यासाठी एका यंत्राचा शोध लावला आणि पेटंट प्रक्रिया सुरू केली. हे अस्तित्वात आलेले पहिले प्लास्टिक इंजेक्शन मोल्डिंगमशीन होते आणि गरम सिलिंडरद्वारे साच्यात प्लास्टिक इंजेक्ट करण्यासाठी त्याने प्लंजरचा वापर केला.

1946 मध्ये स्कू इंजेक्शन मोल्डिंग मशीनचा शोध जेम्स हेन्ड्री यांनी लावला, ज्याने प्लंजर इंजेक्शन तंत्राची जागा घेतली. आज हे तंत्र सर्वात जास्त वापरले जाते.

आधुनिक रोटेशनल मोल्डिंगचा एक समृद्ध इतिहास देखील आहे ज्याची सुरुवात 1855 पासून झाली जेव्हा ब्रिटनमध्ये धातूच्या तोफखान्याच्या कवचांची निर्मिती करण्यासाठी रोटेशन आणि उष्णतेचा वापर केला गेला.

1950 च्या दशकाच्या सुरुवातीला या प्रक्रियेत प्लास्टिकची ओळख करून देण्यात आली. जेव्हा प्रथम बाहुलीचे डोके तयार करण्यासाठी रोटेशनल मोल्डिंगचा वापर केला गेला. आणि मग 1960 च्या आधुनिक प्रक्रियेत रोटेशनल मोल्डिंगची आधुनिक प्रक्रिया जी आपल्याला कमी घनतेच्या पॉलिथिलीनसह मोठे कंटेनर तयार करणे शक्य होते. अलीकडच्या इतिहासात, प्रक्रिया सुधारणा, चांगली उपकरणे आणि प्लास्टिक पावडर च्या घडामोडींमुळे फिनिश प्रॉडक्ट्स तयार करण्याची प्रक्रिया वेगवान झाली आहे, ज्यामुळे रोटेशनल मोल्डिंग लोकप्रियतेत वेगाने वाढले आहे.

1846मध्ये प्रसिद्ध जर्मन रसायन शास्त्रज्ञ ख्रिश्चन शोन्बीन यांनी प्लास्टिकचा शोध लावला. प्रत्यक्षात चुकून प्लास्टिकचा शोध लागला. ख्रिश्चन आपल्या स्वयंपाकघरात प्रयोग करत होते आणि अपघाताने नायट्रिक आम्ल आणि सल्फ्यूरिक आम्लाचे मिश्रण सांडले. मिश्रण (नायट्रिक आणि सल्फ्यूरिक आम्लाचे मिश्रण) पुसण्यासाठी त्याने एक कापड घेतले आणि नंतर त्याने ते स्टोव्हवर ठेवले. काही वेळाने कापड गायब झाले आणि तिथूनच प्लास्टिक हे नाव मिळाले

## व्हीडीओ संसाधने



## 4.3 ग्लास कटींग

तुम्ही देखणे दिसत आहात, सुंदर दिसत आहात याला कारण आहे ..आरसा.

आपला विश्वास नाही बसणार पण जीवनाच्या प्रत्येक टप्प्यावर काचेची गरज आहे. ग्लास हे आपल्या घरी आणि कामाच्या ठिकाणी वापरत असलेले सर्वात लोकप्रिय मटेरियल आहे. याच्या फायद्यामुळे गुणधर्मांमुळे अनेक ॲप्लिकेशन्स मध्ये याचा वापर होतो. काच हे एक पारदर्शक किंवा अर्ध पारदर्शक इनऑर्गॅनिक सॉलिड मटेरियल कठीण, ठिसूळ आणि द्रवपदार्थ आणि वायूंना अभेद्य आहे. हे बनवणे स्वस्त आहे, जेव्हा ते वितळलेले असते तेव्हा आकार देणे सोपे असते, जेव्हा ते सेट केले जाते तेव्हा उष्णतेला प्रतिरोधक असते, रासायनिक दृष्ट्या निष्क्रिय असते. अशा प्रकारच्या गुणधर्मांमुळे अन्न आणि पेय साठवण, रसायने, काचेचे भांडे, ऑटोमोटिव्ह पार्ट्स, इलेक्ट्रॉनिक गॅझेट कव्हर्स, खेळणी, दागिने अशा अनेक उपयोगांसाठी ते योग्य ठरते सजावटीच्या वस्तू, बांधकाम साहित्यात. दरवाजे आणि खिडक्यांसाठी या ठिकाणी देखील वापरले जाते सिलिकॉन डायऑक्साइड असलेली सामान्य वाळू गरम करून ती वितळलेपर्यंत आणि द्रवरूप होईपर्यंत गरम करून काच बनवली जाते. ही वाळू  $1700^{\circ}$  से.च्या उच्च तापमानावर वितळते. ग्लास निवडणे कठीण काम आहे. हे मुख्यतः काचेच्या संपर्कात येईल त्या वातावरणावर तसेच आवश्यक कामगिरीच्या वैशिष्ट्यांवर अवलंबून आहे. इच्छित कामगिरीची वैशिष्ट्ये जाणून घेतल्यानंतर ऑप्टिकल, थर्मल, केमिकल आणि यांत्रिक गुणधर्मांवरील काचेची निवड काचेचा सर्वोत्तम आणि आर्थिक प्रकार निश्चित करेल.

## 4.3.1 काचेचे प्रकार

काचेचे वर्गीकरण नैसर्गिक आणि कृत्रिम काच म्हणून केले जाऊ शकते. रासायनिक रचना आणि व्यावसायिक ब्रँडच्या आधारे बाजारात अनेक ग्लास उपलब्ध आहेत. पुढील 4.1 तक्ता थोडक्यात तपशील देतो.

उत्पादन	% मध्ये रचना	उपयोग
सोडा लाइम ग्लास	$\text{SiO}_2$ - 71, $\text{N}_2\text{O}$ - 14 $\text{CaO}$ - 13, $\text{Al}_2\text{O}_3$ - 02	चकचकीत दरवाजे, खिडक्या, सामान्य काचेच्या वस्तू
शिसे काच किंवा फ्लिंट ग्लास	$\text{SiO}_2$ - 46, $\text{N}_2\text{O}$ - 03 $\text{K}_2\text{O}$ - 06, $\text{PbO}$ - 45	इलेक्ट्रिक बल्ब, ऑप्टिकल ग्लास

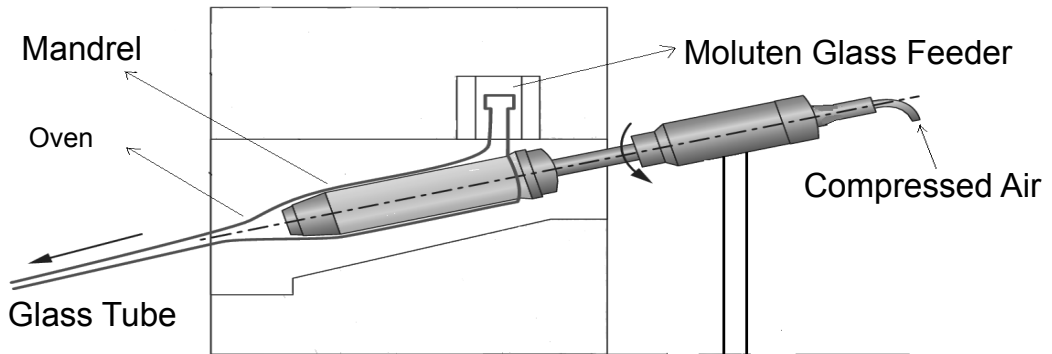


उत्पादन	% मध्ये रचना	उपयोग
बोरो-सिलिकेट ग्लास	SiO <sub>2</sub> -71 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -13, Na <sub>2</sub> O किंवा K <sub>2</sub> O-8, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 08	प्रयोगशाळेतील उपकरणे, किचनवेअर
शीट ग्लास	SiO <sub>2</sub> - 64, MgO - 10, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 26	प्रकरणे दाखवा
खिडकीची काच	SiO <sub>2</sub> - 72, N <sub>2</sub> O - 15 CaO-08, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 01, MgO-04	बांधकाम खिडक्या
कंटेनर ग्लास	SiO <sub>2</sub> - 72, N <sub>2</sub> O- 13 CaO - 10, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 02 K <sub>2</sub> O - 06, MgO-04	कंटेनरसाठी रसायन, द्रव
लाईट बल्ब ग्लास	SiO <sub>2</sub> - 73, ना <sub>2</sub> ओ - 17 CaO - 05, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 01 MgO-04	इलेक्ट्रिक बल्ब, पातळ चष्मा
ई-ग्लास (तंतू)	SiO <sub>2</sub> - 54, N <sub>2</sub> O - 01 CaO - 17, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 15 MgO- 04, B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -09	ऑटोमोटिव्ह, इलेक्ट्रॉनिक वस्तू

#### 4.3.2 काचेचे उत्पादन

काचेच्या उत्पादनाचे वर्गीकरण कंटीन्यूअस प्रक्रिया आणि बॅच प्रक्रिया म्हणून केले जाऊ शकते.

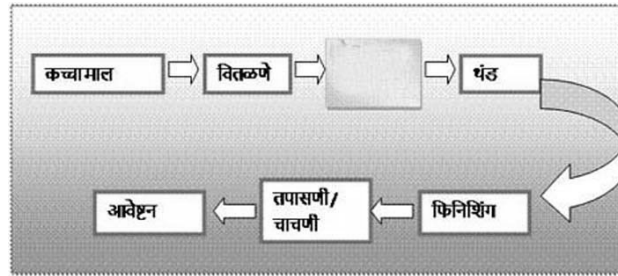
कंटीन्यूअस प्रक्रिया येथे कंटीन्यूअस प्रक्रियेचे उदाहरण म्हणून काचेचे पाईप बनवण्याचे ऑपरेशन स्पष्ट केले जाते. या प्रक्रियेत वितळलेली काच फीडरमधून कंटीन्यूअस ओतली जाते, मॅन्ड्रेल वितळलेले साहित्य ओव्हनमध्ये ढकलतो आणि आवश्यक पोकळ जागा राखण्यासाठी कंप्रेसरड एअर नियमितपणे दिली जाते त्यासाठी. दुसर्याटोकापाशी आवश्यक लांबी आणि आकार तपासले जाते. ही प्रक्रिया आकृती मध्ये दर्शविली गेली आहे 4.37. हे अशा प्रकारचे उत्पादन मोठ्या प्रमाणात उत्पादनासाठी योग्य आहे.



आकृती- 4.37: कंटीन्यूअस प्रक्रिया

## बॅच प्रक्रिया

या प्रक्रियेत कंटीन्यूअस प्रक्रिया सारख्या सर्व क्रिया समान आहेत, फक्त उत्पादनाच्या प्रत्येक तुकडी नंतर तयार डाय बदलणे गरजेचे आहे. कोणत्याही काचेच्या उत्पादनाचा प्रवाह चार्ट आकृतीसह स्पष्ट केला जाऊ शकतो 4.38. कच्चा माल गरम करून डायमध्ये अपेक्षित आकार दिला जाईल, तो त्वरित थंड करणे, फिनिशिंग, तपासणी आणि पॅकेजिंग करण्यास परवानगी देईल. एका तुकडीत अशाच प्रकारची उत्पादने तयार केली जातात. डिझाइन आणि उत्पादन बदलण्यासाठी फ्लोलाईन नुसार. डाय बदलणे गरजेचे आहे. ही प्रक्रिया भिन्न आकार आणि रंगीत काचेची उत्पादने करण्यासाठी उपयुक्त आहे.

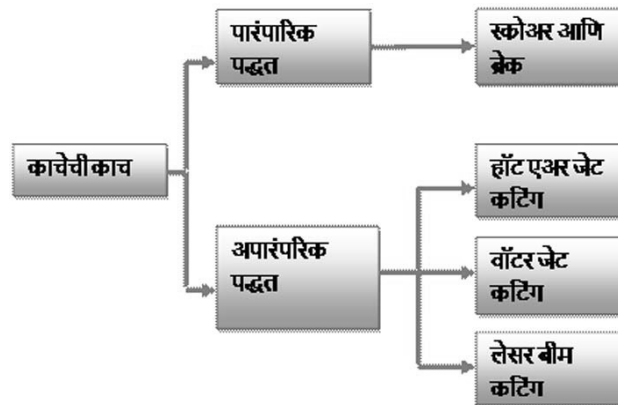


आकृती-4.38: बॅच प्रक्रिया



## ग्लास कटिंग

हे एक अतिशय विशेष प्रकारचे काम आहे जिथे ऑपरेटरला कौशल्य आणि सामान्य ज्ञान वापरावे लागते. ग्लास कटिंगचे तंत्र 17 व्या शतकात सुरू झाले, नंतर 1900 पासून ग्लास उद्योगांमध्ये अधिक घडामोडी आणि आव्हाने दिसून आली. 1930 पासून ऑटोमोबाईल उद्योगांनी काचेचा वापर सुरू केला आणि ऑटोमोबाईल डिझायनर्सने आयता व्यतिरिक्त इतर आकारात खिडक्यांची मागणी केली, मॅन्युअली चालविली जाणारी आकार कापण्याची यंत्रे विकसित केली गेली. हा विकास आता हा प्रवास आता ऑटोमेटेड ग्लास कटिंगपर्यंत येऊन पोहोचला आहे . आपण ग्लास कटिंगचे वर्गीकरण पुढील आकृती 4.39 मध्ये पाहूया.



आकृती- 4.39: ग्लास कटिंगचे वर्गीकरण

### पारंपारिक काच कापण्याची पद्धत

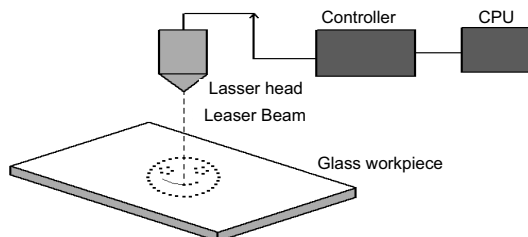
काच कापण्यासाठी वापरली जाणारी ही जुनी चांगली पद्धत आहे. येथे व्हील कटर किंवा डायमंड पॉईंटच्या मदतीने ग्लास कटिंग केली जाते. या पद्धतीत काच टेबलाच्या फ्लॅट कंटीन्यूअस पृष्ठभागावर टाकली जाते. कुशनिंग इफेक्ट प्रदान करण्यासाठी कापड किंवा रबर शीटने झाकले जाऊ शकते. काचेचा पृष्ठभाग प्रथम डायमंड पॉईंट टूल वापरून चिन्हांकित आणि आरेखित केले जाते. कटिंग टूलमध्ये कटिंग ऑपरेशनला सपोर्ट देण्यासाठी ल्युब्रिकेटिंग ओईल साठविण्याची तरतूद आहे. सरळ कटिंग लाकडी किंवा धातूच्या स्केलच्या मदतीने केले जाऊ शकते. मानवी चूक टाळण्यासाठी हे साधन आकृती 4.40 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे सरळ रेषेच्या हलत्या संलग्नतेशी जोडलेले असते. गोलाकार, लंबवर्तुळाकार आणि इतर वक्रता कापण्यासाठी काही रेडिमेड टेम्पलेट्स आहेत. अत्यंत कौशल्याने किंवा क्लोज कंट्रोलिंगने बाह्यबल (सहसा साधन/ हाताने टॅप करणे) स्क्रिबिंग मार्गावर काच तोडण्यासाठी लावले जाते. काचेच्या पृष्ठभागाच्या संदर्भात हिर्याच्या साधनांच्या कापलेल्या फेसची स्थिती लक्षणीय रित्या महत्वाची आहे कारण जर ती इष्टतम कोनात राखली गेली नाही, तर मध्यम क्रॅक उभ्या दिशेने विचलित होऊ शकतो आणि काचेचे फ्रॅक्चर कटिंग लाईनशी जुळणार नाही.



आकृती- 4.40: पारंपारिक काच कापण्याची पद्धत

### अपारंपरिक काच कापण्याची पद्धत

अलीकडच्या काळात काचेच्या तंत्रज्ञानाच्या प्रगतीमुळे काच हे स्थापत्य, वैद्यकीय, ऑटोमोटिव्ह, फ्लॅट पॅनेल डिस्प्ले आणि इलेक्ट्रॉनिक्स उपयोगा मधील सर्वात महत्वाचे इंजिनिअरिंग मटेरियल बनले आहे. कट्टर आणि आकारांमध्ये क्लिष्टता वाढल्यामुळे अचूक आणि प्रीसाइज कटिंग तंत्र असणे अपेक्षित आहे. अपारंपरिक काचेच्या काच कापण्याचे तंत्र अशा आव्हानांवर निश्चितपणे उपाय देऊ शकते. सामान्यतः लेझर तंत्रज्ञानाचा वापर आधुनिक उद्योगांमध्ये चांगल्या दर्जाची, सरफेस फिनिश आणि ऑपरेशनचा प्रचंड वेग साध्य करण्यासाठी केला जातो. लेझरबीम ग्लास कटिंग पद्धत आकृती 4.41 च्या मदतीने येथे स्पष्ट केली आहे. काच टेबलावर ठेवली जाते आणि ड्रॉइंग संगणकाला फीड करतात, कंट्रोलर लेझर हेडला पोजिशनिंग घेण्यासाठी सिग्नल देतो. इच्छित आकार लेझरबीम द्वारे कापला जातो. याशिवाय वॉटरजेट आणि हॉट एअर जेटकटिंगचा वापर अचूकता आणि इकॉनॉमिक विचारांवर आधारित देखील केला जातो.



आकृती- 4.41: अपारंपरिक काच कापण्याची पद्धत

## मनोरंजक तथ्ये

17 व्या शतकाच्या उत्तरार्धात बोहेमिया हे काचेचे उत्पादन करणारे एक महत्वाचे क्षेत्र बनले आणि 20 व्या शतकाच्या सुरुवातीपर्यंत ते महत्वाचे राहिले. शतक। 17 व्या शतकापर्यंत इंग्लंड व्हेनिसच्या परंपरेत काच बनवत होता जो काच त्याच्या साधेपणासाठी प्रसिद्ध होता.

काचेचे निर्माते जॉर्ज रेव्हन्सक्रॉफ्ट यांना सुमारे 1675च्या सुमारास व्हेनिस प्रकारच्या काचेत लीड ऑक्साइडची भर पडून एक घन, जडकाच लीड क्रिस्टल तयार झाल्याचे आढळले. जसे की माहित होते, त्यानंतर लीड क्रिस्टल फाइन टेबल वेअरसाठी एक आवडता ग्लास बनला.

रोमन आणि इजिप्शियन लोक बहुधा समुद्री कवचांमध्ये मिसळलेल्या वाळूचा वापर करत असावेत. कच्चांमाल म्हणून जमिनीवरील सिलिका, चुना आणि हार्डवूड राख स्रोत म्हणून वापर करीत असावेत

काच जरी घन (किंवा द्रव) भौतिक स्वरूपात असली तरी ती सहज तुटू शकते. पण ग्लास तुटण्याचा वेग प्रचंड आहे हे तुम्हाला माहीत आहे का? विशेष म्हणजे काचेच्या भेगा सुमारे 3000 मैल / तास किंवा 4828 किलोमीटर / तासाच्या अविश्वसनीय वेगाने हलतात. कोरड्या हवेत आवाजाच्या वेगाच्या तुलनेत सुमारे 767 मैल/तास आहे.

काचेचे पूर्णपणे विघटन होण्यासाठी सुमारे 1 दशलक्ष वर्षे लागतात. परिणामी इतर पदार्थांच्या तुलनेत काच प्रत्यक्षात तितकी पर्यावरणस्नेही नसते.

## व्हिडिओ संसाधने



## युनिट सारांश

- कार्पेन्टरी हे प्रामुख्याने इमारती, जहाजे, लाकूड पूल, काँक्रीट फॉर्म वर्क इत्यादींच्या बांधकामात इमारतीचे साहित्य कापण्यासाठी, आकार देण्यासाठी आणि बसविण्यासाठी आहे. बहुतेक गुंतागुंतीचे भाग सहसा कास्टिंग प्रक्रियेसह तयार केले जातात.
- कार्पेन्टरी अंतर्गत सजावटीसाठी लागणारे जॉइनर ज्यात जॉइनरची मोल्डिंग आणि ट्रिम कौशल्ये आवश्यक असतात. दरवाजाफ्रेम्स, कॅबिनेट, काउंटरटॉप तयार करणारे अशा नोकऱ्या उपलब्ध होतील.

- कटिंग टूल्समध्ये सॉ, चीसेल आणि गॉजचा समावेश आहे. हे मुळात लाकडाला इच्छित आकार, आकार आणि परिमाणांमध्ये कापण्यासाठी वापरले जातात. सहसा फिनिशिंग ऑपरेशन वेगवेगळ्या प्रकारच्या चीसेल सह केले जाते.
- कार्पेन्टरीमध्ये वापरली जाणारी स्ट्रायकिंगटूल्स वजनात हलकी असतात आणि हलक्या फटक्यांवर वापरली जातात. कार्पेन्टरीत मॅलेट आणि काही कास्ट स्टील हातोडे सामान्यतः स्ट्रायकिंग टूल्स म्हणून वापरले जातात.
- पॉवर टूल्स कार्यक्षमता वाढवतात आणि क्लोज टॉलरन्स आणि अचूकता साध्य करू शकतात.
- ‘प्लास्टिक’ हा शब्द ग्रीक शब्द ‘प्लास्टिकोस’ पासून तयार झाला आहे, ज्याचा अर्थ मोल्डिंगसाठी योग्य आहे. जेव्हा जेव्हा आपण प्लास्टिसिटी या शब्दाचा वापर करतो तेव्हा. मटेरियलच्या प्रॉपर्टीमध्ये न तुटता परमनंट डीफॉर्मेशन मिळते.

## स्वाध्याय्या

### सरावासाठी प्रश्न

अनु. क्र.	प्रश्न	CO	BL	PO	PI Code
1	व्यावसायिक शिक्षणात सुतारकामाच्या गरजेवर चर्चा करा	4	L1	1	1.4.1
2	वेगवेगळ्या क्षेत्रात लाकडाचा वापर सूचीबद्ध करा.	4	L1	1	1.4.1
3	वेगवेगळ्या कटिंग टूल्सचे वर्णन करा	4	L1	1	1.4.1
4	लाकूड उद्योगांमध्ये वीज साधनांच्या गरजेवर चर्चा करा.	4	L1	1	1.4.1
5	सुतारकामातील ड्रिलिंग साधनांचे वर्णन करा.	4	L1	1	1.4.1
6	योग्य उदाहरणांसह प्लास्टिकचे प्रकार स्पष्ट करा	4	L1	1	1.4.1
7	प्लास्टिकच्या उपयोग क्षेत्रांची यादी करा	4	L1	1	1.4.1
8	इंजेक्शन मोल्डिंग पद्धतीचे योग्य स्केचसह वर्णन करा.	4	L1	1	1.4.1
9	रोटेशनल मोल्डिंग प्रक्रियेवर स्केचसह चर्चा करा	4	L1	1	1.4.1
10	तुम्हाला काचेची गरज का आहे याची चर्चा करा	4	L1	1	1.4.1
11	कन्टीनुएस काचेच्या निर्मिती पद्धतीचे वर्णन करा	4	L1	1	1.4.1
12	कोणत्याही एका अपारंपरिक काचेच्या काचेच्या कापण्याच्या ऑपरेशनवर चर्चा करा	4	L1	1	1.4.1

## बहुपर्यायी प्रश्न

अनु. क्र.	प्रश्न	उत्तर:	CO	BL	PO	पीआय कोड*
1	पृष्ठभाग साधा करण्यासाठी खालीलपैकी कोणते साधन वापरले जाते?  (अ) मेटल जॅक प्लेन (ब) मॅलेट (क) चौक (ड) छिन्नी वापरून पहा	अ	4	L1	1	1.4.1
2	खालीलपैकी कोणते कटिंग टूल नाही?  (अ) C हिसेल (ब) रिप सॉ (क) कानस (ड) चौकाचा प्रयत्न करा	ड	4	L1	1	1.4.1
3	लांब प्लास्टिकच्या रॉड आणि नळ्या तयार केल्या जातात  (अ) कॉम्प्रेसन मोल्डिंग (ब) एक्सट्रुजन (क) इंजेक्शन मोल्डिंग (ड) ब्लो मोल्डिंग	ब	4	L1	1	1.4.1
4	खालीलपैकी कोणते थर्मोप्लास्टिक सामग्रीचे उदाहरण आहे?  (अ) कॅमेरा बॉडीज (ब) ऑटोमोबाईल पार्ट्स (क) इलेक्ट्रिक प्लग (ड) इलेक्ट्रिक इन्सुलेशन	ड	4	L1	1	1.4.1
5	पोकळ चप्प्यांच्या निर्मितीसाठी कोणती पद्धत वापरली जाते?  (अ) ब्लोइंग (ब) प्रेसिंग (क) ड्रॉइंग (ड) कास्टिंग	ड	4	L1	1	1.4.1

\* परफॉर्मन्स इंडिकेटर कोड AICTE परीक्षा सुधारणा दस्तऐवजातून संदर्भित केला आहे

## अधिक जाणून घ्या.

- सुतारकामामध्ये वापरली जाणारी विविध वीज साधने, सुतारकामा दरम्यान वापरले जाणारे जिग आणि फिक्सचर बद्दल शिक्षकांना माहित असणे आवश्यक आहे.
- बांधकाम आणि अभियांत्रिकी कामासाठी लाकूड आणि संबंधित सामग्रीचे विविध प्रकार.
- अभियांत्रिकी उत्पादनांसाठी प्लास्टिक मोल्डिंगचे उपयोग. प्लास्टिकला आकार देणाऱ्या क्रिया.
- सौंदर्य आणि स्थापत्य उपयोगांसाठी काचेची निर्मिती

### संदर्भ आणि सुचविलेले वाचन

1. Hajra Choudhury S.K., Hajra Choudhury A.K. and Nirjhar Roy S.K., “Elements of Workshop Technology”, Vol. I 2008 and Vol. II 2010, Media promoters and publishers private limited, Mumbai.
2. Groover, Mikell P, “Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes and Systems”, 4th Ed. 2007, John Wiley & Sons, Inc.
3. Salman Nisar, Lin Li, M. A. Sheikh, “Laser glass cutting techniques—A review”, Journal of Laser Applications Volume 25, Number 4 August 2013.
4. Roy A. Lindberg, “Processes and Materials of Manufacture”, 4th edition, Prentice Hall, India, 1998.

# 5

## मेटल कास्टिंग वेल्डिंग ब्रिड्जिंग

### युनिटी वैशिष्ट्ये:

या युनिटमध्ये कास्टिंगचे वर्गीकरण, परमनन्ट मोल्ड कास्टिंग, डिझाईनची गृहीतके, आर्क व गॅस वेल्डिंग, ब्रेडिंग विषयांची चर्चा विस्ताराने केली आहे. औद्योगिक जगतात वापरल्या जाणाऱ्या या प्रक्रिया मजकुरात दिलेल्या व्हिडीओ संसाधनांमुळे वाचकांना अधिक स्पष्ट होतील.

### भूमिका

आपण अशा जगात राहत आहोत जिथे प्रत्येक जण कास्टिंगवर अवलंबून आहे, कास्टिंग शिवाय ऑटोमोटिव्ह, एरोस्पेस, पवन ऊर्जा टर्बाइन, इरिगेशन पंप, कृषी उपकरणे, अलंकार, मूर्ती, घरगुती उपकरणे, वैद्यकीय उपकरणे आणि बऱ्याचशा उपकरणांचा आपण विचार देखील करू शकत नाही. अशा प्रकारे कास्टिंगने प्रत्येकाच्या आयुष्याला स्पर्श केला आहे. मेटल कास्टिंगचे मूळ जरी प्राचीन असले तरी आजही तितकीच आधुनिक प्रक्रिया आहे. धातूच्या कास्टिंग प्रक्रियेत, धातूचे आकार वितळलेला मेटल मोल्ड कॅव्हिटीत ओतून तयार होतात, जेथे ते थंड केले जाते आणि नंतर मोल्ड कॅव्हिटीतून बाहेर काढले जाते. मेटल कास्टिंग ही इतिहासातील सर्वात जुनी आणि सर्वात प्रभावशाली औद्योगिक प्रक्रिया आहे. हे आपल्या दैनंदिन जीवनात वापरल्या जाणाऱ्या अनेक धातूच्या वस्तू बनविण्यासाठी वापरले जाते. त्याचवेळी मेटल कास्टिंग फाउंड्री कच्च्या मालाचा खर्च-मेटल रिसायकलिंग मुळे कास्टिंग मध्ये येणारा एकूण खर्च हा खूप कमी होतो, ज्यामुळे वाया जाणारे स्कॅप मेटल लक्षणीयरित्या कमी होते, जे अन्यथा लॅंड फीलमध्ये पडून राहिले असते.

वेल्डिंग हा दोन किंवा अधिक समान गुणधर्माचे किंवा डिसिमिलर मटेरियल मधील कायम स्वरूपी जॉईंट आहे. ज्यामध्ये मेटल प्रेशरचा वापर करून किंवा न करता आणि फिलर मटेरियल वापरून किंवा न वापरता विशिष्ट तापमानापर्यंत गरम करून जोडतात. सर्व अभियांत्रिकी क्षेत्रात वेल्डिंगचा मोठ्या प्रमाणात वापर केला जातो. ब्रेडिंग ही देखील उच्च तापमानावर परमनन्ट जॉईनिंग होण्याच्या प्रक्रियेपैकी एक आहे. ही प्रक्रिया वेगवेगळ्या बेस मटेरियलमध्ये परमनन्ट जॉईनिंग होण्याची संधी प्रदान करते. ब्रेडिंग प्रक्रियेत घरगुती ते औद्योगिक उपयोगातील वापर यांचा समावेश होतो.

खालील चित्रात आपल्याला कास्टिंग, वेल्डिंग आणि ब्रेडिंगचे उपयोग समजून घेण्यास मदत करतील. ट्रॅक्टर आणि ट्रकचे व्हील ड्रम कास्टिंग ऑपरेशनद्वारे बनवले जातात, वेल्डिंग केवळ मानवी ऑपरटरच करत नाही तर उद्योगांमध्येही स्वयंचलित रोबोटद्वारे



वापरले जातात. उच्च तापमानाच्या वेगवेगळ्या मटेरियलना जॉईन करण्यासाठी ब्रेडिंगचा वापर केला जातो, रेफ्रिजरेटर कॉम्प्रेसर ब्रेडिंग ऑपरेशनद्वारे ब्रेड केला जातो.



व्हीलहूब कास्टिंग



रोबोटिक वेल्डिंग



कॉम्प्रेसर-ब्रेडिंग

### आवश्यक पूर्वज्ञान

- ड्रॉइंग
- मटेरियलची माहिती स्टील, लाकूड, प्लास्टिक व काच
- सुरक्षा उपकरणे
- यंत्र सामग्री

### युनिट आऊटकम्स

हा पाठ शिकल्यानंतर विद्यार्थी:

- U 5-O1: वेगवेगळ्या कास्टिंग प्रक्रिया ओळखू शकतील
- U 5-O2: कास्टिंग डिझाइनचा विचार जाणून घेता येईल
- U 5-O3: वेल्डिंग ऑपरेशनची गरज जाणून घेता येईल
- U 5-O4: दिलेल्या ड्रॉइंगसाठी वेल्डिंग मॉडेल तयार करता येतील.
- U 5 -O5: ब्रेडिंग ऑपरेशनचा समजून घेता येईल.

कोर्स आउटकम्ससह युनिट आउटकम्सचे मॅपिंग.

युनिट - 5 आऊटकम्स	कोर्स आऊटकम्ससह अपेक्षित मॅपिंग (1- किमान परस्परसंबंध; 2 - मध्यम परस्परसंबंध; 3- घनिष्ट परस्पर संबंध)				
	CO-1	CO-2	CO-3	CO-4	CO-5
U5-O1					1
U5-O2					1
U5-O3					1
U5-O4					2
U5-O5					1

## 5.1 कास्टिंग

वितळलेल्या मेटलला अपेक्षित आकाराच्या मोल्ड कॅव्हिटी मध्ये ओतून इच्छित आकार मिळवणे, नंतर ते सॉलिडिफाय करून बाहेर काढणे प्रक्रियेला कास्टिंग म्हणून संबोधले जाते. फायनल प्रॉडक्ट मिळविण्यासाठी अंतिम उत्पादन मोल्डमधून बाहेर ढकले जाते किंवा मोल्ड मोडून बाहेर काढले जाते.

कास्टिंग प्रक्रियेमुळे अभियंत्यांना सिंगलपीस, एकसंधपणे मिळतो, ज्यामुळे प्रिलमीनरी कटिंग, पृष्ठभाग तयार करणे, मशीनिंग, असॅम्ब्ली आणि फॅब्रिकेशन आणि आणखी अनेक स्टेप्सची गरज पडत नाही. कास्टिंग प्रक्रिया साध्या भागांसाठी व खूप जास्त किचकट डिझाइन भागांसाठी योग्य आहे. ही प्रक्रिया इतर उत्पादन प्रक्रियेशी तुलनात्मकदृष्ट्या किफायतशीर आहे. युनिट-1 मध्ये आपल्याला कास्टिंग प्रक्रियेतील मूलभूत पारिभाषिक शब्द समजले आहेत. त्या अनुषंगाने आता आपण कास्टिंगच्या इतर पैलूंचा अभ्यास करूया.

### 5.1.1 कास्टिंग फेनॉमेना

विविध प्रकारच्या कास्टिंग प्रक्रियांचा वापर उद्योगांमध्ये परिस्थितीनुसार सुविधा, आवश्यकता आणि किफायतशीरपणा या आधारे केला जातो. येथे पुढील ओळींमध्ये कास्टिंग प्रक्रियेची चर्चा आपण करणार आहोत.

जेव्हा वितळलेला धातू पोरिंग बेसिनमधून डिझाइन केलेल्या मोल्ड कॅव्हिटीमध्ये ओतला जातो, तेव्हा वितळलेला धातू स्फूर्द्वारे प्रणालीत प्रवेश करतो आणि नंतर गेटिंग चॅनेलद्वारे, शेवटी गाभ्यापर्यंत पोहोचतो आणि मोल्ड कॅव्हिटीमध्ये जमा होतो. कास्टिंग ही मुळात एक घनीकरण प्रक्रिया आहे. जिथे वितळलेले मटेरियल मोल्ड कॅव्हिटीमध्ये ओतले जाते आणि डिझाइन केल्यानुसार अंतिम आकारात गोठते. अतिरिक्त वितळलेला धातू रायझरमधून वर येतो आणि कोअरला श्रींकेज भरून काढण्यास मदत करतो. जेव्हा गाभा पूर्णपणे भरला जातो तेव्हा घनीकरण सुरू होते. शेवटी उत्पादनांच्या गुणधर्मांवर नियंत्रण ठेवणारी बहुतेक संरचनात्मक वैशिष्ट्ये घनीकरण प्रक्रिये दरम्यान सेट केली जातात. त्याच वेळी घनीकरण प्रक्रिये दरम्यान तयार होणारे कास्टिंग दोष, गॅस पोरोसिटी आणि घनीकरण श्रींकेजसारखे अनेक कास्टिंगदोष घनीकरण प्रक्रियेवर लक्ष ठेवून कमी केले जाऊ शकतात किंवा काढून टाकले जाऊ शकतात.

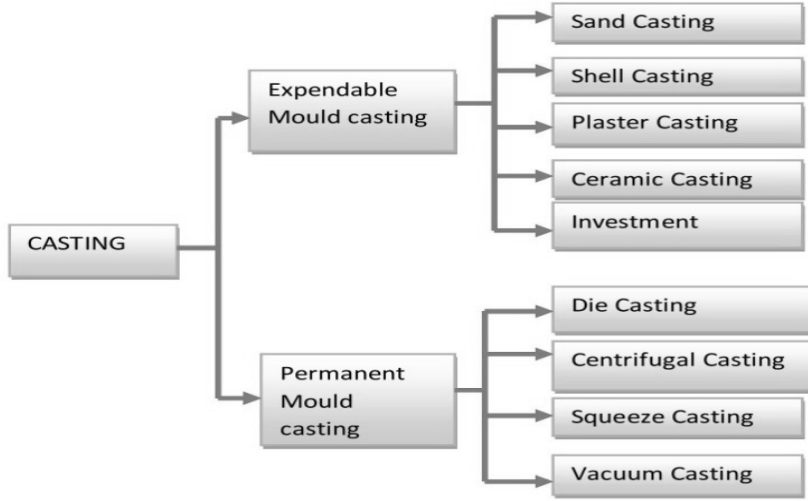
घनीकरण न्यूक्लीएशन व ग्रोथ या दोन टप्प्यांमध्ये होते, या दोन्ही टप्प्यांवर नियंत्रण ठेवणे मजबूत कास्टिंग मिळविण्यासाठी खूप गरजेचे आहे. वितळलेल्या द्रवाच्या आतून न्यूक्लीएशन सुरू होते. जेव्हा एखादा पदार्थ त्याच्या वितळण्याच्या बिंदूपेक्षा कमी तापमानात असतो, तेव्हा घन अवस्थेत द्रवापेक्षा कमी ऊर्जा असते. घनीकरण होत असताना अंतर्गत ऊर्जा सोडली जाते. मात्र, त्याचबरोबर नवीन घन आणि पूर्वीचा द्रव यांच्यामध्ये इंटरफेस होऊन पृष्ठभाग तयार होणे आवश्यक आहे. आपण रेफ्रिजरेटरमधील ट्रेमध्ये बर्फाचे तुकडे तयार केले जातात अशी कंटेनरच्या भिंतींवर सुरुवातीची घनरूपे यांची कल्पना करू शकता. अगदी याच पद्धतीने धातू आणि इंजिनिअरिंग मटेरियल्स बाबतीत देखील असेच घडते.

विशिष्ट कालावधीनंतर कास्टिंग गाभ्यातून काढून टाकले जाऊ शकते आणि कास्टिंगच्या प्रकाराच्या आधारे साचा पुन्हा वापरला जाऊ शकतो किंवा मोडून टाकता येतो. अर्धवट कास्टिंग मशीनिंग द्वारे किंवा कोणत्याही योग्य ऑपरेशनद्वारे अंतिम फिनिशिंग ऑपरेशनसाठी पाठविले जाऊ शकते.

### 5.1.2 मेटल कास्टिंगचे वर्गीकरण

धातूच्या कास्टिंग प्रक्रियेचे वर्गीकरण करण्यासाठी वेगवेगळे निकष आहेत; हे गुरुत्वाकर्षण, दाब, साचे डिझाइन इत्यादींवर अवलंबून असू शकते.

आकृती 5.1 मधील खालील वर्गीकरण वृक्ष त्यापैकी एक आहे जे कास्टिंगच्या प्रमुख क्षेत्रांवर लक्ष केंद्रित करते.



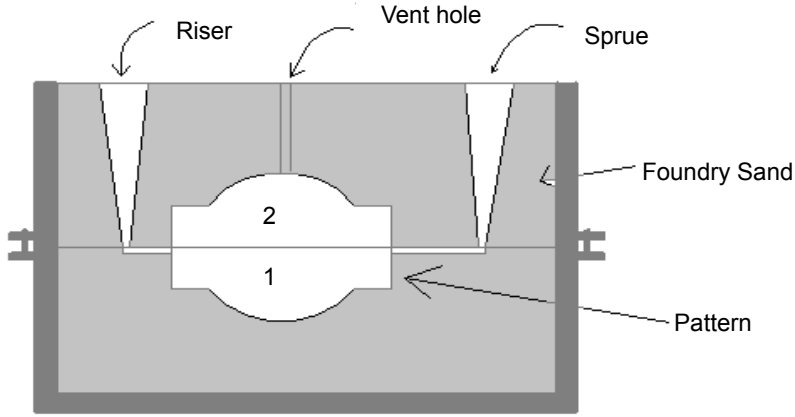
आकृती-5.1: कास्टिंगचे वर्गीकरण

### 5.1.3 एक्सपेंडेबल मोल्ड / टेम्पररी मोल्ड कास्टिंग

एक्सपेंडेबल मोल्ड साच्याची कास्टिंग ही तात्पुरती किंवा एकच वेळेस वापराची साचा कास्टिंग पद्धत आहे. येथे साचा तोडून किंवा मोडून कास्टिंग काढून बाहेर काढले जाते. तर पुढील उत्पादनासाठी नवीन साचा आवश्यक आहे. सॅण्ड कास्टिंग, शेल कास्टिंग प्लास्टर कास्टिंग, इन्व्हेस्टमेंट (लॉस्ट वॅक्स) कास्टिंग आणि सिरॅमिक कास्टिंग हे एक्सपेंडेबल मोल्ड कास्टिंगचे सर्वात सामान्य प्रकार आहेत.

#### सॅण्ड कास्टिंग

ही एक एक्सपेंडेबल मोल्ड प्रकारच्या मोल्डिंग पद्धती पैकी एक आहे. जिथे प्रत्येक वेळी कास्टिंगसाठी साचा तयार करणे आवश्यक आहे. येथे साचाच्या ड्रॅग भागात मोल्डिंग सॅण्ड भरली जाते आणि सतत रॅमिंग केले जाते. पार्टिंग लाईनजवळ पॅटर्नचा अर्धा भाग (स्प्लिट पॅटर्न) आकृती 5.2 मध्ये ठेवला आहे. तो 1 क्रमांकासह दर्शविला जातो. वरचा पृष्ठभाग फाउंड्री सॅण्डद्वारे लेव्हलरने समतल केला जातो. एकदा ड्रॅग तयार झाला की हा भाग मोल्ड कॅव्हिटी बनवण्यासाठी पॅटर्नवर परिणाम न करता पॅटर्न हळूहळू काढून टाकला जातो. येथे 2 म्हणून नमूद केलेला अर्धापॅटर्न कोप मध्ये ठेवला आहे आणि ड्रॅगप्रमाणेच प्रक्रिया अनुसरण केली जाते. योग्य ठिकाणी वितळलेला धातू ओतण्यासाठी स्प्रू ठेवला जातो. रायझरला त्याठिकाणी योग्य लेव्हल मध्ये मोल्डन मेटल पुरवले जाते, मोल्ड कॅव्हिटीतील श्रीकेजची भरपाई करते. वायूना साच्यातून बाहेर निघायला मार्ग देण्यासाठी एअरव्हेट प्रदान केली जातात. वितळलेला धातू पूर्णपणे सॉलिडिफाय होतो हे पाहण्यासाठी युनिट पुरेसे वेळ तसेच ठेवले जाईल. त्यानंतर कास्टिंग बाहेर काढण्यासाठी साच्या तोडतात. बहुतेकवेळा साच्याची वाळू पुन्हा वापरली जाते आणि पुनर्वापरासाठी तयार केली जाते.



आकृती-5.2: सॅण्ड कास्टिंग



सॅण्ड कास्टिंगमध्ये पुतळा बनवणे, ऑटोमोटिव्ह इंजिनचे भाग, पंपपार्ट्स इत्यादींमध्ये उपयोगात येते.

### शेल कास्टिंग

या प्रक्रियेत शेल तयार करण्यासाठी रेसिन कोटेड वाळूचा वापर केला आहे. ही प्रक्रिया खाली दिलेल्या पाच पायऱ्यांमध्ये स्पष्ट केली आहे.

**पायरी-1:** वाळू साचामध्ये भरली जाते आणि पॅटर्न साचा पेटीच्या वरच्या बाजूला ठेवला जातो. इच्छित आकार पॅटर्ननी बनविला जातो आणि पॅटर्न साचा बॉक्सच्या आकारात बसावा हे आवर्जून पाहतात.

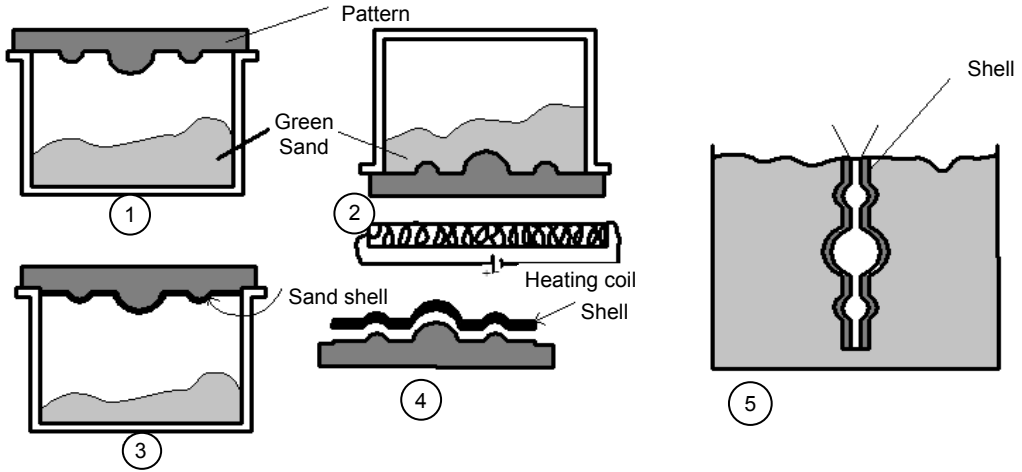
**पायरी-2:** साचा आता फिरवला जातो आणि हीटिंग कॉइलवर ठेवला जातो जेणे करून पॅटर्न गरम केला जाईल. जेव्हा पॅटर्न उलटे ठेवले जाईल तेव्हा वाळू पॅटर्नवर पडेल. जेव्हा हळूहळू उष्णता  $250^{\circ}\text{C}$  च्या आसपास गरम कॉइलच्या मदतीने केली जाते, वाळूचे कवच म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या या पॅटर्न कंटूरवर वाळू जमा होऊ लागते. या क्षणी वाळू जवळजवळ पॅटर्नचा आकार घेते.

**पायरी-3:** साचा बॉक्स आता मूलस्थितीत परत आणत आहे, आता अतिरिक्त वाळू पुन्हा साच्याच्या बॉक्समध्ये पडेल आणि काही प्रमाणात वाळूचा थर पॅटर्नच्या कंटूरवर चिकटून राहील.

**पायरी-4 :** येथे या पायरीत पॅटर्न साचा पेटीतून काळजीपूर्वक काढून थंड होण्यासाठी काही काळ ठेवला जातो. वाळूचे कवच हळूहळू पॅटर्नमधून काढून बाजूला ठेवले जाते. वाळूच्या कवचाचा असाच आकार आणखी एक ट्रेल तयार करते.

**पायरी 5:** तयार वाळूचे कवचमोल्टन मेटल ओतण्यासाठी गाभा म्हणून वापरले जातात. येथे कवच साच्याच्या बॉक्समध्ये ठेवले जातात आणि कवच ग्रीन सॅण्डने वेढलेले असतात. मोल्टन मेटल इच्छित आकार मिळविण्यासाठी कवचाच्या पोकळीत ओतला जाईल.

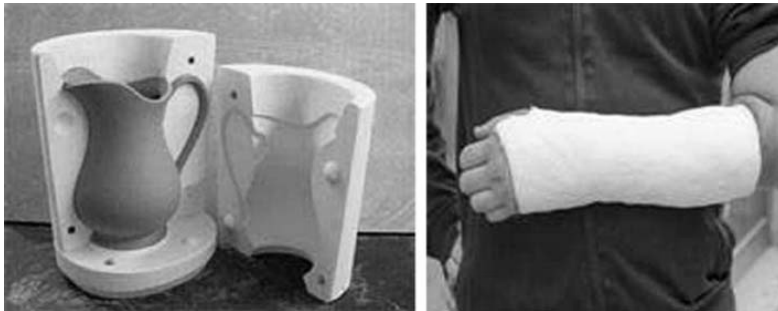
एकूण प्रक्रिया 5.3 या आकृती मध्येदर्शविली आहे. ही प्रक्रिया उत्कृष्टडायमेन्शनल ॲक्युरॅसी प्रदान करते. शेल-मोल्ड सॅण्ड सामान्य फाउंड्री सॅण्डपेक्षा सामान्यतःबारीक असते आणि प्लास्टिकच्या रेसिनच्या कॉम्बिनेशन मुळे, फाईन डिटेल्स आणिअतिशय गुळगुळीत कास्टिंग सरफेस तयार करते. क्लिनिंग, मशीनिंग आणि इतर फिनिशिंग खर्च लक्षणीयरित्या कमी केले जाऊ शकतात आणि साचा प्रक्रिया प्रॉडक्ट कन्सिस्टन्सी उत्तमरित्या मिळते.



आकृती-5.3: शेल कास्टिंग

### प्लास्टर कास्टिंग

प्लास्टर मोल्डकास्टिंग हे वाळूच्या कास्टिंगसारखेच आहे फक्त मोल्डिंग मटेरियल येथे वाळू ऐवजी प्लास्टर ऑफ पॅरिस आहे. हा साचाप्लास्टर ऑफ पॅरिसने बनविला जाईल आणि इच्छितआकार मिळविण्यासाठी वितळलेला धातू मोल्ड कॅव्हिटीत ओतला जातो. या प्रक्रियेचा मोठ्या प्रमाणात वापर नॉन फेरस मटेरियल साठी केला जातो. कलात्मक मूर्ती आणि फ्रॅक्चर हीलिंग उपचारांसारख्या वैद्यकीय उपयोगांमध्ये प्लास्टर ऑफ पॅरिस वापरले जाते. 5.4 आकृती प्लास्टर मोल्डिंग उपयोग दर्शविते.



आकृती-5.4: प्लास्टरकास्टिंग (स्रोत: in.pinterest.com, collinsdictionary.com)

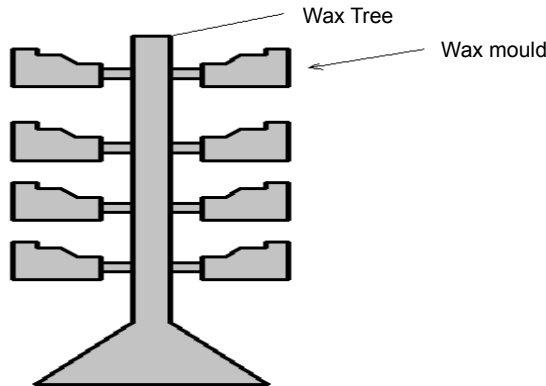
## सिरॅमिक कास्टिंग

या कास्टिंग प्रक्रियेत सिरॅमिक मटेरियलचा साचा म्हणून वापर केला जातो. हे प्लास्टर मोल्ड कास्टिंग आणि इन्व्हेस्टमेंट कास्टिंगचे कॉम्बिनेशन आहे.

### इन्व्हेस्टमेंट कास्टिंग / लॉस्ट - वॅक्सकास्टिंग

इन्व्हेस्टमेंट कास्टिंगचा वापर सामान्यतः किचकट आकाराचे घटक तयार करण्यासाठी केला जातो आणि त्याच वेळी ते क्लोज टॉलरन्स, थिन वॉल आणि उत्तम सरफेस फिनिशची मागणी करतात. हे कास्टिंग त्याच्या याचा साच्या बनवण्याच्या पद्धती मुळे/वैशिष्ट्यामुळे खूप खास आहे. येथे येथे पार्ट पॅटर्न मेणाने (वॅक्स) बनविला जातो. मेण मधमाशीचे मेण असू शकते किंवा आजकाल रासायनिक मेण वापरले जाते. वॅक्स पॅटर्नची एकमेकांना जोडलेली ट्री बनवली जाते. जे नंतर बारीकसिरॅमिक स्लरीमध्ये बुडवले जातात. त्यात कोलोइडल सिलिका आणि अल्युमिना असतात. त्यानंतर बुडवलेले वॅक्स पॅटर्नची ट्री वाळवून सुमारे 1000°C च्या आसपास वॅक्स वितळवण्यासाठी गरम केले जाते. ओव्हनच्या आत मेण परत गोळा केले जाते आणि पुढच्या चक्रासाठी पुन्हा वापरले जाते. ट्री वाळूने सिंटरड आहे आणि आता ते वितळलेला धातू ओतण्यासाठी तयार आहे. साचा थंड झाल्यानंतर व्हायब्रेटर किंवा वॉटरजेटचा वापर कोटिंग काढून कास्टिंग स्वच्छ करण्यासाठी केला जातो. या कास्टिंगचा वापर अचूक भागांच्या निर्मितीसाठी मोठ्या प्रमाणात केला जातो.

एरोस्पेस, डिफेन्स, मेडिकल, ऑटोमोटिव्ह, ऑईलअँड गॅस आणि इतर क्षेत्रांना या प्रक्रियेचा वापर सापडतो. मेणाचे झाड आकृती 5.5 मध्ये दाखवले आहे.



आकृती-5.5: इन्व्हेस्टमेंट कास्टिंग

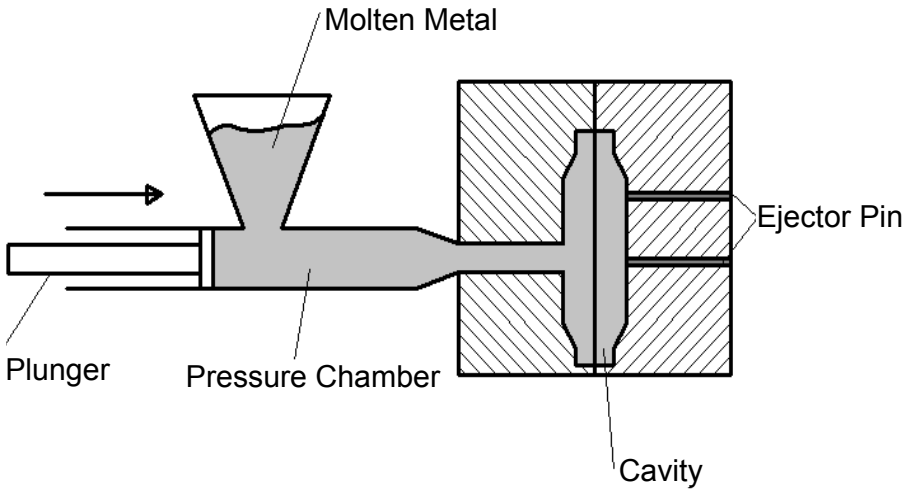
#### 5.1.4 परमनंट मोल्ड कास्टिंग

परमनंट मोल्ड कास्टिंग एकाच रियूसेबल मोल्डचा वापर करून मोठ्या संख्येने कास्टिंग तयार करते. सहसा हा मोल्ड स्टील पासून बनविला जातो. या कास्टिंग प्रक्रियेत वितळलेला धातू साच्याच्या कॅव्हिटीत ओतणे समाविष्ट आहे नंतर ते थंड होते आणि घट्ट होते. काही काळानंतर कास्टिंग काढण्यासाठी साचा उघडला जाईल. साचा कायमस्वरूपी असल्याने तो पुढच्या चक्रासाठी पुन्हा वापरला

जातो. ग्रॅव्हिटी डाय कास्टिंग (जीDC), लो प्रेशरडाई कास्टिंग (एलपीDC), हायप्रेशर डाई कास्टिंग (एचपीDC), सेंट्रिफ्यूगल कास्टिंग (सीएफसी), स्क्वीझ कास्टिंग (एससी) आणि कंटीन्यूअस कास्टिंग (सीसी) अशा अनेक कास्टिंग प्रक्रियेत पर्मनंट मोल्ड्सचे विविध प्रकार वापरले जातात.

## डाई कास्टिंग

या प्रक्रियेत कायमस्वरूपी धातूचा / पोलादी डायचा पुनर्वापर होतो. डाय कास्टिंगचे विविध प्रकार म्हणजे ग्रॅव्हिटी डाय कास्टिंग, हायप्रेशर डाई कास्टिंग, लो प्रेशर डायकास्टिंग. ही प्रक्रिया 5.6 या आकृतीत दर्शविली आहे. हे जवळजवळ इंजेक्शनमोल्डिंग मशीन सारखे आहे. प्रेशर डाय कास्टिंगमध्ये योग्य संचय करण्यासाठी वितळलेला धातू कॅव्हिटीत ढकलला जातो. प्रेशर 10 ते 210 एमपीए पर्यंत असू शकतो. ग्रॅव्हिटी डायच्या बाबतीत वितळलेला धातू गुरुत्वाकर्षणाच्या शक्तीद्वारे कॅव्हिटीत ओतला जातो. ठराविक कालावधीनंतर घनीकरण कॅव्हिटीत होते. साचा इजेक्टर पिनच्या मदतीने मागे ढकलला जातो. तयार कास्टिंग काढून टाकले जाते आणि पुढील सायकल ऑपरेशनसाठी साचा तयार होतो. डाय कास्टिंग ऑटोमोटिव्ह, इलेक्ट्रिकल आणि इतर घरगुती / औद्योगिक उपयोजनांमध्ये वापरले जाते.

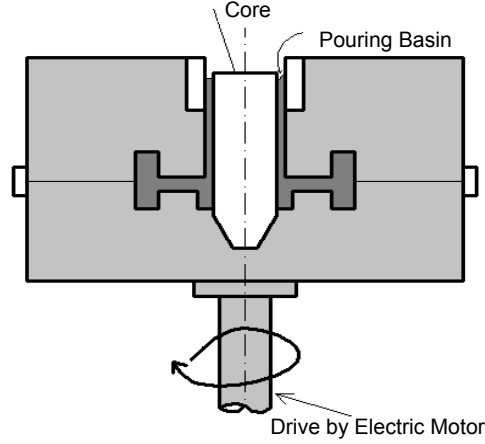


आकृती-5.6: डाई कास्टिंग

## सेंट्रिफ्यूगल कास्टिंग

ही पद्धत ट्यूबलर पाईप आणि लहान व्यासाचे पाईप तयार करण्यासाठी योग्य आहे. हा साचा आडव्या किंवा उभ्या दिशेने विद्युत मोटारच्या साहाय्याने फिरवला जाईल आणि वितळलेला धातू लाडलच्या साहाय्याने ओतला जाईल. या प्रक्रियेची सुरुवात वितळलेला धातू पूर्वगरम, फिरत असलेल्या डायमध्ये ओतण्यापासून होते. सेंट्रीफ्यूगल फोर्स येथे गुरुत्वाकर्षणाच्या शक्तीच्या अंदाजे 100 पेक्षा जास्तवेळा येणाऱ्या दाबांवर साच्यातील वितळलेला धातू वितरित करण्याचे कार्य करते. या उपयोजित दाबामुळे आणि नियंत्रित

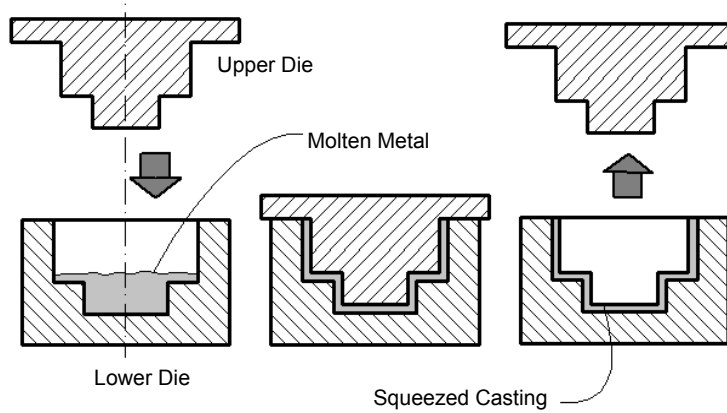
घनीकरण प्रक्रियेमुळे ते उत्कृष्ट दर्जाचे पार्ट तयार करते. एकदा कास्टिंग घट्ट झाले की, तो भाग डायपासून दूर केला जातो. या प्रक्रियेत पाईप आणि लहान व्यासाच्या सिलिंडर उत्पादनात उपयोग सापडतो. ही प्रक्रिया 5.7 या आकृतीत दर्शविली आहे.



आकृती-5.7: सेंट्रिफ्यूगल कास्टिंग

### स्क्वीझ कास्टिंग

अगदी नावाप्रमाणे वितळलेल्या धातूला पिळून बनवले जाते. याला लिक्विड फोर्जिंग म्हणूनही ओळखले जाते. दुसऱ्या शब्दांत सांगायचे तर ही एक संकरित धातू तयार करणारी प्रक्रिया आहे, जी परमनंट मोल्ड कास्टिंगच्या कास्टिंगला डाय फोर्जिंगसह एकत्र करते. वितळलेल्या धातूच्या मिश्र धातूचे विशिष्ट प्रमाण प्री हीटेड आणि लुब्रिकेटेड बॉटम डाय मध्ये ओतले जाते आणि त्यानंतर उप्पर डाय ही लोवर डायवर मजबुतीने बसते. आवश्यक आकार वरच्या आणि खालच्या दोन्ही डायवर बनविला जातो. घनीकरणानंतर पिळलेले कास्टिंग तळापासून काढून घेतली जाते. हे 5.8 आकृतीमध्ये दाखवले आहे.

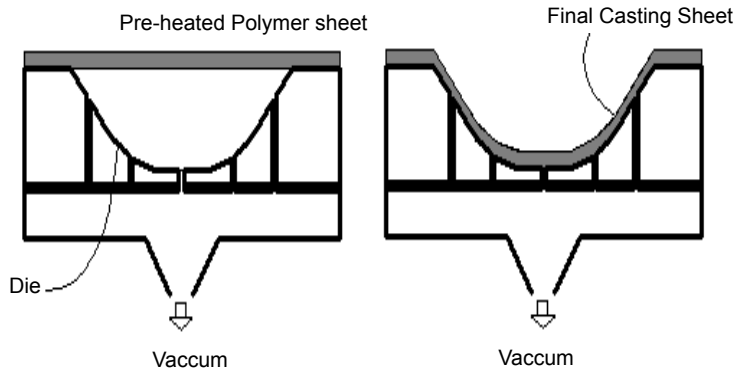


आकृती-5.8: स्क्वीझ कास्टिंग



## व्हॅक्यूम कास्टिंग

व्हॅक्यूम तयार करण्याच्या प्रक्रियेत प्लास्टिकचा पत्ता गरम करणे आणि नंतर ते इच्छित आकाराच्या कास्टिंगमध्ये तयार करण्यासाठी साच्यावर ठेवले जाते. मोल्डच्या बॉटल पासून व्याकूम तयार होते म्हणून व्याकूम नेमकेपणाने मोल्ड पोकळीवर तयार होते. पुढची पायरी म्हणजे प्लास्टिकचा पत्ता कडक होईपर्यंत थंड करणे. नंतर तयार भाग साच्यातून काढून टाका. ही प्रक्रिया थर्मोफॉर्मिंग प्रक्रिया म्हणूनही ओळखली जाते. कारण प्लास्टिकच्या शीट साचेवर येण्यापूर्वी प्रीहिट केल्या जातात. ही प्रक्रिया 5.9 या आकृतीत दर्शविली आहे. व्हॅक्यूम कास्टिंग प्रक्रियेत सजावटीच्या वस्तू, दागिने, शोपीस आणि वॉलप्लेक, एरोस्पेस, ऑटोमोटिव्ह पार्ट्स, वैद्यकीय उपकरणे, ग्राहकोपयोगी वस्तू, प्रोस्थेटिक्स या क्षेत्रात उपयोगी येते.

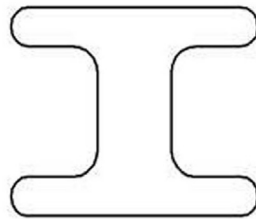


आकृती-5.9: व्हॅक्यूम कास्टिंग

### 5.1.5 कास्टिंगचे डिझाइन गृहीतके

मजबूत कास्टिंग तयार करण्यासाठी खालील डिझाइन विचारांची मांडणी केली जाते:

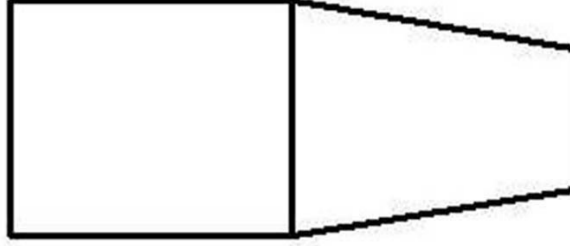
**फिलेट रेडियसची तरतूद :** धारदार कोपरे (शार्प कॉर्नर्स) गोल केले जातील जेणेकरून ते घटकाची एन्ड्युरन्स वाढते आणि कास्टिंग दरम्यान ठिसूळ थंड कडा तयार होणे कमी करते. अन्यथा हा धारदार कोपरा स्ट्रेस कॉन्सन्ट्रेशन करणारे म्हणून कार्य करतो. हे आकृती 5.10 मध्ये दर्शविले आहे



Champered I-Section

आकृती-5.10: आय-सेक्शन

**क्रॉस-सेक्शनमध्ये अचानक बदल टाळा :** कास्टिंगच्या क्रॉस-सेक्शनमध्ये अचानक झालेले बदल किंवा झटकन बदल टाळले पाहिजेत, कारण यामुळे स्ट्रेस कॉन्सन्ट्रेशनचे प्रमाण जास्त असते. जाडीची आवश्यकता असल्यास हळूहळू बदल होऊ शकते. हे आकृती 5.11 मध्ये दाखवले आहे. शक्य तितक्या लांबीपर्यंत जाडी एक समान ठेवावी, अशी शिफारस केली जाते.



आकृती-5.11: टेपर सेक्शन

- **टेन्शन पेक्षा कॉम्प्रेशन मधील घटकाचे डिझाइन :** वरच्या फेसपेक्षा रुंद बेस कास्टिंगसाठी डिझाइन केला जाणार आहे जेणेकरून एकूण बाँडीत टेन्शन पेक्षा कॉम्प्रेशन अनुभवता येईल.
- **पूर्ण गाभा वापरा:** हाफ कोर जॉईन करण्या ऐवजी पूर्ण कोअर असणे नेहमीच चांगले. खर्च कमी केला जाऊ शकतो आणि अधिक डायमेन्शनल अॅक्युरॅसी मिळते.
- **गेट्स, रनर आणि रायझर डिझाइन :** हे वितळलेले धातू ओतण्याच्या पॅटर्नशी जोडले जाणे आवश्यक आहे, ते योग्य प्रकारे ठेवले पाहिजेत आणि सेक्शन मधील अचानक भिन्नता टाळली पाहिजे.
- **सरफेस फिनिश :** कास्टिंगचे पृष्ठभाग फिनिश पूर्णपणे पॅटर्नच्या पृष्ठभागाच्या फिनिशवर अवलंबून आहे म्हणून पॅटर्नला चांगले पृष्ठभाग फिनिश असणे गरजेचे आहे.
- **एकसमान जाडी :** पॅटर्नची जाडी आणि सेक्शन शक्य तितका एकसमान ठेवला पाहिजे.

### 5.1.6 कास्टिंग दोष

खराब डिझाइन, पॅटर्न, साचा, गेटिंग डिझाइन, ओतण्याची पद्धत आणि इतर अनेक गोष्टींमुळे यामुळे खालील दोष आढळू शकतात.

- **पिनहोल्स :** कास्टिंगच्या सीमेवर दिसणाऱ्या संरचनांसारखे हे छिद्र आहेत.
- **ब्लोहोल :** कास्टिंगच्या आत असणारे आणि मशीनिंग होईपर्यंत दिसू न शकणारे होल.
- **स्कार आणि ब्लिस्टर :** अयोग्य व्हेटिंगमुळे तयार होणाऱ्या उथळ भागाला स्कार म्हणून ओळखले जाते. ब्लिस्टर हा डागा सारखा उथळ आहे ज्यावर धातूचा पातळ थर झाकला जातो.
- **स्कॅब :** जेव्हा साच्याच्या फेसचा काही भाग उचलतो किंवा तुटतो तेव्हा हा दोष उद्भवतो.

- ड्रॉप : साच्यात ड्रॉप किंवा क्रश हे कास्टिंगच्या कोप पृष्ठभागावर अनियमित आकाराचे प्रक्षेपण आहे.
- हॉट टियर्स : हॉट टियर्स भेगा आहेत जे गडद ऑक्सिडाइज्ड फ्रॅक्चर पृष्ठभागासह अनियमित भेगांच्या स्वरूपात दिसतात.
- स्वेल् : हा कास्टिंगच्या उभ्या फेसवर सहसा आढळणाऱ्या किंचित, गुळगुळीत फुगवटा आहे
- रेंट टेल : एक अनियमित रेषा किंवा कास्टिंगवर क्रॅक म्हणून प्रकट होते, जेव्हा बुरशीच्या वाळूचा पृष्ठभागावर येतो.
- कोल्ड शट : दोनधातूच्या प्रवाहांच्या दोन तरंगांच्या आघाड्या भेटतात तेव्हा कोल्ड शट होतात, परंतु फ्यूज होत नाहीत.
- मिस रन: जेव्हा द्रव धातू साचेची पोकळी पूर्णपणे भरत नाही, तेव्हा एक न भरलेला भाग तसाच राहतो.

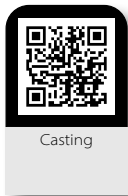
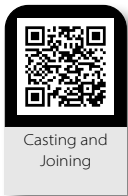
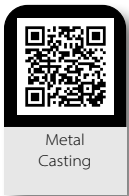
### मनोरंजक तथ्ये

20 व्या शतकाच्या सुरुवातीस ऑटोमोटिव्ह आणि मशीन बिल्डिंग उद्योगांच्या वेगवान विस्ताराने सॅण्ड कास्टिंग खरोखर सुरू झाले. 1924 मध्ये फोर्ड मोटर कंपनीने दहा लाख कारचे उत्पादन केले आणि त्यावेळी अमेरिकेतील सॅण्ड कास्टिंग एकूण उत्पादनाच्या एक तृतीयांश भाग होता. या मागणीमुळे कास्टिंगसाठी नवीन यांत्रिकीकरण आणि ऑटोमेशन पद्धती निर्माण झाली.

क्रिसेंट फाउंड्री ब्लॉग(2017) नुसार, लोखंडी कास्टिंग 100 वर्षांपर्यंत टिकू शकते, म्हणजे कास्ट घटक अत्यंत टिकाऊ आणि किफायतशीर असतात. कास्टिंगप्रक्रिया देखील अत्यंत लवचिक आहे. जर एखादी सामग्री वितळवता आली, तर त्याचे कास्टिंगमध्ये रूपांतर केले जाऊ शकते. इतर घटक जोडून तुम्ही विविध गुणधर्म असलेले विविध मिश्रण तयार करू शकता. अनेक वेगवेगळ्या वातावरणांना तोंड देऊ शकणाऱ्या विविध प्रकारच्या किचकट आकारांमध्ये विविध प्रकारचे घटक टाकण्यासाठी त्यांचा वापर केला जाऊ शकतो.

गुरुत्वाकर्षणाच्या दाबामुळे कास्टिंगच्या तुलनेत - प्रेशर इंजेक्शनद्वारे डाय कास्टिंगची सर्वात सुरुवातीची उदाहरणे 1800 च्या दशकाच्या मध्यात घडली. कास्टिंग प्रिंटिंग प्रकारासाठी पहिल्या मॅन्युअली चालविल्या जाणाऱ्या मशीनसाठी 1849 मध्ये स्टुर्जला पेटंट देण्यात आले. ही प्रक्रिया पुढील 20 वर्षे प्रिंटरच्या प्रकारापुरती मर्यादित होती, पण शतकाच्या अखेरीस इतर आकारांचा विकास वाढू लागला. 1892पर्यंत व्यावसायिक अर्जामध्ये फोनोग्राफ आणि कॅश रजिस्टरसाठी भागांचा समावेश होता आणि 1900च्या दशकाच्या सुरुवातीस अनेक प्रकारच्या भागांचे मोठ्या प्रमाणात उत्पादन सुरू झाले.

### व्हिडिओ संसाधने



## 5.2 वेल्डिंग

वेल्डिंग ही धातू किंवा थर्मोप्लास्टिक एकत्र जोडण्यासाठी वापरली जाणारी कायमस्वरूपी जॉइनिंग प्रक्रिया आहे. या प्रक्रियेत सामील होणाऱ्या वर्कपिस जॉइनिंग इंटरफेसवर वितळवला जातो आणि नंतर वितळलेल्या सामग्रीचा पूल तयार करण्यासाठी फिलर मटेरियल जोडले जाते जे एक मजबूत जॉईंट बनण्यासाठी वापरात येते. बऱ्याच संदर्भांमध्ये वेल्डिंगची नियमित व्याख्या उद्धृत केली जाते "प्रेसर आणि फिलर सामग्रीसह किंवा उष्णतेच्या उपयोगाद्वारे धातूमध्ये जॉइनिंग करण्याची प्रक्रिया". स्थानिक पातळीवर धातू वितळवण्यासाठी उष्णता लागू करण्यासाठी आपल्याला उष्णता आवश्यक आहे. इंधन, रासायनिक, विद्युत इत्यादी वेगवेगळ्या स्रोतांद्वारे उष्णता निर्माण होऊ शकते. वेल्डिंग प्रक्रियेचे वर्गीकरण या पुस्तकाच्या युनिट-1 मध्ये प्रवेश पद्धतींच्या विषयात सूचीबद्ध केले आहे. या विषयात आपण वेल्डिंगच्या दोन प्रमुख तंत्रांचा अभ्यास करू; ते म्हणजे आर्क वेल्डिंग आणि गॅस वेल्डिंग आहेत. खालील प्रतिमा आपल्यासाठी दृश्यात्मक वेल्डिंगचे वेगवेगळे उपयोग दाखवले आहेत. आता वेल्डिंग केवळ मॅन्युअली नाही तर रोबोट देखील वेल्डिंग तंत्रज्ञानात मदत करीत आहेत.



ऑटोमोटिव्ह वेल्डिंग



रोबोटिक वेल्डिंग



जहाजवेल्डिंग

### 5.2.1 आर्क वेल्डिंग

आर्क वेल्डिंग ही धातूच्या वेल्डिंग प्रक्रियेसाठी वापरली जाणारी एक पद्धत आहे. हे बेस मेटल आणि इलेक्ट्रोड स्टिक किंवा वायर दरम्यान आर्क तयार करण्यासाठी विद्युत शक्ती स्रोताचा वापर करते. या विद्युत घटनेला आर्क डिस्चार्ज म्हणतात.

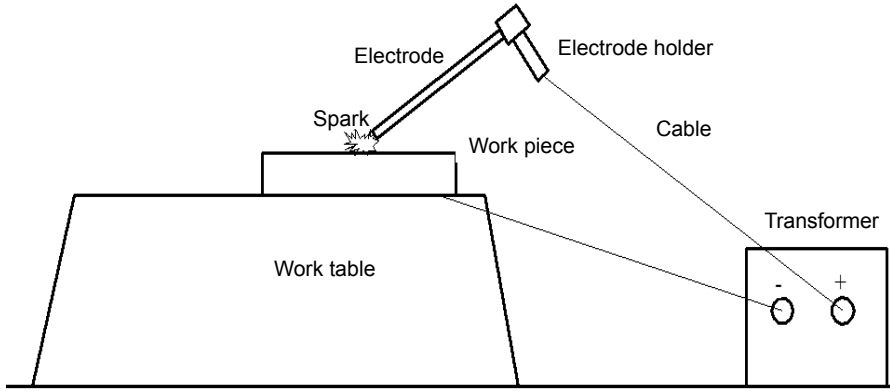
आर्क वेल्डिंग हा वेल्डिंगचा सर्वात प्रमुख प्रकार आहे. आर्क प्रक्रियेत धातूच्या पदार्थांमध्ये एकत्र जॉइनिंग होण्यासाठी इलेक्ट्रिक आर्कच्या केंद्रित उष्णतेचा वापर करणे समाविष्ट आहे. या प्रक्रिया दोबळमानाने दोन प्रकारात मोडतात: कन्सुमेबल इलेक्ट्रोड पद्धती आणि नॉन कन्सुमेबल इलेक्ट्रोड पद्धती. या प्रक्रियेत इलेक्ट्रोड वितळणे आणि वेल्डेड जॉइंटचा भाग बनणे किंवा वितळणे आणि केवळ आर्क कंडक्टर म्हणून काम करणे समाविष्ट आहे एवढाच फरक आहे. आर्क वेल्डिंग तंत्र पुन्हा उपविभागले जाऊ शकते.

#### फ्लक्स - कॉर्डआर्क वेल्डिंग (एफसीएवाय)

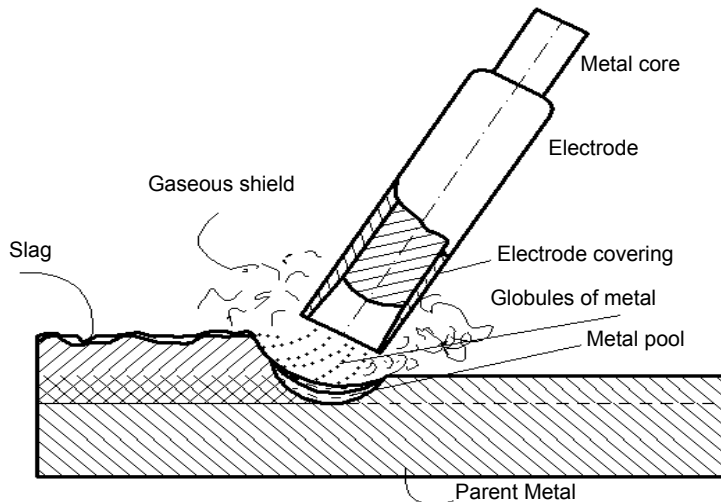
उद्योगातील हे सर्वात जास्त वापरले जाणारे आर्क वेल्डिंगतंत्र आहे. अल्टरनेटिंग करंट (AC) किंवा डायरेक्ट करंट (DC) या स्वरूपात ट्रान्सफॉर्मरद्वारे करंट पुरविला जातो. जेव्हा या दोन स्थानिकरित्या वेगळे झालेल्या इलेक्ट्रोड मध्ये व्होल्टेज लागू होते आणि हळूहळू हवेचे इन्सुलेशन तुटते आणि दरम्यान करंट येईपर्यंत वाढते. इलेक्ट्रोडचे कार्य केवळ इलेक्ट्रिक-आर्क प्रवाहासाठी कंडक्टर म्हणून काम करण्यापेक्षा जास्त आहे, जे फिलररॉड म्हणून देखील कार्य करते. या प्रकारच्या आर्कवेल्डिंगमध्ये फ्लक्सने भरलेले ट्यूबलर इलेक्ट्रोड वापरले जातात. अनुज्ञेय इमिसिव्ह फ्लक्स आर्कला हवेपासून वाचवतात, नॉन इमिसिव्ह फ्लक्सना वायूचे संरक्षण करण्याची आवश्यकता असू शकते. जेव्हा इलेक्ट्रोड बेस मटेरियलवर आदळतो, तेव्हा त्याच वेळी तीव्र प्रकाश ठिणगी आणि उच्च उष्णता तयार होते. या तयार झालेल्या आर्कच्या आकाराच्या प्रकाशाला इलेक्ट्रिक आर्क म्हणतात. कोअर वायर आर्कमध्ये वितळते

आणि वितळलेल्या धातूचे लहान ग्लोब्युल्स वेल्डिंग दरम्यान वितळलेल्या वेल्डपूल मध्ये आर्क ओलांडून स्फोटकपणे हस्तांतरित केले जातात. वितळलेल्या धातूचे हे लहान ग्लोब्युल्स बेस मटेरियलला पटकन चिकटून राहतात. ते गुरुत्वाकर्षणाच्या जोरावर हस्तांतरित केले जात नाहीत अन्यथा ओव्हरहेड वेल्डिंग शक्य होणार नाही परंतु आर्कप्रवाह तयार करण्यासाठी स्फोटकपणे आर्क ओलांडून हस्तांतरित केले जातात.

आर्क वेल्डिंगमध्ये इलेक्ट्रोडला पॉझिटिव्ह व्होल्टेज लावले जाते आणि बेस मटेरियलला निगेटिव्ह व्होल्टेज लावले जाते. यामुळे बेस मटेरियलपासून इलेक्ट्रोड पर्यंत आर्क होतो. एकदा आपण वेल्डिंग मशीन चालू केले की आर्क मारला जातो, सेटिंग्ज समायोजित केला, सुरक्षिततेचा गिअर जागेवर मिळवा आणि बेस मेटल विरुद्ध इलेक्ट्रोड स्कॅच किंवा टॅप करा. आर्कचे तापमान सुमारे  $5,000^{\circ}$  से ते  $20,000^{\circ}$  से. गरम आर्क धातूना वितळवतो जेथे ते जॉईन केले पाहिजेत. फिलरसह वितळलेले साहित्य नंतर वेल्डमध्ये तयार केले जाऊ शकते. हे आकृती 5.12 मध्ये दर्शविले आहे आणि तपशीलवार दृश्य आकृती 5.13 मध्ये दर्शविले आहे.



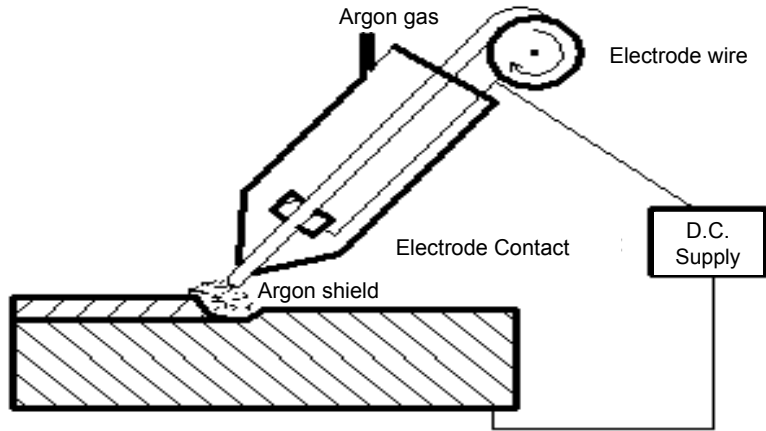
आकृती-5.12: फ्लक्स-कॉर्डआर्क वेल्डिंग



आकृती -5.13: फ्लक्स-कॉर्डआर्क वेल्डिंगचेइटेल केलेले दृश्य

### गॅस मेटल आर्क वेल्डिंग (जीएमओडब्ल्यू) / मेटल इनर्ट गॅस (एमआयजी)

पातळ आणि जाड पल्याच्या वेल्डिंगसाठी वापरले जाणारे हे एक विशेष तंत्र आहे. हे सामान्यतः मेटल इनर्ट गॅस (एमआयजी) वेल्डिंग म्हणून ओळखले जाते. प्रक्रिया आकृती 5.14 मध्ये दर्शविली आहे. हे इतर कोणत्याही वेल्डिंग प्रक्रियेसारखेच आहे ज्यात थोडा फरक आहे. येथे वायर इलेक्ट्रोडचा एन्ड आणि वर्कपीस यांच्यामध्ये एक आर्क मारला जातो. वेल्ड पूल तयार करण्यासाठी त्या दोघांना वितळवणे. वायर तांब्याच्या संपर्क नलिकेद्वारे दिली जाते जी वायरमध्ये वेल्डिंग करंट चालवते. वायर उष्णतास्रोत आणि फिलरमेटल दोन्ही म्हणून कार्य करते वेल्डिंग जॉइंट. वेल्डपूल सभोवतालच्या नोझलद्वारे फीड शील्डगॅसद्वारे आजूबाजूच्या वातावरणापासून संरक्षित आहे. गॅसचे संरक्षण हेलियम किंवा अरगॉन वायू असू शकते त्याच्या वापर वेल्डिंग केलेल्या सामग्रीवर अवलंबून असतो. ही प्रक्रिया उच्च उत्पादकता प्रदान करते, कारण वायर सतत फीड केली जाते. या पद्धतीचे अनेक फायदे आहेत: साधे, अष्टपैलू, किफायतशीर, कमी तापमान आणि सहज स्वयंचलित.



आकृती - 5.14: मेटलइनर्ट गॅस वेल्डिंग

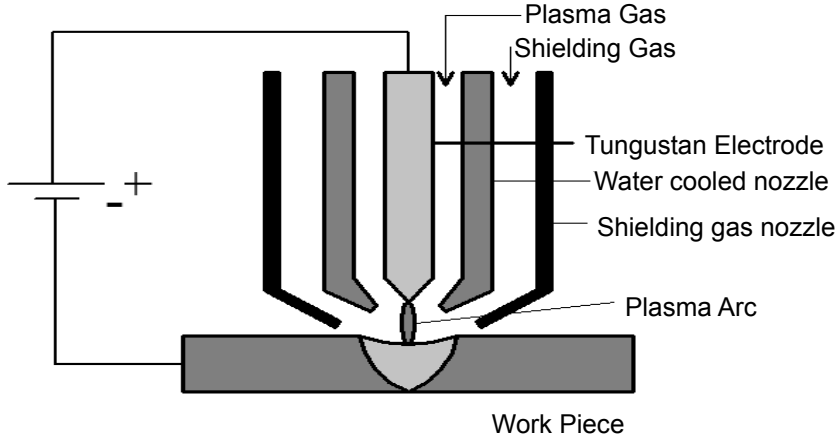
### गॅस टंगस्टन आर्कवेल्डिंग (जीटीएडब्ल्यू) / टंगस्टन इनर्टगॅस वेल्डिंग (टीआयजी)

जीटीएयू किंवा टीआयजी वेल्डिंग ही बर् याचदा क्रिटिकल वेल्डिंग प्रक्रिया मानली जाते. गॅस टंगस्टन आर्क वेल्डिंगसाठी नॉन कन्सुमेबल टंगस्टन इलेक्ट्रोड., कंटीन्युअस वीज स्रोत आणि प्लाझ्मा आर्कतयार करण्यासाठी इनर्ट शील्डिंग गॅसची आवश्यकता असते. आर्क तयार करण्यासाठी इलेक्ट्रोड टंगस्टन पासून बनलेले आहे. वेल्डिंग दरम्यान शील्ड चे संरक्षण करण्यासाठी आर्गॉन किंवा हेलियम किंवा दोघांचे मिश्रण यांसारखे इनर्ट वायू वापरले जातात. या पद्धतीत स्लॅग फॉर्मेशन शून्य आहे म्हणून आपल्याला क्लीनर वेल्डिंग पृष्ठभाग मिळेल. ही पद्धत कार्यान्वित करण्यासाठी क्लीन असल्याने जिथे दिसण्याला मुख्य महत्त्व आहे अशा स्टेनलेस स्टील आणि नॉन - फेरसमेटल जॉब्स वेल्डिंगसाठी योग्य आहे.

### प्लाझ्मा आर्क वेल्डिंग (पीओडब्ल्यू)

प्लाझ्मा आर्कवेल्डिंग (पीओ डब्ल्यू) ही टीआयजी वेल्डिंगसारखीच एक आर्क वेल्डिंग प्रक्रिया आहे कारण टोकदार टंगस्टन इलेक्ट्रोड आणि वर्कपीस दरम्यान आर्कतयार होतो. हे आर्क वेल्डिंगतल आयनाइज्ड वायू आणि इलेक्ट्रोड वापरते जे वेल्डिंग क्षेत्राला उद्देशून

गरम प्लाझ्मा जेट तयार करतात. या प्रकारच्या वळणात प्लाझ्मा गॅस, शील्ड गॅस आणि बॅक-पर्ज गॅस असे तीन प्रकारचे गॅस पुरवठा केले जात आहेत. संपूर्ण नोझलमध्ये प्लाझ्मा वायूचा पुरवठा आयनाइज्डमध्ये बदलतो. संपूर्ण बाह्य नोझलमध्ये गॅसपुरवठा पर्यावरणा पासून संरक्षण आणि होणाऱ्या जॉईंटचे संरक्षण करते. जेव्हा विशिष्ट सामग्री वापरली जात असते तेव्हा बॅक-पर्ज गॅसचा प्रामुख्याने वापर केला जातो. प्लाझ्माचे तापमान 20000°से. पेक्षा जास्त असते आणि वेग ध्वनीच्या वेगाकडे जाऊ शकतो.



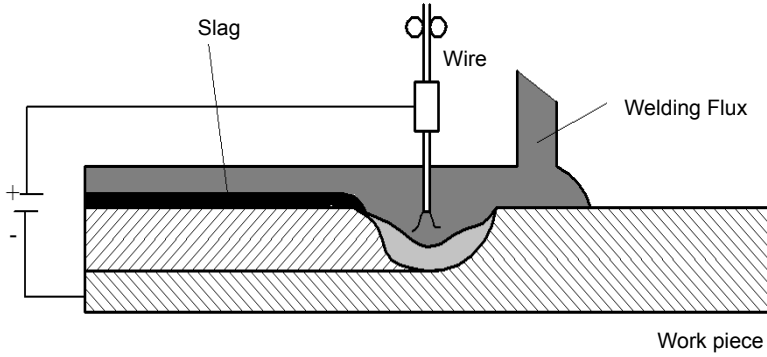
आकृती-5.15: प्लाझ्मा आर्क वेल्डिंग

### शील्ड मेटल आर्कवेल्डिंग (एसएमओबी)

एसएमओबी ही सर्वात सोपी, सर्वात जुनी आणि सर्वात अनुकूल आर्क वेल्डिंग पद्धत आहे, ज्यामुळे ती खूप लोकप्रिय होते. कोटेड इलेक्ट्रोड टिप वेल्डिंग क्षेत्राला स्पर्श करते आणि नंतर आर्क राखण्यासाठी मागे घेतली जाते तेव्हा आर्क तयार होतो. उष्णता टिप, कोटिंग, धातू वितळवते, जेणे करून एकदा ते मिश्रधातू घट्ट झाल्यावर वेल्ड तयार होईल. हे तंत्र सामान्यतः पाइपलाइनचे काम, जहाज बांधणी आणि बांधकामात वापरले जाते.

### सब मर्ज्ड आर्कवेल्डिंग (एसएडब्ल्यू)

हे आणखी एक खास प्रकारचे वेल्डिंग आहे; हे नाव प्रथमच पाहून आपल्याला गोंधळात टाकू शकते. हे इतके नाव आहे कारण वेल्ड आणि आर्क झोन फ्लक्सच्या ब्लँकेटखाली बुडलेले आहेत. पावडर फ्लक्सचे ब्लँकेट संरक्षक वायू शील्ड आणि स्लॅग तयार करते. फ्लक्स मटेरियल वितळल्यावर वाहक बनते, ज्यामुळे विद्युतीकरण आणि वर्कपिस दरम्यान प्रवाह जाण्याचा मार्ग तयार होतो. या वेल्डिंगमध्ये वापरले जाणारे फ्लक्स हे एक सेमी सॉलिड इन्सुलेटिव्ह मटेरियल आहे जे असंख्य लहान कणांनी बनलेले आहे. ही पद्धत अधिक उष्णतेचा प्रवेश सक्षम करते कारण ती थर्मल इन्सुलेटरसारखी कार्य करते. एसएडब्ल्यूवर हायस्पीड शीट किंवा प्लेट स्टील वेल्डिंगसाठी दाखल केला जातो.



आकृती-5.16: सबमर्ज्ड आर्क वेल्डिंग

### 5.2.2 गॅस वेल्डिंग

आणखी एक प्रकारची वेल्डिंगप्रक्रिया म्हणजे गॅस वेल्डिंग आहे, जिथे ऑक्सिजनच्या मदतीने ज्वलनशील इंधन जाळून उच्च तापमानाची केंद्रित ज्योत तयार करते. ही ज्योत थेट वेल्ड च्या भागात आदळते आणि वेल्ड सरफेस आणि फिलर मटेरियल वितळवते. उद्योगात पाच प्रकारची गॅस वेल्डिंग प्रक्रिया वापरली जाते. ते आहेत

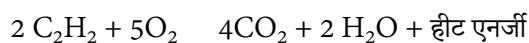
- ऑक्सी-ऑसिटिलीन गॅस वेल्डिंग
- ऑक्सी-गॅस वेल्डिंग
- मिथाइलऑसिटिलीन-प्रोपेडिन-पेट्रोलियम(मॅप) गॅस वेल्डिंग
- ब्युटेन किंवा प्रोपेन वेल्डिंग
- हायड्रोजन गॅस वेल्डिंग

ऑक्सी-ऑसिटिलीन गॅस वेल्डिंग हे सर्वात जास्त वापरले जाणारे गॅस वेल्डिंग तंत्र आहे. हे वायू मिश्रण उपलब्ध इंधन वायूचे सर्वात जास्त ज्वाला तापमान देखील प्रदान करते; तथापि ऑसिटिलीन सामान्यतः सर्व इंधन वायूपैकी सर्वात महाग आहे. ऑसिटिलीन हा एकअस्थिर वायू आहे आणि त्यासाठी विशिष्ट हाताळणी आणि साठवण प्रक्रियेची आवश्यकता असते.

#### ऑक्सी-ऑसिटिलीनगॅस वेल्डिंग

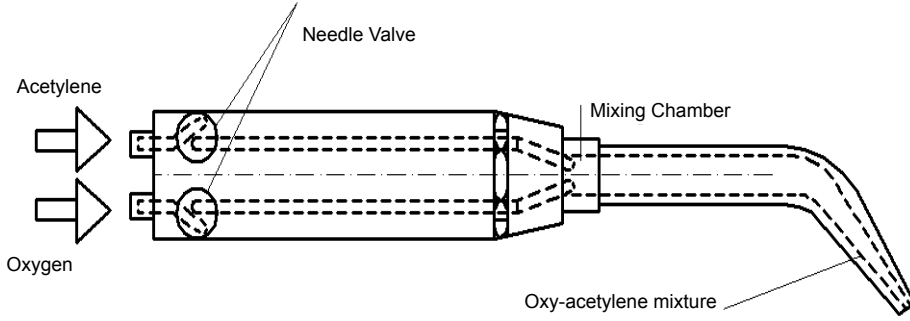
या प्रकारच्या वेल्डिंगमध्ये ऑक्सी - ऑसिटिलीन वेल्डिंग, वेल्डिंग टॉर्च पुरवण्यासाठी ऑसिटिलीन गॅस आणि ऑक्सिजन गॅसचे मिश्रण लागते. ऑक्सी-इंधन वायू ज्योतीला उष्णता प्रदान करते.

सामान्य वापरात बहुतेक अभियांत्रिकी साहित्य वितळवण्यासाठी पुरेशा तापमानात आवश्यक आहे. पुढील समीकरणात दाखवल्या जातात.





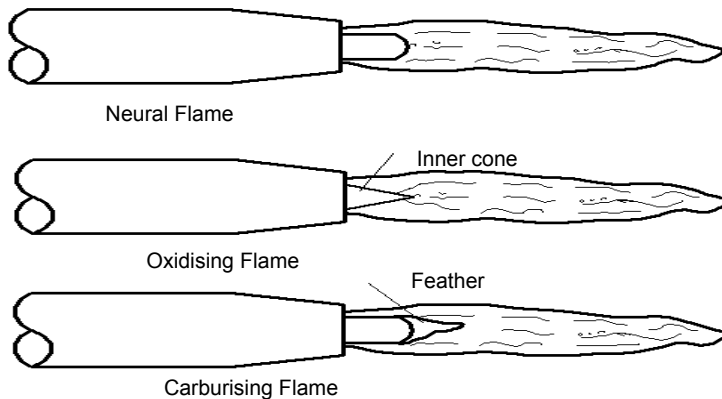
उच्च दाबाच्या सिलिंडरमधून पुरविल्या जात असलेल्या व्यावसायिक शुद्ध ऑक्सिजनच्या जोडीने  $3200^{\circ}\text{से.सी.}$ च्या कमाल तापमानासह ज्योत देण्यासाठी वापरण्यासाठी अॅसिटिलीन हा सर्वात किफायतशीर वायू आहे. 5.17 हा आकृतीत दर्शवितो की गॅस मिसळणे ज्वाला तयार करण्यापूर्वी वेल्डिंग युनिटमध्ये काय प्रक्रिया होते.



आकृती-5.17: ऑक्सी-अॅसिटिलीनगॅस मिक्सिंग चेंबर

ऑक्सिजन जाड घन भिंतीच्या स्टीलसिलिंडरमध्ये साठवला जातो, जो सहसा ओळखीसाठी काळ्या रंगाने रंगवला जातो. गॅस सहसा  $13660 \text{ kN/m}^2$  आसपास माईल्ड स्टील सिलिंडर आणि  $17240 \text{ kN/m}^2$  मिश्रपोलाद सिलिंडरमध्ये साठवला जातो. सिलिंडरची क्षमता  $3.4 \text{ m}^3$  to  $6.8 \text{ m}^3$ . अॅसिटिलीन जाड भिंतीच्या लाल रंगवलेल्या स्टील सिलिंडरमध्ये सप्लाय केला जातो. हे सोप्या ओळखीसाठी ऑक्सिजन सिलिंडर पेक्षा लहान आणि स्कॉटर आहेत. उच्च दाबाचे अॅसिटिलीन धोकादायकरित्या अस्थिर आहे आणि या कारणास्तव, ते ACटोनमध्ये विरघळले जाते जे मोठ्या प्रमाणात गॅस शोषून घेण्यास आणि सिलिंडरमधील दाब कमी होताच सोडण्यास सक्षम आहे. अॅसिटिलीन  $1152 \text{ kN/m}^2$  च्या दाबाने सिलिंडरमध्ये साठवले जाते. कॉम्प्रेसज्ड अॅसिटिलीन धोकादायक स्फोटाना बळी पडते आणि या कारणास्तव सिलिंडर निष्क्रिय सच्छिद्र पदार्थाने भरलेला असतो विरघळलेले अॅसिटिलीन शोषून घेऊ शकणारा पदार्थ.

या दोन वायूंचे मिश्रण अॅडजेस्टेबल व्हॉल्यूमच्या मदतीने मिक्सिंग चेंबरमध्ये नियंत्रित केले जाते. ऑक्सिजन आणि अॅसिटिलीनचे प्रमाण वेगवेगळ्या प्रकारच्या फ्लेम बनवते. ही फ्लेम वेल्डिंग करण्याच्या प्रकाराच्या आधारे अॅडजेस्ट केली जाते. फ्लेमचे प्रकार आकृती 5.18 मध्ये दाखवले जातात



आकृती-5.18: फ्लेमचे प्रकार

**न्यूट्रल फ्लेम :**

नावाप्रमाणेच या ज्योतीत ऑक्सिजनचे प्रमाण ही समान प्रमाणात असते आणि वायूचे इंधनही प्रमाणात असते. ही ज्योत इंधन पूर्णपणे जाळते आणि वेल्डिंग करण्यासाठी धातूवर कोणताही रासायनिक परिणाम निर्माण करत नाही. वेल्डिंग टॉच नोझलच्या टोकावर त्याच्या वैशिष्ट्याने स्पष्टपणे परिभाषित केलेल्या पांढऱ्या आतील कोनद्वारे हे सहज ओळखले जाते. हे सामान्यतः माईल्ड स्टील, स्टेनलेस स्टील, कास्ट स्टील, तांबे इत्यादी वेल्डिंगसाठी वापरले जाते. त्यातून धूर निर्माण होतो. या ज्योतीला दोन झोन आहेत. आतील झोनमध्ये पांढरा रंग आहे आणि त्याचे तापमान सुमारे  $3100^{\circ}\text{C}$  आहे आणि आउटर झोनमध्ये निळारंग आहे आणि त्याचे तापमान सुमारे  $1275^{\circ}\text{C}$  आहे.

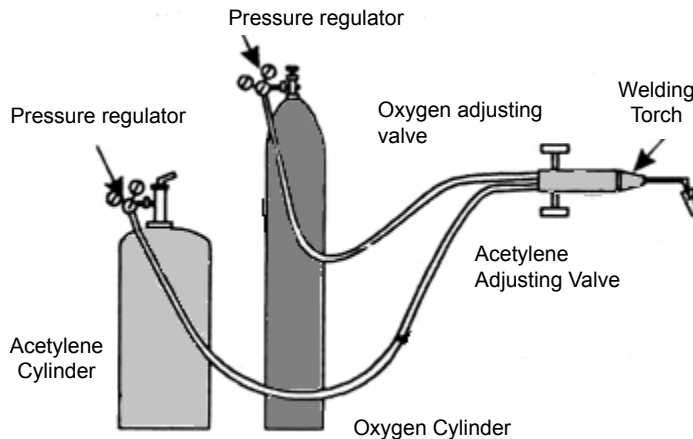
**ऑक्सिडाइजिंग फ्लेम :**

जेव्हा ऑसिटिलीनचे प्रमाण नैसर्गिक ज्वाला किंवा ऑक्सिजनचे प्रमाण वाढते तेव्हा आतील कोन नाहीसा होतो आणि प्राप्त ज्वाला ऑक्सिडाइजिंग ज्वाला म्हणून ओळखली जाते. ऑक्सिडाइजिंग ज्वाला लहान आणि तीव्र टोकदार आतील कोन आणि गोंगाट (गर्जना) ज्वलन प्रक्रियेद्वारे ओळखली जाते. हे न्यूट्रल ज्योतीपेक्षा जास्त गरम आहे आणि दोन क्षेत्रांची स्पष्टपणे व्याख्या केली आहे. आतील झोनमध्ये खूप चमकदार पांढरा रंग आहे आणि त्याचे तापमानसुमारे  $3300^{\circ}\text{C}$  आहे. बाह्य ज्योतीमध्ये निळा रंग आहे. या ज्योतीचा उपयोग पितळे, ब्राँझ इत्यादी ऑक्सिजन मुक्त तांब्याच्या मिश्रधातूचे वेल्डिंग करण्यासाठी केला जातो.

**कार्ब्युरायझिंग फ्लेम:**

या ज्योतीमध्ये इंधन वायूचा अतिरेक होतो. ही ज्योत धातूने रासायनिकरित्या अभिक्रिया करते आणि धातू कार्बाइड तयार करते. या कारणामुळे या ज्योतीचा वापर कार्बन शोषून घेणाऱ्या धातूने होत नाही. ही धुरकट आणि शांत ज्योत आहे. ही ज्योत आतील कोन आणि बाह्य कोन यांच्यातील अंतर्निष्ठित कार्बनकणांच्या 'पंख'द्वारे ओळखली जाते. या ज्योतीला तीन झोन आहेत. आतील झोनमध्ये पांढरारंग असतो, लाल रंग असलेल्या मध्यवर्ती झोनमध्ये निळारंग असतो. आतील कोन तापमान सुमारे  $2900^{\circ}\text{C}$  आहे. या ज्योतीचा उपयोग मध्यम कार्बनस्टील, निकेल, अॅल्युमिनियम आणि त्याचे मिश्रधातू इ. वेल्ड करण्यासाठी केला जातो.

एकूण ऑक्सी-ऑसिटिलीनवेल्डिंग प्रक्रिया 5.19 (से.) मध्ये आकृतीमध्ये दर्शविली आहे.


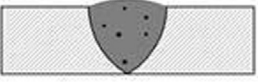


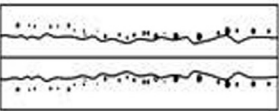




आकृती-5.19: ऑक्सी-ऑसिटिलीन वेल्डिंग प्रक्रिया

### 5.2.3 वेल्डिंग दोष

वेल्डिंग हे खूप कुशल काम आहे; त्यासाठी ऑपरेटरसाठी अनुभव आवश्यक आहे. जर ऑपरेटर अननुभवी असेल तर यामुळे वेल्डिंग दोष होऊ शकतात. सामान्य वेल्डिंग उत्पादनांसाठी दृश्य तपासणीद्वारे बहुतेक वेल्डिंग दोष ओळखले जातात. पण अभियांत्रिकी वेल्डिंग जॉइंटची चाचणी नॉन डिस्ट्रक्टिव्ह टेस्ट (एनडीटी) पद्धतीची केली जाते. वेल्ड तपासण्यासाठी सर्वात सामान्य नॉन-डिस्ट्रक्टिव्ह चाचण्या म्हणजे लिक्विड पेनिट्रेशन, मॅग्नेटिक पार्टिकल, एडी करंट, अल्ट्रासोनिक, अकोस्टिक इमिशन आणि रेडिओग्राफी इ. वेल्डिंगमध्ये काही कारणांमुळे आढळणारे काही सामान्य दोष खालील आहेत. त्यासाठी कारणे आणि उपायांनी ही यादी तयार केली जाते. खालील तक्त्यात

तक्ता 5.2.3: वेल्डिंगदोष आणि उपाय

दोष	कारणे	उपाय
<b>तडकणे</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>घनीकरणामुळे होणारा ताण कमी होतो.</li> <li>बेस मेटल दूषित.</li> <li>खराब संयुक्त डिझाइन.</li> <li>धातू मध्येगंधक आणि कार्बनचे उच्च प्रमाण.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>योग्य संयुक्त डिझाइन वापरा.</li> <li>अशुद्धता दूर करा.</li> <li>योग्यधातूचा वापर करा.</li> <li>पुरे सेसेक्शनल क्षेत्र वेल्ड करण्याची खात्री करा.</li> </ul>
<b>पौरोसिटी</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>अपुरे इलेक्ट्रोड डिऑक्सीडेंट.</li> <li>आर्द्रतेची उपस्थिती.</li> <li>चुकीच्या पृष्ठभागावर उपचार.</li> <li>गंज, रंग, ग्रीस किंवा तेलाची उपस्थिती.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>वेल्डिंग सुरू करण्यापूर्वी साहित्य स्वच्छ करा.</li> <li>कोरडे इलेक्ट्रोड आणि साहित्य वापरा.</li> <li>योग्य चाप अंतर वापरा.</li> <li>योग्य इलेक्ट्रोड वापरा.</li> </ul>
<b>अंडरकट</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>खूप उंच वेल्डकरंट.</li> <li>खूप वेगवान वेल्ड वेग.</li> <li>गॅसशी ल्डिंगचा चुकीचा वापर.</li> <li>खराबवेल्ड तंल.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>चाप लांबी कमी करा.</li> <li>इलेक्ट्रोडचा प्रवासाचा वेग कमी करा, पण तोही जास्त संथ असू नये.</li> <li>एक योग्य वेल्डिंग तंल निवडा ज्यात जास्त विणकाम समाविष्ट नाही.</li> </ul>
<b>स्लॅगसमावेशन</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>वेल्डचा वेग खूप वेगवान आहे.</li> <li>नवीन सुरू करण्यापूर्वी वेल्ड पास साफ न करणे.</li> <li>वेल्ड पूल खूप वेगाने थंड होते.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>सध्याची घनता वाढवा.</li> <li>जलद थंडावा कमी करा.</li> <li>आधीच्या मण्यापासून कोणताही स्लॅग काढून टाका.</li> <li>वेल्डिंगचा वेग समायोजित करा.</li> </ul>
<b>स्पॅटर</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>व्होल्टेज सेटिंग खूप कमी आहे.</li> <li>इलेक्ट्रोडचा कामाचा कोन खूप तीव्र आहे.</li> <li>आर्क खूप लांब आहे.</li> <li>चुकीचेध्रुवीयता</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>वेल्डिंगपूर्वी स्वच्छ पृष्ठभाग.</li> <li>चाप लांबी कमी करा.</li> <li>योग्यध्रुवीयता वापरा.</li> </ul>

दोष	कारणे	उपाय
अपूर्ण प्रवेश 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• तुम्ही एकत्र वेल्डिंग करत असलेल्या धातूमध्ये खूप जागा होती.</li> <li>• मोठा इलेक्ट्रोड व्यास.</li> <li>• चुकीची संरेखन.</li> <li>• अयोग्य सांधा</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• योग्य आकाराचे इलेक्ट्रोड वापरा.</li> <li>• आर्क प्रवासाचा वेग कमी करा.</li> <li>• योग्य वेल्डिंग करंट निवडा.</li> <li>• योग्य संरेखन तपासा.</li> </ul>
अपूर्ण फ्यूजन 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• इलेक्ट्रोड अँगल चुकीचा आहे.</li> <li>• आपण वेल्डिंग करत असलेल्या सामग्रीच्या जाडीसाठी इलेक्ट्रोड व्यास चुकीचा आहे.</li> <li>• प्रवासाचा वेग खूप वेगवान आहे.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• योग्य आर्क व्होल्टेजसह पुरेसा उच्च वेल्डिंग प्रवाह वापरा.</li> <li>• वेल्डिंग सुरू करण्यापूर्वी धातू स्वच्छ करा.</li> <li>• चाप पूर येण्यापासून वितळलेला तलाव टाळा</li> </ul>

### 5.3 ब्रेझिंग

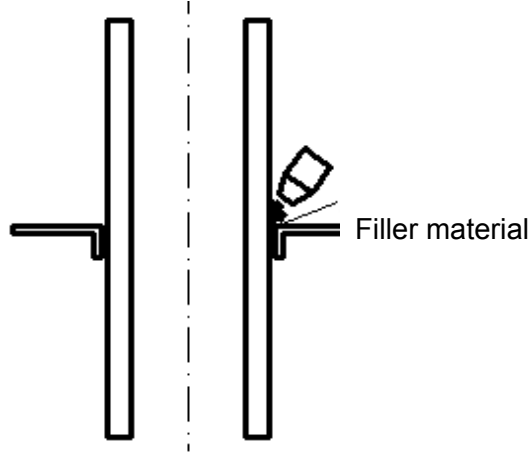
ब्रेझिंग ही पुन्हा एक मेटल जॉइनिंग प्रक्रिया आहे ज्यात दोन किंवा अधिक धातूंच्या समान किंवा विसंगत वस्तू एकत्र जोडल्या जातात आणि जॉईंट मध्ये फिलर मेटल वितळवून आभरले जाते. फिलर मेटलमध्ये सहसा बेस मेटलपेक्षा कमी वितळणारा बिंदू असतो. फिलर मेटलचा वितळण्याचा बिंदू  $450^{\circ}\text{से.}$  च्या वर आहे, परंतु भागांच्या वितळण्याच्या तापमानापेक्षा नेहमीच कमी असतो. हे या प्रक्रियेला वेल्डिंगपासून वेगळे करते जेथे उच्च तापमानाचा वापर बेस मेटल्स एकत्र वितळवण्यासाठी केला जातो.

फिलर मेटल वितळण्याच्या बिंदूच्या किंचित वर गरम केले जात असले तरी योग्य वातावरणाद्वारे संरक्षित केले जाते. जे बऱ्याचदा फ्लक्स असते. वितळलेला फिलर धातू वर्कपिसमध्ये जॉईन होण्यासाठी थंड होतो आणि समान किंवा विसंगत धातूमध्ये मजबूत जॉईन होतो. ज्या वातावरणात ब्रेझिंग प्रक्रिया हाती घेता येते त्यात हवा, इंधनवायू, अमोनिया, नायट्रोजन, हायड्रोजन, नोबल वायू, इन ऑर्गेनिक वेपर्स आणि व्हॅक्यूम यांचा समावेश आहे. टॉर्च, भट्टी आणि इंडक्शन कॉइल सारख्या विविध उष्णता स्रोतांचा वापर करणे. मजबूत ब्रेझ जॉईंट प्राप्त करण्यासाठी, फिलर आणि पॅरेन्ट मटेरियल धातूच्या मेटलर्जी दृष्टीने सुसंगत असावी आणि संयुक्त डिझाइनमध्ये वितळलेले ब्रेझ फिलर केपिलेरी अॅक्शनद्वारे एक अंतर ठेवून समाविष्ट केले पाहिजे. ज्यात ते काढले जाऊ शकते किंवा वितरित केले जाऊ शकते. आवश्यक संयुक्त अंतर बऱ्याच घटकांवर अवलंबून आहे, ज्यात ब्रेझिंग वातावरण आणि बेस मटेरियल आणि ब्रेझ मिश्रधातूची रचना समाविष्ट आहे.

विसंगत धातूमध्ये जॉइनिंग होण्यासाठी आदर्श, ब्रेझिंग ही व्यावसायिक दृष्ट्या स्वीकारलेली प्रक्रिया आहे जी त्याच्या लवचिकतेमुळे आणि उच्च सचोटीमुळे विविध उद्योगांमध्ये वापरली जाते. ज्यासाठी जॉईंट निर्माण केले जाऊ शकतात. यामुळे ते क्रिटिकल नॉन क्रिटिकल उपयोगात विश्वासार्ह बनते आणि हे सर्वात जास्त वापरल्या जाणाऱ्या जॉइनिंग प्रक्रिया पद्धतींपैकी एक आहे. ब्रेझिंग ॲल्युमिनियम, चांदी, तांबे, सोने आणि निकेल यांसारख्या विसंगत धातूत जॉइनिंग करू शकते. ब्रेझिंग दरम्यान फ्लक्सचा वापर अनेकदा केला जातो. हे एक द्रव आहे जे वेटिंग सरफेस होण्यास प्रोत्साहन देते, जे धातूच्या भागांवर फिलर प्रवाहित होऊ देते. हे ऑक्साइडचे भाग देखील स्वच्छ करते जेणेकरून फिलर धातूच्या भागांना अधिक घट्टपणे पकडते.

ब्रेझिंग हे मुळात सोल्डरिंगसारखेच आहे, परंतु ते सोल्डरिंगपेक्षा अधिक मजबूत जॉईंट देते. मुख्य फरक म्हणजे कठीण फिलर सामग्रीचा वापर, व्यावसायिक दृष्ट्या स्पेलर म्हणून ओळखला जातो, जो रेड हिटपेक्षा काही तापमानात फ्यूज होतो, भागांच्या वितळल्या तापमानापेक्षा जोडला जातो. ही प्रक्रिया 5.20 आकृतीमध्ये दर्शविली गेली आहे. जॉईन होणाऱ्या सांध्यांना फिलर मटेरियलने भरले

पाहिजे. धातू गरम करण्यासाठी टॉर्चचा वापर केला जातो. उष्णतेच्या वापराने फिलर सामग्री जागांमध्ये वितळते आणि धातूमधील अंतर सील करते.



आकृती-5.20: ब्रेडिंगप्रक्रिया

### 5.3.1 ब्रेडिंगचे फायदे

- थिन सेक्शन असलेले विसंगतधातू आणि भाग सहजपणे सामील केले जाऊ शकतात.
- ब्रेडिंग बेस मेटलचे मेटलर्जिकल नुकसान टाळते.
- मजबूत जॉईंट मिळतो
- ब्रेडिंगजॉईंट प्रेशर टाइट असतात.
- किफायतशीर आणि जलद प्रक्रिया.
- वेल्डिंगपेक्षा तुलनेने कमी हीटिंगची आवश्यकता असते.

### 5.3.2 ब्रेडिंगचे उपयोग

- व्हॅक्यूमइंटरफ़र्स.
- वाहतूक उपयोग.
- बांधकामे.
- वैद्यकीय उपकरणे.
- कला आणि दागिने

## मनोरंजक तथ्ये

मेटल इनर्ट गॅस (एमआयजी) वेल्डिंगचे प्रथम 1949 मध्ये अमेरिकेत अॅल्युमिनियम वेल्डिंगसाठी पेटंट घेण्यात आले. आर्क आणि वेल्डपूल वापरून तयार झालेल्या एकाउघड्या वायर इलेक्ट्रोडचे संरक्षण हेलियम वायूने केले होते, जे त्या वेळी सहज उपलब्ध होते. सुमारे 1952 पासून ही प्रक्रिया युकेमध्ये आर्गॉनचा शील्डगॅस म्हणून वापर करून अॅल्युमिनियम वेल्डिंग आणि कार्बन डाय-ऑक्साइड वापरून कार्बन स्टीलसाठी लोकप्रिय झाले. कार्बन डाय-ऑक्साइड आणि आर्गॉन- कार्बन डाय-ऑक्साइड मिश्रणांना धातू सक्रिय वायू (एमएजी) प्रक्रिया म्हणून ओळखले जाते. एमआयजी हा एमएमएचा एक आकर्षक पर्याय आहे, जो उच्च डीपोझिशन आणि उच्च उत्पादकता देतो.

"फोर्ज वेल्डिंग" ही धातूच्या दोन तुकड्यांमध्ये जॉईंट निर्माण करणे आणि त्या दोघांना हिट करणे, नंतर त्यांना एकत्र हातोडा मारणे ही प्रक्रिया आहे. या प्रक्रियेचा उगम युरोप आणि मध्यपूर्व या दोन्ही देशांमध्ये ब्राँझ आणि लोह युगात झाला - इ.स.पू.3,200 पर्यंत त्याचा वापर केला गेला.

आजची आधुनिक वेल्डिंग प्रक्रिया 1800 मध्ये सर हम्फ्री डेव्ही आणि 1802 मध्ये रशियन शास्त्रज्ञ व्हिली पेट्रोव्ह यांच्यापासून उद्भवली आजही वेल्डिंगमध्ये वापरले जाणारे कंटीन्यूअस इलेक्ट्रिकल आर्क हा त्यांचा शोध आहे

सोव्हिएत युनियनच्या रशियन अंतराळवीरांनी 1969 मध्ये सोयुझ6 वर अंतराळातील पहिल्या धातूचे वेल्डिंग केले आणि इलेक्ट्रॉन बीम वेल्डिंग, प्लाझ्मा आर्क वेल्डिंग आणि आर्क वेल्डिंगसह वेल्डिंग तयार केले. त्यांनी सांगितले की हे वेल्ड पृथ्वीवर आधारित वेल्ड इतकेच "मजबूत" आहेत.

## व्हिडिओ संसाधने



Weldability



Fundamentals of Welding



Joining

## युनिट सारांश

- कास्टिंगचा वापर बऱ्याचदा किचकट आकार बनविण्यासाठी केला जातो जे अन्यथा इतर पद्धतींद्वारे बनविणे कठीण किंवा खर्चिक असेल.
- कास्टिंग प्रक्रियेत वितळलेल्या पदार्थाचा वापर, सहसा धातूचा समावेश असतो. हे वितळलेले पदार्थ नंतर तयार भागाचे रूप धारण करणाऱ्या साच्याच्या पोकळीत ओतले जातात. वितळलेले पदार्थनंतर थंड होतात, सामान्यतः जोपर्यंत ते इच्छित आकारात घट्ट होत नाही तोपर्यंत साचाद्वारे उष्णता काढली जाते,

- वेल्डिंग प्रक्रिया सामान्यतः एरोस्पेस, ऑटोमोटिव्ह, ऊर्जा आणि बांधकाम आणि इतर उद्योगांमध्ये वापरल्या जातात. विविध प्रकारच्या उपयोगांसाठी धातू, थर्मोप्लास्टिक मध्ये जॉइनिंग होण्यासाठी वापरले जात असे.
- गॅस वेल्डिंग गॅस ज्वाला नियंत्रित करून वेल्ड झोनमधील धातूच्या तापमानावर अधिक चांगले नियंत्रण प्रदान करते.
- ब्रेझिंग, धातूच्या दोन तुकड्यांमध्ये जॉईन होण्याच्या प्रक्रियेमध्ये उष्णता लागू करणे आणि फिलर मेटल जोडणे समाविष्ट आहे. हा फिलर मेटल, प्री प्लेसड किंवा फीड केला जातो आणि जॉईन होणाऱ्या धातूपेक्षा कमी वितळण्याचा बिंदू असलेला असतो.

## स्वाध्याय

### सरावासाठी प्रश्न

अनु.क्र.	प्रश्न	CO	BL	PO	पीआय कोड
1	कास्टिंग घटनांचे वर्णन करा	5	L 1	1	1.4.1
2	कास्टिंग प्रक्रिया वर्गीकृत करा	5	L 1	1	1.4.1
3	कायमस्वरूपी आणि तात्पुरत्या कास्टिंगमध्ये फरक करा	5	L 1	1	1.4.1
4	कास्टिंग डिझाइनमधील विविध डिझाइन विचारांवर चर्चा करा.	5	L 1	1	1.4.1
5	टेक्रोलॉजी वेल्डिंगचे महत्त्व काय आहे	5	L 1	1	1.4.1
6	आर्क वेल्डिंग प्रक्रिया स्पष्ट करा	5	L 1	1	1.4.1
7	गॅस वेल्डिंग प्रक्रिया स्पष्ट करा	5	L 1	1	1.4.1
8	वेल्डिंग दोषांचे वर्णन करा.	5	L 1	1	1.4.1
9	ब्रेझिंग ऑपरेशनवर चर्चा करा	5	L 1	1	1.4.1
10	ब्रेझिंगचे फायदे सूचीबद्ध करा	5	L 1	1	1.4.1
11	ब्रेझिंग ऑपरेशनचे अर्ज सूचीबद्ध करा	5	L 1	1	1.4.1

### बहुपर्यायीप्रश्न

अनु. क्र.	प्रश्न	उत्तर:	CO	BL	PO	PI Code*
1	कोणत्या पॅटर्नचा वापर करून पिस्टन रिंग तयार केल्या जातात? (अ) स्वीप पॅटर्न (ब) गेटड पॅटर्न (क) मॅचप्लेट पॅटर्न (ड) लूज पीस पॅटर्न	क	5	L 1	1	1.4.1
2	खालीलपैकी कोणता साचा वाळूचा प्रकार नाही? (अ) लाल वाळू (ब) नैसर्गिक वाळू (क) सिंथेटिक वाळू (ड) लोम वाळू	अ	5	L 1	1	1.4.1

अनु. क्र.	प्रश्न	उत्तर:	CO	BL	PO	PI Code*
3	स्पॉट वेल्डिंगमध्ये वापरले जाणारे इलेक्ट्रोड कोणत्या सामग्रीपासून बनलेले आहेत? (अ) फक्त तांबे (ब) तांबे आणि टंगस्टन (क) तांबे आणि क्रोमियम (ड) तांबे आणि ॲल्युमिनियम	ड	5	L 1	1	1.4.1
4	खालीलपैकी कोणत्या सांध्याने उच्च गंजप्रतिकार केला आहे? (अ) वेल्डिंग जॉइंट (ब) रिव्हेटेड जॉइंट (क) बोल्टेड जॉइंट (ड) बट जॉइंट	अ	5	L 1	1	1.4.1
5	ब्रेझिंगमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या फिलर मेटलचे द्रव तापमान _____ (अ) 150°C (ब) 427°C (क) 723°C (ड) 1000°C	ब	5	L 1	1	1.4.1

\* परफॉर्मन्स इंडिकेटर कोड AICTE परीक्षा सुधारणा दस्तऐवजातून संदर्भित केला आहे

#### अधिक जाणून घ्या

- अचूक धातूसाठी विविध कास्टिंग तंत्र
- कमी किंमतीच्या कास्टिंग पद्धतींचे उपयोग
- धातुशास्त्रानुसार अस्थिर जॉइंट करण्यासाठी वेल्डिंगचे उपयोग
- थर्मल स्टेशन्स मधील ब्रेझिंग उपयोग

#### संदर्भ आणि सूचक वाचन

1. Groover, Mikell P, “Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes and Systems”, 4th Ed. 2007, John Wiley & Sons, Inc.
2. Roger Timings, “Fabrication and Welding Engineering”, Elsevier Ltd, USA
3. Rao P.N., “Manufacturing Technology”, Vol. I and Vol. II, Tata McGrawHill House, 2017.
5. Gowri P. Hariharan and A. Suresh Babu, “Manufacturing Technology – I” Pearson Education, 2008.



भाग-ब

कार्यशाळा सराव प्रयोगशाळा



# कार्यशाळा सराव प्रयोगशाळा

## भूमिका

एक प्रसिद्ध लेखक कन्फ्यूशियस म्हणतात, "आपण ऐकतो आणि विसरतो, आपण पाहतो आणि आपल्याला लक्षात राहते, आपण करतो आणि आणि समजून घेतो", या उक्तीने आपल्याला स्वतःच्या हाताने सराव करणे किंवा प्रयोगशाळेत सराव करणे याचे महत्व समजू शकते. अभियांत्रिकीमध्ये ज्ञानाचा वापर करणे अत्यंत आवश्यक आहे आणि ते आपण प्रयोगशाळेत करून पाहतो. या पुस्तकाच्या भाग-अ मध्ये कार्यशाळा/उत्पादन पद्धती विषयाच्या सैद्धांतिक पैलू हाताळले आहेत आणि वाचकांच्या सोयीसाठी पुस्तकाच्या भाग-ब मध्ये संबंधित प्रयोगशाळा / कार्यशाळा याविषयी चर्चा केली आहे.

आपल्याला माहिती आहेच की प्रयोगशाळा आणि कार्यशाळेतील वातावरण हे अधिक उत्साहवर्धक असते आणि विद्यार्थ्यांनी वर्गात शिकलेल्या सैद्धांतिक ज्ञानाची प्रत्यक्षात अंमलबजावणी करून प्रत्यक्षात अनुभव घेता येतो. प्रयोगशाळा आणि कार्यशाळा या सैद्धांतिक ज्ञान आणि प्रत्यक्ष अंमलबजावणी यामधील दुवा साधण्याचे काम करतात.

कार्यशाळाही अशी जागा आहे जिथे वेगवेगळ्या उत्पादन कार्यांमध्ये आणि प्रक्रियांमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या विविध सामग्री, उपकरणे, साधने आणि उत्पादन पद्धतींबद्दल महत्वाचे शिक्षण मिळते आणि अनुभवता येते. म्हणूनच कार्यशाळेच्या सरावाद्वारे विविध अभियांत्रिकी उत्पादनांच्या निर्मितीसाठी आवश्यक मूलभूत ज्ञान मिळते. इथेच आपल्याला विविध साधने आणि उपकरणांची बांधणी, कार्यप्रणाली, उपयोग आणि उपयोजिता यांचे ज्ञान मिळते तसेच कच्च्या मालापासून अंतिम उत्पादन तयार करणाऱ्या प्रक्रिया आणि तंत्रज्ञानाविषयी ज्ञान मिळते.

प्रयोगशाळा / कार्यशाळेमुळे औद्योगिक वातावरण तयार होते जेथे त्यांना उद्योगातील वास्तविक पद्धतींचा अनुभव घेता येतो. म्हणून कार्यशाळा सराव ही वास्तविक औद्योगिक वातावरणाची कणा आहे जी नियोजन कौशल्य, वेळेचे व्यवस्थापन, दृश्यावलोकन, कठोर परिश्रम, संबंधित तांत्रिक, सामाजिक, नैतिक, सांघिक, संभाषण कौशल्य व तंत्रज्ञांसाठी आवश्यक कौशल्ये विकसित करण्यास मदत करते. अशा प्रकारच्या प्रकल्पांमुळे विद्यार्थ्यांमध्ये सर्जनशीलता, नाविन्यपूर्ण आणि कौशल्य विकास विकसित करण्याचे कार्य कार्यशाळेमध्ये केले जाते.

कार्यशाळेमध्ये टर्नर (मशीन शॉप), फिटर (फिटिंग शॉप), सुतार (लाकूडकाम करणारे) इलेक्ट्रिशियन (इलेक्ट्रिकल सर्किट), वेल्डर (वेल्डिंग), मेटल वर्कर (कास्टिंग), लोहार (स्मिथी) आणि प्लास्टिक मोल्डिंग ऑपरेटर आणि असे आणखी अनेक वैशिष्ट्यपूर्ण कौशल्ये शिकण्याची संधी मिळते. आवश्यक कौशल्यांसह सर्व प्रक्रीयामधील सुरक्षेची खबरदारी शिकणे आवश्यक आहे.

ही कार्यशाळा सराव केल्यानंतर होणाऱ्या विविध अध्ययन निष्पत्ती खालीलप्रमाणे:

### कार्यशाळेच्या अध्ययन निष्पत्ती (Learning Outcomes):

हा पाठ शिकल्यानंतर विद्यार्थी:

- LO-1: शिकलेल्या उत्पादन पद्धतीवर आधारित प्रतिकृती अचूक मोजमापासह दिलेल्या टॉलरन्स नुसार बनवू शकतील.
- LO-2: दिलेल्या प्रतिकृतीच्या ड्रॉइंगचे वाचन करण्याचे कौशल्य प्राप्त करतील.
- LO-3: उत्पादन तयार करण्यासाठी आवश्यक साधनांचा वापर विद्यार्थ्यांना करता येईल.
- LO-4: दिलेल्या ड्रॉइंगप्रमाणे प्रतिकृती तयार करू शकतील
- LO-5: कार्यशाळेत आवश्यक असणाऱ्या सुरक्षा विषयक खबरदारीचे पालन करू शकतील.

### मशीन शॉप

मशीन शॉप मध्ये लेथ मशीन, ड्रिलिंग मशीन, शेपिंग मशीन, आणि मिलिंग मशीन असतात.

### सुरक्षाविषयक खबरदारी

- मशीन शॉप मध्ये नेहमी कोट वापरावा. पूर्णपणे बंदिस्त रबरी तळव्याचे बूट घालावे ज्यामुळे धातूचे गरम तुकडे (चिप्स), जळणे/भाजणे, आणि विद्युत झटका यापासून आपले संरक्षण होते.
- लेथ मशीन वर काम करताना, नेकटाय, बांगड्या, ब्रेसलेट, घड्याळ, ओळखपत्र टॅग इत्यादी परिधान करू नये अन्यथा या गोष्टींचा लेथच्या चकमध्ये अडकण्याचा धोका जास्त असतो.
- विद्यार्थीनींनी लांब खुले केस, दुपट्टा/ओढणी, गळ्यातील हार किंवा इतर लोंबते दागिने घालून मशीन जवळ जाऊ नये
- मशीन चालविण्याची सूचना मिळाल्याशिवाय कधीही चालवू नका.
- फिरणारे भाग जसे की, चक, चाके, बेल्ट किंवा फिरणारे ग्राइंडिंग व्हील्स इत्यादी थांबवण्याचा कधीही प्रयत्न करू नका.
- फिरणाऱ्या भागांपासून सुरक्षित अंतर राखा.
- आग लागल्यास अग्निशामक उपकरणाचा वापर करा.
- अनवाणी हाताने मशीन साफ करू नका. मशीन साफ करण्यासाठी नेहमी वायर ब्रशचा वापर करावा.
- अपघात झाल्यास प्रथमोपचार पेटीचा वापर करावा.

## लेथ मशीन

### टर्निंग जॉब साठीची तयारी

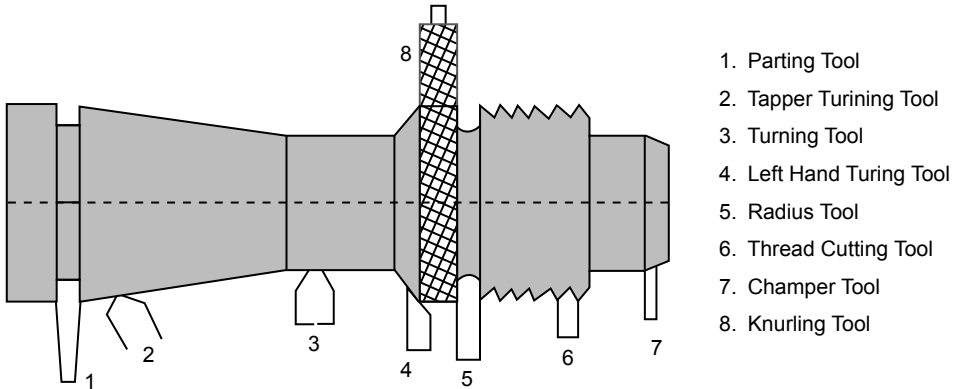
विद्यार्थ्यांना एका प्रात्यक्षिकासाठी तीन ते पाच ऑपरेशन्स करण्यासाठी दिली जाऊ शकतात. अशी किमान तीन प्रात्यक्षिके 10 तासात करता येऊ शकतात.

लेथ मशीनचा वापर करून तयार केल्या जाणाऱ्या जॉब/मॉडेल/प्रतिकृतीमध्ये खालील प्रक्रिया/ऑपरेशन्स असू शकतात.

- मार्किंग
- फेसिंग ऑपरेशन
- प्लेन टर्निंग
- स्टेप टर्निंग
- टेपर टर्निंग
- ग्रूव्हिंग
- थ्रेडिंग
- नर्लिंग
- चाम्फरींग, इत्यादी.

### टर्निंग ऑपरेशन साठीची नमुना प्रतिकृती/मॉडेल

खालील आकृतीमध्ये लेथ मशीनवर केली जाणारी विविध ऑपरेशन्स दर्शविली आहेत.



**उद्देश:** दिलेल्या माइल्ड स्टील च्या वर्कपीस वर ड्रॉइंग मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे ऑपरेशन्स करणे.

**ड्रॉइंग:** दिलेले ड्रॉइंग टर्निंग ऑपरेशन साठी घ्या, ड्रॉइंगमधील सर्व मोजमापे मीली मीटर मध्ये असावीत

**आवश्यक साधने:** व्हर्निअर कॅलिपर, सिंगल पॉइंट कटिंग टूल, पार्टिंग टूल, लेफ्ट हँड टर्निंग टूल, नर्लिंग टूल, चॅम्पर टूल

**ऑपरेशनचा क्रम :** फेसिंग, प्लेन टर्निंग, स्टेप टर्निंग, टेपर टर्निंग, ग्रीव्ह कटिंग रेडिअस कटिंग, थ्रेड कटिंग, नर्लिंग, चाम्फरींग

**कृती:** दिलेल्या मोजमापावरून स्पीड, फीड डेप्ट ऑफ कट, टेपर अँगल यांची गणना करता येईल. (गणनेसाठी सैद्धांतिक भाग पहा)

**निरीक्षण:** उदाहरण दिले आहे; दिलेल्या ड्रॉइंगनुसार सर्व परिमाणे दिलेल्या टेबलमध्ये सूचीबद्ध आहेत.

अनु. क्र.	ड्रॉइंगनुसार मोजमाप (दिलेले) मीमी मध्ये व्यास आणि लांबी	प्रत्यक्ष मोजमाप (जॉब पूर्ण झाल्यानंतर मोजले जावेत) मीमी मध्ये	मोजण्यासाठी वापरलेले साधन
1	20	20	व्हर्निअर कॅलिपर
2	Ø25	Ø25	व्हर्निअर कॅलिपर

### निष्कर्ष:

मिलिंग मशीन आणि शेपिंग मशीन

गीअर कटिंग / शेपिंग ऑपरेशन्सचे प्रात्यक्षिक दाखविता येईल. \*जर संस्थेत CNC मशीनची तरतूद असेल तर CNC मशीनचे प्रात्यक्षिक एखाद्या साध्या जॉबद्वारे दाखविता येईल.

### फिटिंग शॉप

मशीन टूल्स अधिक वेगाने मोठ्या प्रमाणात उत्पादनासाठी बनलेली असतात. परंतु कधी कधी असे काही प्रसंग असतात जेथे यंत्र सामग्रीला हाताच्या साधनांनी बनवलेल्या घटकांची आवश्यकता असते. यंत्राचे नादुरुस्त घटक बदलताना किंवा दुरुस्त करताना या गोष्टीची काळजी घेणे आवश्यक असते की ते घटक पुनर्बांधणीनंतर इतर घटकाबरोबर अचूकपणे फिट होतील. यामध्ये काही प्रमाणात हातानी फिटिंग करणे समाविष्ट आहे. मशीन टूल्स, जिग्स, गेज इ. च्या असेंब्लीमध्ये काही प्रमाणात बेंचचे काम समाविष्ट असते. केलेल्या कामाची अचूकता ऑपरेटरच्या अनुभवावर आणि कौशल्यावर अवलंबून असते. 'बेंच वर्क' या शब्दाचा अर्थ घटकाची हाताच्या साह्याने बेंचवर केलेली निर्मिती, तर फिटिंग म्हणजे धातू घासून कमी करून आवश्यक फिट मिळवून मेटिंग पार्ट ची असेम्बली करणे. बेंच वर्क आणि फिटिंग दोन्हीमध्येही हाताने वापरण्याच्या साध्या साधनांची आणि मानवी मेहनतीची गरज असते. वरील कामांमधील ऑपरेशन्समध्ये फाइलिंग, चिपिंग, स्कॅपिंग, सॉइंग, ड्रिलिंग आणि टॅपिंग यांचा समावेश आहे. यासंबंधित सैद्धांतिक बाबींचा अभ्यास आपण युनिट -2 मध्ये केलेला आहे.

## सुरक्षा खबरदारी

फिटिंग ऑपरेशन दरम्यान खालीलप्रमाणे सुरक्षा खबरदारीची काळजी घेतली पाहिजे

- कार्यशाळा सूट, शूज घाला.
- केवळ अनवाणी हाताने घासकाम करू नये; हॅकसॉ ब्लेड वापरून कापताना सावध रहा.
- दिलेल्या ऑपरेशनसाठी योग्य साधने वापरा.
- मार्किंग, फिटिंग आणि कटींग ऑपरेशन करताना शरीराची योग्य स्थिती/मुद्रा असली पाहिजे अन्यथा काही अवयवांवर अनावश्यक ताण येऊ शकतो.
- केवळ हातांनी नव्हे तर वायर ब्रशने टेबल साफ करा.
- पंचिंग ऑपरेशन केवळ ऐरणी/एन्व्हिल्सवरच करावे.
- रिकाम्यापोटी मशीनवर काम करू नका. कार्यशाळेत प्रवेश करण्यापूर्वी नाशता/जेवण करा.

## फिटिंगजॉबमधील ऑपरेशन्स

फिटिंग शॉपमधील विविध ऑपरेशन्स खालीलप्रमाणे आहेत.

- फेसिंग – घासून कडा सरळ करणे आणि ट्राय स्क्वेअर च्या मदतीने त्याची खाली करून घेणे.
- पेस्टिंग – ज्या पृष्ठभागावर मार्किंग करायचे आहे त्या पृष्ठभागावर खडूची भुकटी पसरविणे/चीटकाविणे.
- मार्किंग – हाइट गेज च्या मदतीने उभी आणि आडवी रेषा चिन्हांकित करणे
- पंचिंग – मार्किंग लाईन नुसार कटींगसाठी हॅकसॉ ब्लेड ला गाईड/मार्गदर्शन करण्यासाठी
- कटिंग - हॅक सॉ ब्लेडचा वापर करून
- रफ फायलींग - अधिक प्रमाणात मटेरीअल काढण्यासाठी
- स्मुथ फायलींग - कमी प्रमाणात मटेरीअल काढण्यासाठी हळुवारपणे केले जाते.

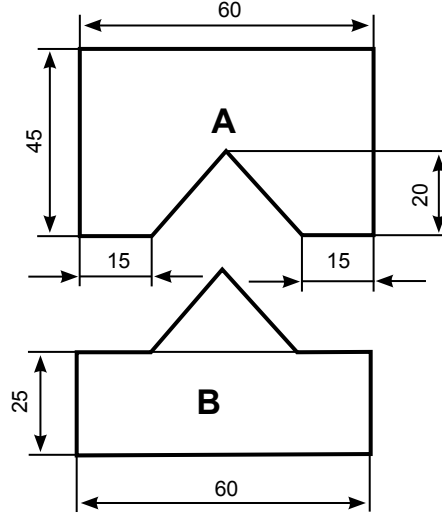
फिटिंग ऑपरेशनमध्ये मार्किंग करून कमी प्रमाणात मटेरीअल काढून अंतिम फिट तयार करण्यासाठी कल्पकतेची आवश्यकता असते. भागांना सहजपणे ओळखण्यासाठी मेल आणि फिमेल किंवा ॲक्सिसराच्या मदतीने नाव देता येते. आता आपण नमुन्यादाखल एक प्रात्यक्षिक पाहू. प्रशिक्षकांना सुचविण्यात येते कि त्यांनी अधिक गुंतागुंतीचे ड्रॉइंग जॉब साठी तयार करावेत आणि आठ तासांच्या कार्यशाळेच्या कालावधीत असे किमान दोन जॉब करता येऊ शकतील. या मोड्युल मध्ये सर्व प्रकारच्या फायलींग टूलचा वापर करावा लागेल याची खात्री करावी.

**प्रात्यक्षिक :** व्ही-जॉइंट तयार करणे

उद्देश: दिलेल्या मोजमापाचा व्ही-जॉइंट तयार करणे

उपकरण : स्टील मोजपट्टी , स्क्रायबर, सेंटर पंच, सरफेस प्लेट, व्हर्निअर हाइट गेज, हॅकसाॅ ब्लेड, फ्लॅट फाईल, ट्राय स्केअर, इत्यादी.

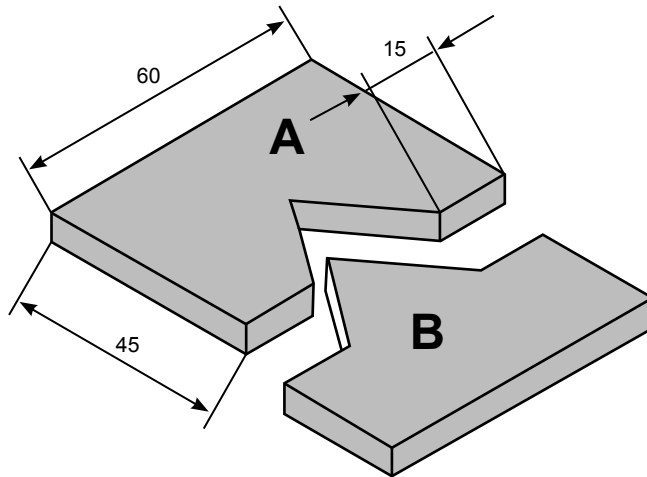
ड्रॉइंग :



ओपरेशनचा क्रम : फेसिंग, मार्किंग, पंचिंग, कटिंग, रफ फायलिंग, स्मूथ फायलिंग

कृती: ऑपरेशन च्या क्रमानुसार लिहावी.

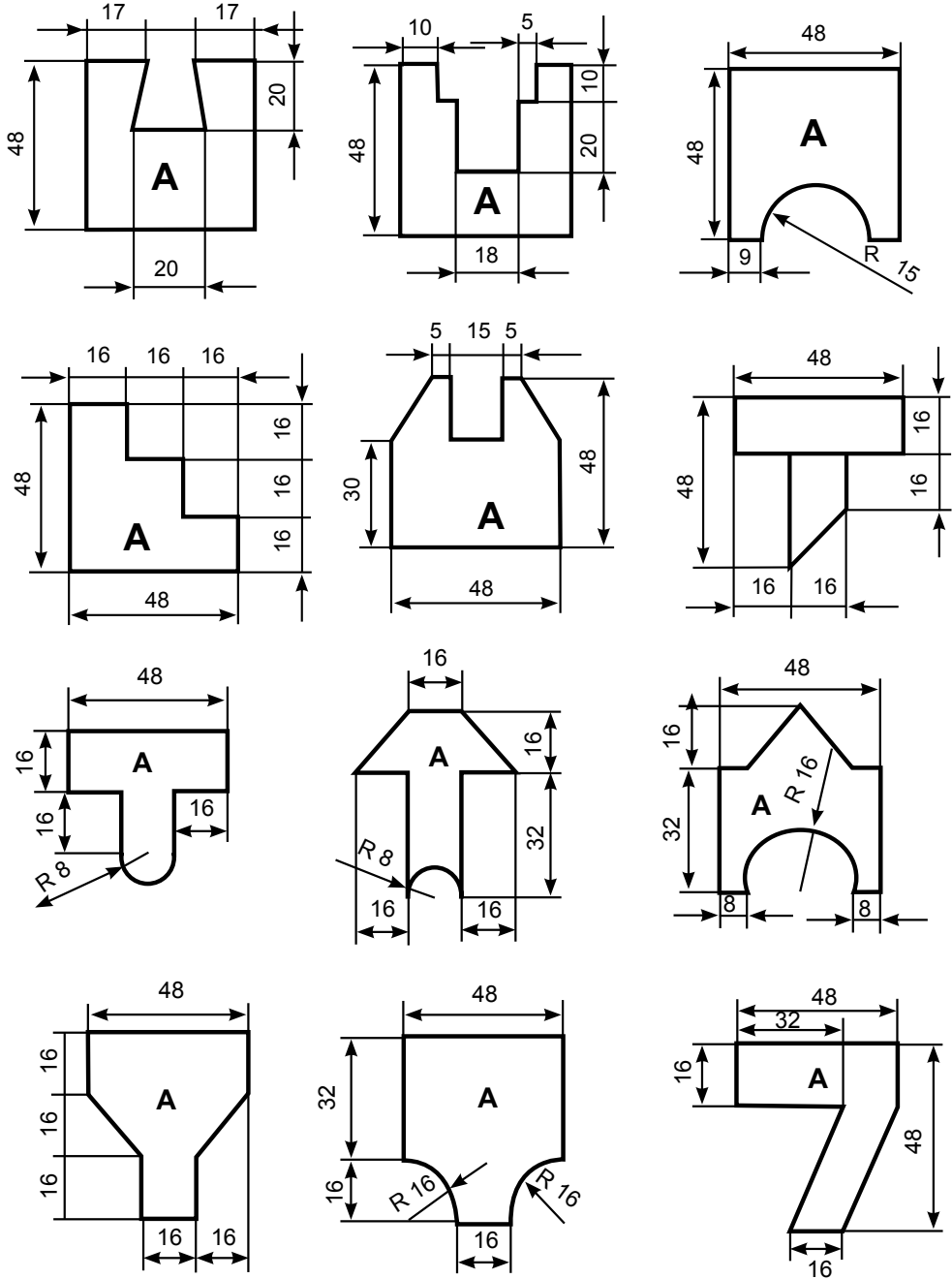
परिणाम :





**निष्कर्ष :** हवा असणारा व्ही-जॉइंट तयार झाला आहे.

काही नमुना प्रतिकृतीचा एक भाग (भाग - A) इथे दर्शविला आहे, अशाच प्रकारच्या प्रतिकृती सरावासाठी देता येतील.



## सुतारकाम

सुतारकाम एक कौशल्याचे कार्य आहे आणि आधुनिक औद्योगिक युगातील व्यवसाय म्हणून ओळखले जाते. यामध्ये मुलतः लाकूड आणि लाकडाशी संबंधित उत्पादन बनविण्यावर काम केले जाते. सुतारकाम हे मानवी संस्कृती इतकेच जुने आहे. याची व्याप्ती हि मोठ्या जहाज निर्मितीपासून छोट्या हार्मोनियम स्ट्रिंगपर्यंत आहे.

या व्यवसायासाठी ड्रॉइंग समजून घेण्याचे आणि सुरळीत ऑपरेशन पार पडण्याच्या कौशल्याची विशेष आवश्यकता असते. सुतारकाम करणाऱ्या व्यक्तीला सुतार म्हणून ओळखले जाते. लाकूड मोजणे, चिन्हांकित करणे, कापणे, आकार देणे, फिट करणे आणि फिनिशिंग करणे हि त्याची कामे आहेत. या कामासाठी त्याला हाताने वापरण्याच्या साधनांचा वापर करावा लागतो आणि आजकाल पॉवर टूल्स देखील त्याला खूप मदत करीत आहेत.

या कार्यशाळेत आपण दिलेल्या मापाचे काही जॉइंट्स बनविण्यास शिकणार आहोत.

## सुरक्षेची खबरदारी

सुतारकाम करताना खालीलप्रमाणे सुरक्षेची खबरदारी घेणे आवश्यक आहे.

- कार्यशाळा सूट, शूज घाला.
- केवळ अनवाणी हाताने घासकाम करू नये; चीजल आणि हॅकसॉ ब्लेड वापरताना काळजी घ्या.
- दिलेल्या ऑपरेशनसाठी योग्य साधने वापरा.
- मार्किंग, कटींग ऑपरेशन करताना शरीराची योग्य स्थिती/मुद्रा असली पाहिजे अन्यथा काही अवयवांवर अनावश्यक ताण येऊ शकतो.
- साधनांशी खेळू नका.
- चीसेल आणि मॅलेट वापरताना काळजीपूर्वक रहा.

सुतारकामाचे कार्यशाळेचे सहा तासांचे वेळापत्रक आहे या कार्यशाळेत किमान दोन मॉडेल तयार करता येतील.

## सुतारकामामधील प्रक्रिया

- प्लेनिंग – पृष्ठभाग दिलेल्या मापानुसार तयार केला जातो.
- मार्किंग – प्रत्यक्षात दिलेल्या मापाप्रमाणे

- कटिंग – हँकसॉ च्या मदतीने मार्किंग केलेल्या रेषानुसार कटिंग करणे
- चीजेलिंग – सुरुवात रफ चीजेलने करावी आणि कडा आणि कोपऱ्याचे फिनिशिंग योग्य मापाच्या चीजेल च्या साह्याने करावी.
- मेजरिंग – तयार झालेली मापे दिलेल्या मोजमापाप्रमाणे असल्याची खात्री करून घेणे.
- फिनिशिंग – फरक आढळल्यास फिनिशिंग ऑपरेशन करणे.

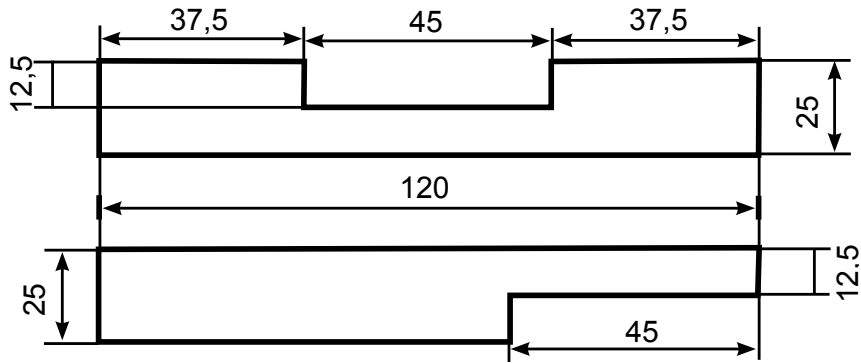
सुतारकामासाठी नमुना जॉब पुढीलप्रमाणे आहे. याचप्रकारे या कार्यशाळेतील उपक्रम करून घेता येतील.

**प्लात्याक्षिक :** टी-लॅप जॉइंट

**उद्देश:** दिलेल्या मापानुसार टी-लॅप जॉइंट बनविणे.

**आवश्यक साधने :** स्टील मोज पट्टी, ट्राय स्क्वेअर, मेटल जॅक प्लेन, मार्किंग गेज, कार्पेन्टरी व्हाइस, हँड सॉ

**ड्रॉइंग:**

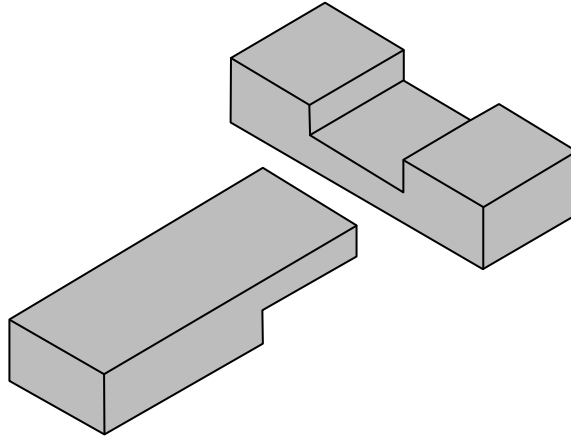


**ओपरेशनचा क्रम :**

- प्लेनिंग
- मार्किंग
- कटिंग, चीजेलिंग
- फिनिशिंग

कृती: ऑपरेशन्स थोडक्यात वर्णन करावीत.

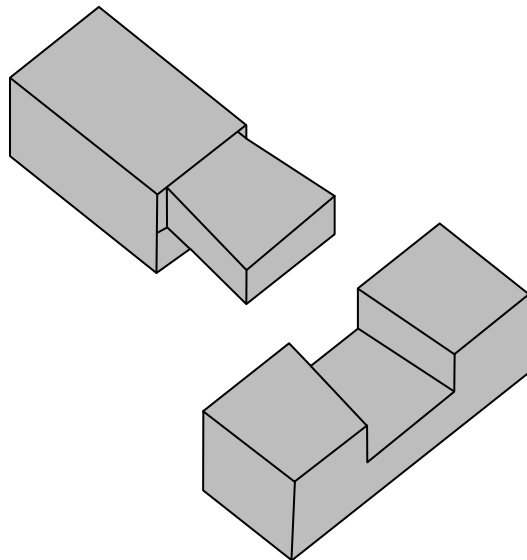
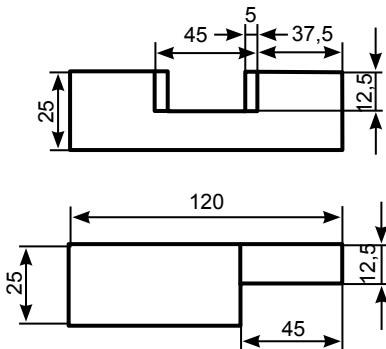
परिणाम:



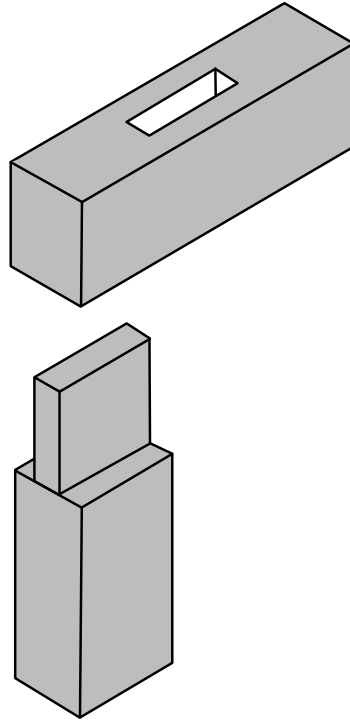
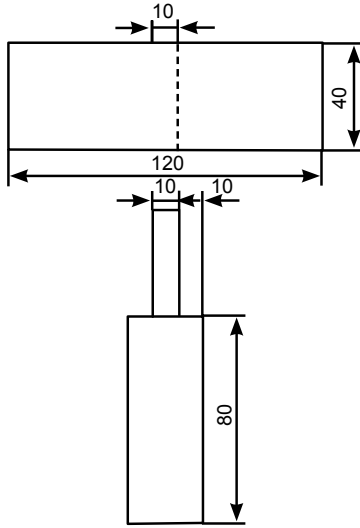
निष्कर्ष : दिलेल्या वर्कपीसमधून आवश्यक असलेला टी-लॅप जॉइंट तयार झाला आहे.

सुतारकामातील विविध आकाराचे जॉइंट तयार करता येतील.

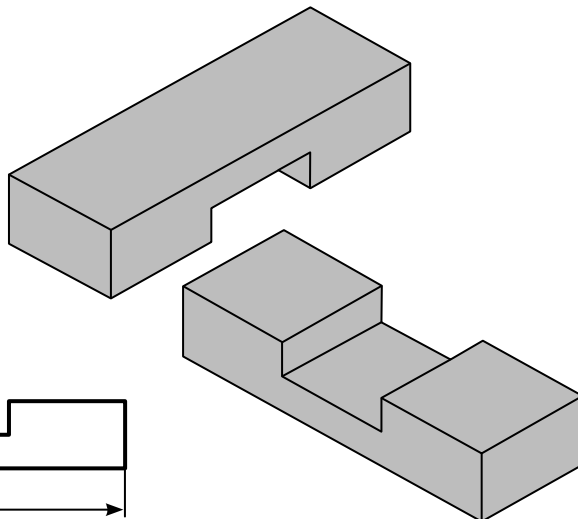
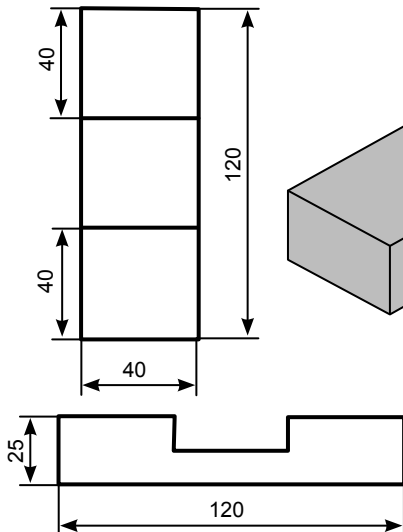
डव्ह-टेल लॅप जॉइंट



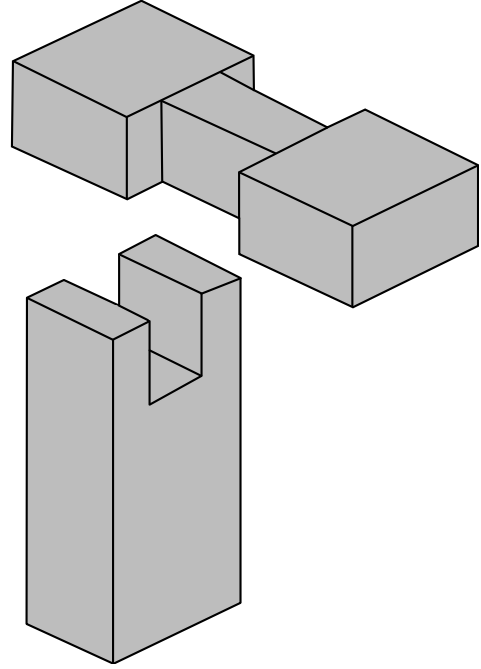
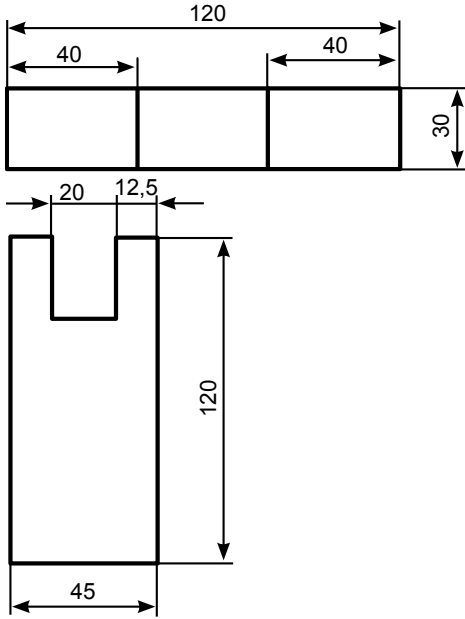
## मॉर्टिस आणि टेनॉन जॉइंट



## हाविंग जॉइंट



## ब्रायडल जॉइंट



## इलेक्ट्रीकल आणि इलेक्ट्रॉनिक्स

इलेक्ट्रीकल आणि इलेक्ट्रॉनिक्सचा उद्देश विद्युत वाहन, उपयोग आणि रूपांतरण याविषयी तोंडओळख करून घेण्याचा आहे. इलेक्ट्रॉनिक्सचा संबंध सूक्ष्म विद्युत उपकरणाशी आहे. या कार्यशाळेत आपण रोजच्या जीवनात वापरल्या जाणाऱ्या इलेक्ट्रीकल आणि इलेक्ट्रॉनिक्स भागांची तोंडओळख आणि त्यांची अभियांत्रिकीमध्ये उपयोगिता यावर लक्ष केंद्रित करणार आहोत.

## सुरक्षा खबरदारी

- कार्यशाळा सूट, शूज घाला.
- योग्य साधने, उपकरणे आणि संरक्षक साधनांचा वापर करा.
- ओपन सर्किट आणि लाइव्ह वायर ला स्पर्श करू नका.
- अपुऱ्या प्रकाशात काम करू नका.
- ओल असलेल्या ठिकाणी, ओल्या कपड्यानिशी किंवा ओले बूट घालून काम करू नका.
- सर्व साधने आणि उपकरणे स्वच्छ आणि चालू स्थितीत ठेवा आणि पाणी किंवा आर्द्रतेपासून दूर ठेवा.

- प्रशिक्षकांच्या परवानगीशिवाय कोणतीही मशीन सुरु करू नये.
- प्रात्यक्षिक सुरु करण्यापूर्वी सूचना आणि कार्यपद्धती व्यवस्थित वाचून आणि समजून घ्यावी आणि त्यानुसारच कृती करावी.
- वायर मध्ये करंट असताना (लाइव्ह वायर) सर्किट जोडू नका. विद्युत प्रवाह बंद करूनच सर्किटची जोडणी करा.
- मशिनरी वापरताना जमिनीवर चटईचा वापर करा.

या विषयासाठी प्रात्यक्षिकाचे आठ तास उपलब्ध आहेत, ज्यामध्ये किमान दोन प्रात्यक्षिके करणे शक्य होईल. या विषयाचे स्वरूप हे विविध विषयांशी निगडित असल्याने प्रात्यक्षिके करताना इलेक्ट्रॉनिक्स/इलेक्ट्रिकल अभियांत्रिकी विभागाची मदत घेता येईल.

**प्रात्यक्षिक :** इलेक्ट्रिकल / इलेक्ट्रॉनिक अभियांत्रिकी मधील साधने आणि संक्षिप्त रूपे

**उद्देश :** इलेक्ट्रिकल / इलेक्ट्रॉनिक अभियांत्रिकी मधील साधने आणि संक्षिप्त रूपे समजावून घेणे आणि त्यांचा अभ्यास करणे

**साधने:** चॅनेल लॉक प्लायर्स, लाइनमनचे प्लायर्स, डायगोनल प्लायर्स, लाँग नोज प्लायर्स, वायर स्ट्रिप्स, क्रिम्प्स, रोटो स्प्लिट, व्होल्ट मीटर, व्होल्टेज टेस्टर, रेसेष्टाकल टेस्टर, पाईप रिमर, इन्सुलेटेड स्कूझायव्हर्स, स्कूझायव्हर सेट, स्केअर टिप स्कूझायव्हर, स्टुबी स्कूझायव्हर, हॅक सॉ, जब/रॉक सॉ, रेझर नाइफ, टॉर्पेडो लेव्हल, हॅमर, मोजमापन टेप इत्यादि.

**संक्षिप्त रूपांची सूची:** वापरण्यात येणाऱ्या संक्षिप्त रूपांची एक तालिका तयार करा

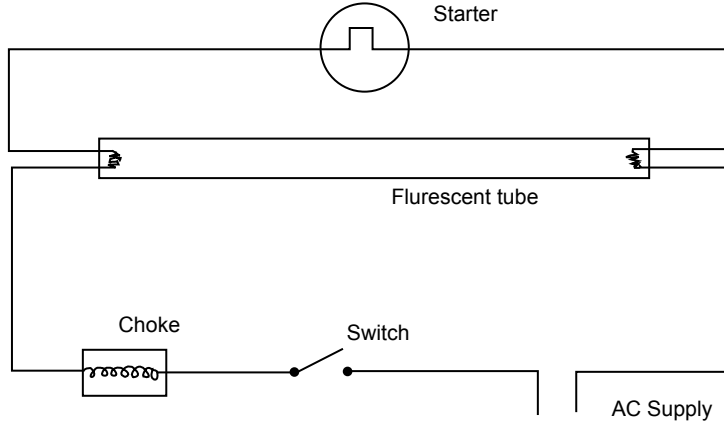
**प्रात्यक्षिक:** स्विच नियंत्रणासह फ्लूरोसेंट ट्यूबलाइटसाठी वायरिंग बनविणे

**आवश्यक साधने / साहित्य :** स्कू झायव्हर , हातोडा , पक्कड , लाइन टेस्टर, ट्यूब लाइट, ट्यूब बेस, स्टार्टर, चोक, आणि वायर.

**फ्लूरोसेंट लाइट बदल:**

फ्लूरोसेंट ट्यूब हा एक कमी दाबाचा मर्क्युरी व्हेपर लॅम्प आहे. कमी दाबामुळे हा दिवा आतील पृष्ठभागावर फ्लूरोसेंट आवरण असलेल्या काचेच्या नळीच्या स्वरूपात असतो. नळीच्या दोन्ही बाजूस बेरीअम ऑक्साईड चे आवरण असलेल्या टंगस्टन च्या तारा असतात. नळीच्या आत थोड्या प्रमाणात मर्क्युरी आणि ऑरगॉन वायू कमी दाबणे भरलेला असतो. जेव्हा तापमान वाढते तेव्हा मर्क्युरीच्या वाफा तयार होतात. नळीच्या प्रत्येक टोकाला इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करण्यासाठी बॅरियम चे आवरण असलेले स्पायरल आकाराचे टंगस्टनचे इलेक्ट्रोड असतात. सर्किटचा पॉवरफॅक्टर सुधारण्यासाठी कॅपॅसिटर जोडलेला असतो. फ्लूरोसेंट लॅम्प सर्किटमध्ये चोक, स्टार्टर, फ्लूरोसेंट ट्यूब आणि फ्रेम असते. सामान्यपणे वापरल्या जाणाऱ्या फ्लूरोसेंट ट्यूबची लांबी 100 सेंमी असते; त्याचे पॉवर रेटिंग 40 W आणि 230 V असते. जेव्हा पुरवठा चालू केला जातो, तेव्हा विद्युतीय तारा तापतात आणि इलेक्ट्रॉनचे उत्सर्जन सुरु करतात. एक किंवा दोन सेकंदात, स्टार्टर सर्किट उघडते आणि चोक दोन बाजूच्या तारांमध्ये एक क्षणिक उच्च व्होल्टेजचा तरंग निर्माण करतो. ऑरगॉनद्वारे आयनीकरण होते आणि तेजस्वी प्रकाश तयार केला जातो.

## सर्किट डायग्राम



## कृती:

- स्विच आणि ट्यूब लाइट लोकेशन पॉइंट्स मार्क करा आणि लाकडी बोर्डवर वायरिंगसाठी रेषा काढा.
- वायरना रेषा नुसार ठेऊन क्लिप्स च्या मदतीने फिक्स करा.
- ट्यूब बेस वर ट्यूब होल्डर आणि चोक बसावा.
- फेज वायर चोकमध्ये आणि न्युट्रल वायर थेट ट्यूब मध्ये जोडा.
- फ्ल्यूरोसंट ट्यूब होल्डरमध्ये बसावा.
- शेवटी ट्यूबच्या सेरीज मध्ये स्टार्टर जोडा.
- दिलेल्या वायरिंग डायग्राम नुसार वायरची जोडणी पूर्ण करा.
- सर्किटला विद्युत पुरवठा देऊन ट्यूब लाईट काम करते आहे हे तपासून पहा.

## निष्कर्ष:

**प्रात्यक्षिक:** जिन्यातील लाइटिंगसाठी टू वे स्विच

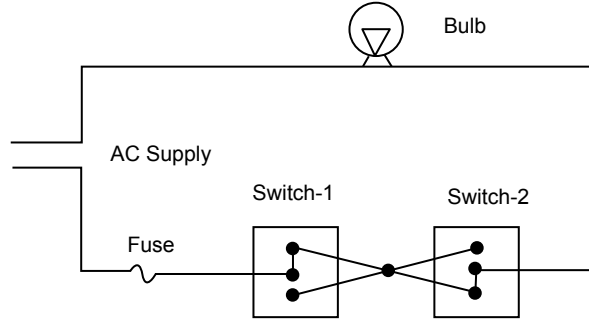
**उद्देश:** जिन्यातील लाइटिंगसाठी टू वे स्विचची सर्किट डायग्राम तयार करणे आणि त्याप्रमाणे जोडणी करून तपासून पाहणे.

आवश्यक साधने / साहित्य : स्कूझायव्हर, हातोडी, प्लायर्स, लाईन टेस्टर, टू-वे स्विच, बल्ब होल्डर, बल्ब, जॉइंट क्लिप्स, वायर्स, स्कू, स्विच बोर्ड



टू वे स्विचच्या कामकाजाबद्दल: जेव्हा अंतर अधिक असते आणि पुन्हा सुरुवातीच्या जागेवर जाऊन स्वीच बंद करण्यापेक्षा, आहे त्या ठीकाणुनच स्वीच बंद करणे सोयीस्कर असते तेव्हा टू वे स्वीच चा वापर केला जातो. या वायरिंग मध्ये जिन्याच्या दोन बाजूला दोन स्वीच चा वापर केला जातो, जिन्याच्या सुरुवातीच्या बटनाचा वापर करून बल्ब सुरु केला जातो आणि जिन्याच्या दुसऱ्या बाजूचे बटन दाबून बल्ब बंद करता येतो. बल्बचे एक टर्मिनल मुख्य लाईनला जोडलेले असते तर दुसरे टर्मिनल टू वे स्वीचच्या मधल्या स्लॉटशी जोडलेले असते. त्यांचे उर्वरित प्रथम स्लॉट्स क्रॉस नोड प्रमाणे समांतर जोडलेले आहेत.

### सर्किट डायग्राम



### कृती :

- लाकडी बोर्डवर लेआउट तयार करा
- स्वीच, आणि बल्बचे स्थान आणि वायरिंग साठीच्या लाईन्स बोर्डवर मार्क करा.
- वायरना रेषा नुसार ठेऊन क्लिप्स च्या मदतीने फिक्स करा.
- बोर्डवर मार्क केलेल्या स्थानावर बल्ब होल्डर आणि टू वे स्वीच बसावा.
- दिलेल्या वायरिंग डायग्राम नुसार वायरची जोडणी पूर्ण करा.
- सर्किटला विद्युत पुरवठा देऊन बल्ब काम करत आहे हे तपासून पहा.
- परिणामांची पडताळणी सोबतच्या तालीकेवरून करा.

### परिणाम :

स्वीचची स्थिती		दिव्याची स्थिती
स्वीच-1	स्वीच-2	
बंद	बंद	बंद
सुरु	बंद	सुरु

स्वीचची स्थिती		दिव्याची स्थिती
स्वीच-1	स्वीच-2	
बंद	सुरु	सुरु
सुरु	सुरु	बंद

### निष्कर्ष:

### वेल्डिंग शॉप

वेल्डिंग ही फिलर सामग्रीसह किंवा त्याशिवाय उष्णता ऊर्जेचा वापर करून धातूचे भाग वितळवून धातूचे जोड तयार करण्याची प्रक्रिया आहे. वेगवेगळ्या ऊर्जास्त्रोतांचा वापर करून वेल्डिंग केले जाऊ शकते, जसे की गॅस फ्लेम, इलेक्ट्रिक आर्क, लेझर किंवा अल्ट्रासाउंड आणि इतर कोणताही ऊर्जा स्त्रोत असू शकतो. पूर्वी वेल्डिंग शस्त्र तयार करण्यासाठी वापरले जात असे पण आता त्याच्या कक्षा विस्तारल्या असून सर्व क्षेत्रांत वेल्डिंगचा वापर केला जातो. जीर्ण झालेल्या भागांची देखभाल/बदली देखील वेल्डिंग चा उपयोग करून शक्य आहे. गरजेनुसार आर्क किंवा गॅस वेल्डिंग वापरले जातात. कृपया अधिकतपशीलासाठी या पुस्तकाच्या युनिट - 5 मध्ये चर्चा केलेली आहे.

### सुरक्षा खबरदारी

#### आर्क वेल्डिंग

- खात्री करा की आपण नेहमी सेफ्टी हॅट ग्लोव्हज, ॲप्रॉन आणि चामड्याचे शूज घातले आहेत.
- वेल्डिंग चालू असताना वेल्डिंग गॉगल, शील्ड वापरा.
- हे सुनिश्चित करा की वेल्डिंग मशीन योग्य प्रकारे ग्राउंड केलेली आहे आणि लीड्स योग्यरित्या इन्सुलेटेड आहेत.
- वेल्डिंग करताना नेहमीच फेस शील्ड वापरा ; आर्कमुळे आपल्या डोळ्यांना गंभीर इजा होऊ शकते.
- वेल्डिंग केबल्स गरम धातू, पाणी, तेल आणि ग्रीसच्या संपर्कात येणार नाहीत याची खात्री करा.
- धारदार कोपऱ्यां भोवतीने केबल ओढणे टाळा.
- वेल्डिंग करताना कोरड्या जागेवर उभे रहा आणि वेल्डिंग सुरू करण्यापूर्वी आपले शरीर इलेक्ट्रोडपासून अलिप्त असल्याची खात्री करा.
- सर्व जोडलेल्या केबल्सचे योग्य इन्सुलेशन सुनिश्चित करा.

- काम सोडण्यापूर्वी ताबडतोब मशीन बंद करा.
- सुलभतेसाठी अग्निशामक यंत्र शक्य तितक्या जवळच्या ठिकाणी ठेवा.

### गॅस वेल्डिंग

- खात्री करा की आपण नेहमी सेफ्टी हॅड ग्लोव्हज, ॲप्रॉन आणि चामड्याचे शूज घातले आहेत.
- टॉर्च पेटवण्यासाठी मॅच बॉक्स ऐवजी स्पार्क लायटरचा वापर करा.
- सिलिंडर, होज किंवा इतर कोणतीही उपकरणे ब्लो पाईपमुळे गरम होणार नाहीत याची खात्री करा.
- सतत वापरणे होज पाईप गरम होणार नाहीत याची खात्री करा.
- धारदार साधनांनी व्हॉल्व्ह ऑपरेट करू नका.
- गॅस सिलिंडर पूर्वनियोजित ठिकाणी/ट्रॉलीवर ठेवा.
- होज पाईपमधील गॅसची गळती वारंवार तपासा
- गळती फक्त साबणाच्या पाण्याने तपासावी, जळत्या काडीने नाही.
- सुलभतेसाठी अग्निशामक यंत्र शक्य तितक्या जवळच्या ठिकाणी ठेवा.
- तेल आणि इतर संवेदनशील साहित्य वेल्डिंग झोन पासून दूर ठेवले पाहिजे
- जॉब सुरु करण्यापूर्वी प्रशिक्षकाचा सल्ला घ्यावा.

वेल्डिंग विषयामध्ये 8 तासांची प्रयोगशाळा सत्ते आहेत ज्यात आर्क वेल्डिंग आणि गॅस वेल्डिंगचे प्रत्येकी किमान दोन मॉडेल्स केले जाऊ शकतात.

### वेल्ड कसे तयार करावे

एकदा का वेल्डिंगसाठीचे साहित्य तयार झाले की, वर्कपीसचे कापलेले भाग वेल्डिंगसाठी तयार असल्याचे तपासून खात्री करावी. वेल्डिंग ऑपरेशन वर्कपीस स्वच्छ असल्याचे सुनिश्चित करणे आवश्यक आहे. बेस मटेरियल वरील कोणतेही मिल स्केल, रसायने, इतर पदार्थ, तेल, ग्रीस आणि कोणतेही लेप असल्यास काढून टाकणे आवश्यक आहे. यामुळे वेल्डचे योग्य पेनीट्रेशन सुनिश्चित होण्यास मदत होऊ शकते आणि अशुद्धता, सच्छिद्रता आणि इतर कोणतेही समावेशन नसल्याची खात्री होऊ शकते. त्यामुळे वेल्डिंग मध्ये कोणताही दोष राहणार नाही.

वेल्डिंगसाठी वर्कपीस योग्य प्रकारे तयार करणे, उच्च दर्जाचे जोइंट तयार करणे, उत्पादकतेची पातळी सातत्याने राखणे आणि खर्च कमी करणे यासाठी महत्वाचा घटक आहे. सुरुवातीलाच मटेरीअल स्वच्छ, सरळ आणि शक्य तितके एकसंध बनवल्यामुळे

दर्जेदार वेल्डिंग तयार करणे सोपे होईल. वेल्डिंगसाठी पृष्ठभाग तयार करण्यासाठी अनेक साधने आणि तंत्रे वापरली जातात, जसे की सॅण्ड पेपर, सॉल्व्हेंट आणि कपडा, अँगल ग्राइंडर, चॉप सॉ, बँड सॉ, ऑक्सी-फ्युएल कटिंग, प्लाझ्मा कटर इत्यादींचा वापर करतात.

### वेल्डिंगसाठी आवश्यक घटक

वेल्डिंग चांगल्या प्रकारे होण्यासाठी काही आवश्यक घटक खालीलप्रमाणे आहेत.

- योग्य वर्कपीस
- वेल्डिंगसाठी योग्य बेस प्लेट
- योग्य आकाराचा इलेक्ट्रोड
- आर्कची योग्य लांबी आणि आवश्यक व्होल्टेज
- योग्य विद्युत प्रवाह
- आर्कच्या ट्रॅव्हल्सची गती
- वेल्ड करताना इलेक्ट्रॉनचा अँगल
- योग्य ती सुरक्षा उपकरणे आणि साधने.
- वेल्डर चे कौशल्य
- गॅस बिल्विंग च्या बाबतीत गॅसचे योग्य मिश्रण

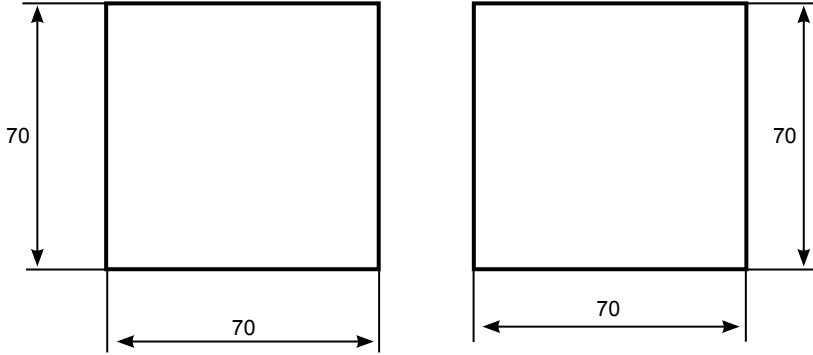
आता आपण वेल्डिंग चे काही मॉडेल्स तयार करणे खालील उदाहरणाच्या मदतीने पाहू. योग्य आकार आणि मोजमाप प्रशिक्षक ठरवू शकतील. पण कृपया खाली करा की काठिण्य स्तर वेल्डिंग करण्याची क्षमता निर्माण करण्या इतपत असावा. असा दृष्टीकोन डोळ्यासमोर ठेवून वेल्डिंग जॉईन चे नियोजन करता येईल आणि प्रयोगशाळेत तयार करता येतील. प्रशिक्षकांना सुचवण्यात येते की वेल्डिंग करताना अत्यंत काळजी घेण्यात यावी.

### प्रात्यक्षिक: बट जॉइंट

उद्देश: आर्क वेल्डिंग प्रक्रियेद्वारे बट जॉइंट तयार करणे. साहित्य: माईल्ड स्टील पलेट्स

आवश्यक साधने आणि उपकरणे: रफ अँड स्मूथ फाइल्स, प्रोट्रक्टर, आर्क वेल्डिंग मशीन, माईल्ड स्टील इलेक्ट्रोड आणि इलेक्ट्रोड होल्डर, ग्राऊंड क्लॅम्प, टोंग्स, फेस शील्ड, चिपिंग हॅमर.

ड्रॉइंग: दिलेल्या आकाराचे वर्कपीस

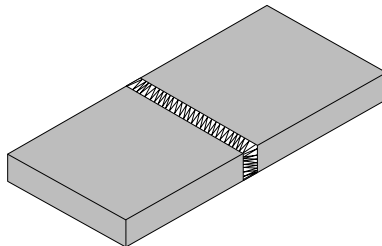


ओपरेशनचा क्रम :

- मार्किंग
- कटींग फाईलच्या साह्याने कडा तयार करणे (गंज, स्केल, इ. काढून टाकणे) by filling
- ट्राय स्केअरच्या मदतीने लेवल करणे
- टाके घेणे
- वेल्डिंग
- थंड करणे
- चिपिंग

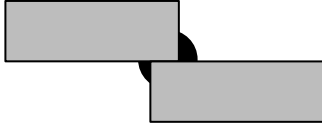
कृती : सोप्या शब्दात कृती लिहा.

परिणाम :

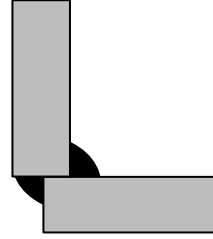


**निष्कर्ष :**

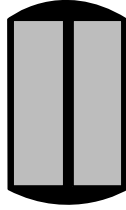
अधिक माहितीसाठी खाली आणखी काही प्रकारचे जॉइंट दाखविले आहेत.



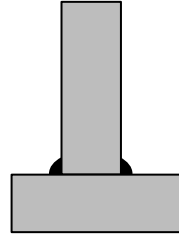
Lap Joint



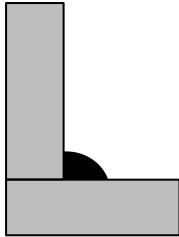
Corner Joint



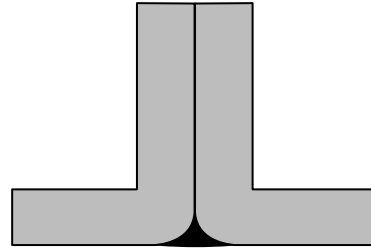
Edge Joint



T-Joint



L-joint



Flare V-Joint



Bevel Joint



U-Groove

**कास्टिंग**

कोणत्याही उत्पादन उद्योगात अनेक वर्षांपासून फाउंड्री विभागाचे एक महत्त्वपूर्ण स्थान आहे. फाउंड्री मध्ये कमी वेळेत आणि कमी गुंतवणुकीत किचकट आकाराचे भाग तयार केले जाऊ शकतात. कास्टिंग हे सहसा कास्ट आयर्न, पितळ, ॲल्युमिनियम इ. धातू

वितळवून लाकडी किंवा धातूच्या साच्यांमध्ये ओतून बनविले जातात. धातू ओतून त्यांना आकार देण्याच्या प्रक्रियेला इतर कोणत्याही उत्पादन पद्धतीपेक्षा खूप कमी वेळ लागतो आणि स्वस्तही आहे. अशा प्रकारे सर्वत्र कास्टिंग बनविले जातात.

उत्पादनाच्या आकारांची पॅटर्नच्या मदतीने पुनरावृत्ती केली जाते. कास्टिंग प्रक्रियेतील पॅटर्न हा मुख्य घटक आहे. पॅटर्न म्हणजे ज्याचे कास्टिंग करावयाचे आहे त्या वस्तूची प्रतिकृती. याचा उपयोग करून वाळूमध्ये पोकळी निर्माण केली जाते. एकदा पॅटर्न काढून टाकला की वितळलेला धातू भरण्यासाठी पोकळी निर्माण होते. पोकळीमध्ये वितळलेला धातू भरून घनीकरणासाठी थोडा वेळ ठेवल्याने कास्टिंग तयार होते म्हणजेच आवश्यक अंतिम उत्पादन तयार होते.

तयार होणाऱ्या अंतिम आकारापेक्षा पेक्षा पॅटर्न हा नेहमीच काहीसा मोठा बनवला केला जातो. या अधिकच्या मापाला पॅटर्न अलावन्स म्हणून संबोधले जाते. श्रिन्केज अलावन्स, मशीनिंग अलावन्स आणि ड्राफ्ट किंवा टेपर अलावन्स हे अलावन्सचे प्रकार आहेत. कास्टिंगच्या आकृतीच्या काळजी घेण्यासाठी श्रिन्केज अलावन्स दिला जातो. कास्टिंगच्या अंतिम उत्पादनाचा पृष्ठभाग तयार करण्यासाठी मशीनिंग ऑपरेशन्स आवश्यक असतात. मशीनिंग अलावन्स द्वारे त्याची काळजी घेतली जाते. टेपर अलावन्स हा एक पॉझिटिव्ह अलावन्स आहे आणि पॅटर्नच्या सर्व उभ्या पृष्ठभागांवर दिला जातो जेणेकरून पॅटर्न बाहेत काढणे सोपे होईल. पॅटर्न बनविण्यासाठी सर्वात जास्त वापरले जाणारे मटेरियल लाकूड आहे, कारण ते सहज उपलब्ध आहे आणि कमी वजनाचे आहे. तसेच, त्याला आकार देणे सहज शक्य आहे आणि तुलनेने ते स्वस्त आहे.

## सुरक्षा खबरदारी

- कास्टिंग कार्यशाळेत खालीलप्रमाणे काळजी घेतली जावी
- कार्यशाळा सूट, शूज घाला.
- योग्य साधने, उपकरणे आणि साधनांचा वापर करा.
- आवश्यक सर्व साधनांची गरजेनुसार मांडणी करा.
- पॅटर्न बनवताना वाळू थापाटताना हातांची काळजी घ्या.
- मोल्ड बॉक्स कास्ट आयर्न पासून बनलेले असतात आणि वजनदार असतात, त्यांना हाताळताना काळजी घ्यावी.
- कार्यशाळेतील काम पूर्ण झाल्यावर आपले हात स्वच्छ धुवावेत.
- रिकाम्या पोटी काम करू नये.
- प्रशिक्षकांनी दिलेल्या सुचनांचे नियमित पालन करा.
- फर्नेसमध्ये धातू वितळवताना काळजी घ्या.
- मोल्ड आणि वितळलेल्या धातुमधून येणारा धूर/वायू श्वासोच्छ्वासाद्वारे शरीरात घेऊ नका.
- पूर्णपणे थंड झाल्याशिवाय कास्टिंगला हात लाऊ नका.
- एकदा वितळलेला धातूने भरल्यानंतर साच्याला हलवू नका.

**ओपरेशनचा क्रम:**

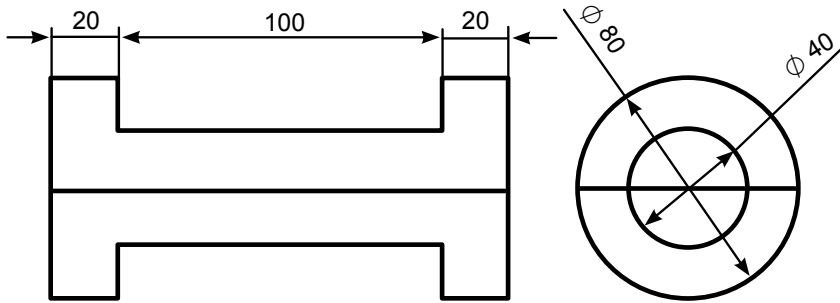
- आवश्यकतेनुसार पॅटर्नची निवड करणे
- साच्यासाठी वाळूची तयारी करणे
- ड्रॅग आणि कोप मध्ये पॅटर्न, रायझर, स्प्रू च्या बाजूने साच्यामध्ये वाळू भरणे
- पॅटर्न काढून टाकाणे
- कोप आणि ड्रॅगच्या मध्ये विलगीकरणासाठी वाळूचा एक पातळ थर द्या.
- स्प्रूमधून वितळलेला धातू ओतून तो रायझर मधून वर आल्याची खाली करणे.
- घनीकरण होऊ देणे
- साचा उघडणे
- फिनिशिंग ऑपरेशन

या विषयामध्ये 8 तासाची प्रयोगशाळा सत्ते आहेत ज्यात किमान दोन मॉडेल्स तयार केले जाऊ शकतात.

**प्रात्यक्षिक:** बेअरिंग साठीचा साचा तयार करणे

उद्देश: दिलेल्या पॅटर्नचा वापर करून बेअरिंग साठीचा वाळूचा साचा तयार करा

**ड्रॉइंग:**



**आवश्यक साहित्य:** मोल्डींगसाठीची वाळू, विलगीकरणासाठीची वाळू, पाणी.

आवश्यक साधने: कोप आणि ड्रॅग मोल्ड बॉक्स, शॉवेल, हँड रॅमर, राऊंड रॅमर, स्ट्राइक ऑफ - बार, व्हेट-वायर, ट्रोवेल, स्लिक, लिफ्टर, स्प्रू, रनर अँड रायझर, हँड रिडल इ.

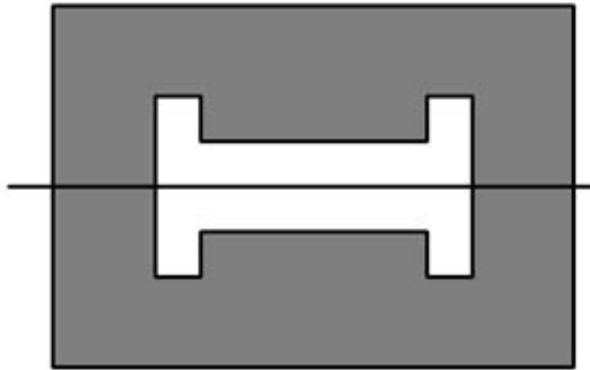


**प्रमुख ऑपरेशन्स:**

- साच्यासाठी वाळूची तयारी करणे
- पॅटर्नचा वापर करून साच्याची पोकळी निर्माण करणे
- पॅटर्नचा काढून घेणे
- गेट कापणे
- फिनिशिंग

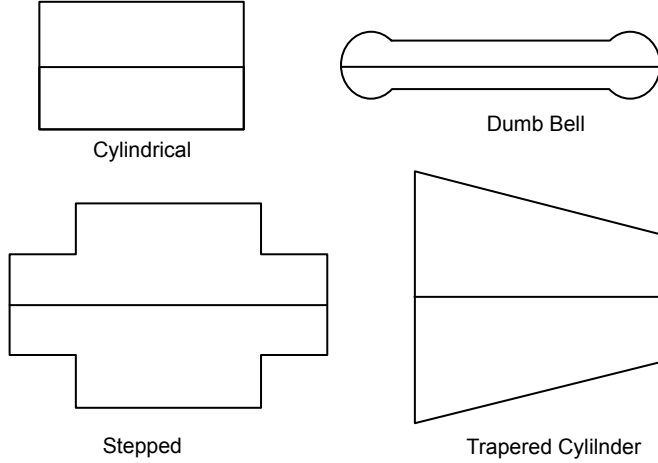
**कृती:**

- पॅटर्न ची निवड करा
- साच्यासाठी वाळूची तयारी करा आणि त्याची गुणवत्ता तपासून पहा.
- ड्रॅग बॉक्स उपडा ठेवा आणि त्याच्या पॅटर्न अर्धा राहील अश्या पद्धतीने ठेवा.
- वाळू भरून हँड रॅमरच्या मदतीने थापटा आणि अधिकाची वाळू स्ट्राइक ऑफ – बारच्या मदतीने काढून टाका.
- ड्रॅग बॉक्स सरळ ठेवा आणि पॅटर्नचा उर्वरित अर्धा भाग ठेऊन साचा तयार करा.
- पॅटर्न काढून टाका आणि याची खाली करा की साच्याच्या आकारात कोणताही बदल होणार नाही.
- ड्रॅग बॉक्सच्यावर विलगीकरणासाठीची वाळू हळुवारपणे पसरवा आणि कोप बॉक्स हळू हळू ठेवा
- ड्रॅग बॉक्सवर कोप बॉक्स ठेवा आणि स्प्रू पिन्स लावा.

**परिणाम:**

**निष्कर्ष:**

साचे बनविण्याच्या सरावासाठी खालील पॅटर्नचा वापर करता येईल.

**स्मिथी**

स्मिथी किंवा हॅन्ड फोर्जिंग हि एक प्राचीन व्यावसाईक कला आहे. येथे धातूचा दांडा लाल होईपर्यंत गरम केला जातो ज्यामुळे त्याला प्लास्टिसिटी प्राप्त होते. या क्षणी हाताने हातोडा मारून इच्छित आकार प्राप्त करता येतो. इच्छित आकार प्राप्त होईण्यासाठी पर्यंत दाबणे, वाकवणे, टॅपिंग इ. द्वारे हे साध्य केले जाऊ शकते. मोठ्या प्रमाणात फोर्जिंग मशीनचा वापर केला जातो.

हाताने फोर्जिंग करताना छोट्या जॉबना तापवण्यासाठी चुलीचा/भट्टीचा वापर केला जातो. यासाठी गॅस, तेल किंवा कोळशाचा वापर आग निर्माण करण्यासाठी केला जातो. आगीसाठी आवश्यक हवा ब्लोअरच्या मदतीने दबावाने पाईपद्वारे पुरविली जाते. ब्लोअर हाताने किंवा विजेच्या मदतीने चालवले जातात.

**सुरक्षा खबरदारी**

- कार्यशाळा सूट, शूज घाला.
- योग्य साधने, उपकरणे आणि साधनांचा वापर करा.
- हातोडीने काम करताना काळजीपूर्वक करा.
- जोराचे ठोके देताना ऐरणीच्या निमुळता भागाचा वापर करू नये.
- हातोडीचा दांडा पुरेश्या लांबीचा असला पाहिजे.

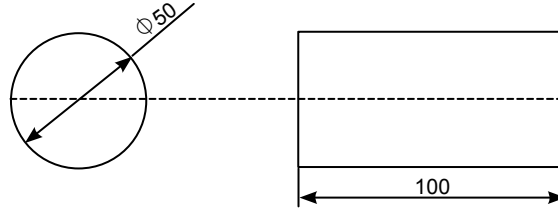
- फोर्जिंग शॉप मध्ये बोथट चीजल वापरू नये.
- थंड धातूसाठी कधीही फुलर्स आणि स्वेज वापरू नका.
- आग लहान पण भट्टीत खोल ठेवा.
- आगीवर काजळी किंवा राख जमू देऊ नका.
- नव्याने कोळसा घालताना आगीच्या वरच्या बाजूने न घालता कडेनी कोळसा घालावा.

या विषयामध्ये 8 तासाची प्रयोगशाळा सत्रे आहेत ज्यात किमान दोन मॉडेल्स तयार केले जाऊ शकतात. वर्कपीस वर दबाव देऊन किंवा वाकवून बनविण्याचे वेगवेगळ्या प्रकारची कामे करून घेता येतील.

**प्रात्यक्षिक :** दिलेल्या वर्तुळाकृती वर्कपीस ला चौरस आकारात रुपांतरीत करा.

उद्देश: दिलेल्या वर्तुळाकृती दांड्याला चौरस दांड्यात हॅन्ड फोर्जिंगने रुपांतरीत.

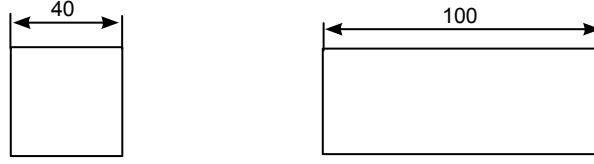
**ड्रॉइंग :**



**आवश्यक :** स्मिथची फोर्ज, अॅनव्हिल/ऐरण, बॉल-पीन हॅमर्स, फ्लॅटर्स, स्वेझ ब्लॉक, हाफ राउंड टोंग्स, पिक-अप टोंग्स, कोल्ड चिझल.

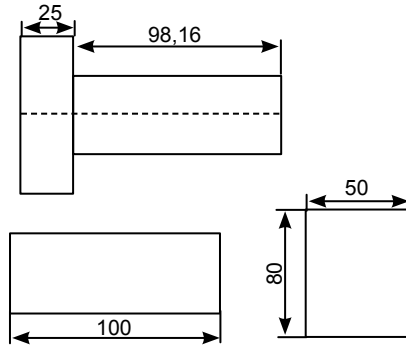
**ओपरेशनचा क्रम:**

- दिलेला वर्कपीस मोजून घ्या.
- दिलेला वर्कपीस राउंड टोंग्स च्या मदतीने पकडून चांगला लाल होईपर्यंत भट्टीमध्ये तापवा.
- तापलेला वर्कपीस ऐरणीवर ठेवा.
- वर्कपीस टोंग्सच्या मदतीने पकडून स्लेज हॅमर्सच्या मदतीने ठोकून ठोकून सर्व बाजूने चौरस आकार द्यावा.
- काम करताना मध्येच थंड झाल्यास वरील सर्व कृती पुन्हा कराव्यात.
- काम झाल्यावर पुन्हा वर्कपीस चे मोजमाप करावे.

**परिणाम :**

**निष्कर्ष :** आपल्याला हवा असणारा चौरस आकार मिळालेला आहे.

स्मिथीच्या कार्यशाळेत करता येणाऱ्या कामात दिलेल्या दांड्याची लांबी कमी करणे, चौरस दांड्याला गोलाकार दांड्यात रुपांतरीत करणे, दिलेल्या दांड्याचे डोके चौरसाकृती करणे यांचा समावेश होऊ शकतो.

**प्लास्टिक मोल्डिंग आणि काच कापणे**

प्लास्टिक मोल्डिंग प्रक्रिया इंजेक्शन मोल्डिंग मशीनमध्ये संकुचित करून अंतिम उत्पादनाला आवश्यक आकार देते. आवश्यकतेच्या आधारे प्लास्टिक द्रव किंवा ग्रॅन्युल्सच्या स्वरूपात वापरले जाऊ शकते. काचेच्या कटिंग ऑपरेशनमध्ये एकतर मॅन्युअल किंवा लेझर कटिंग तंत्र समाविष्ट आहे. काचेच्या कापण्याच्या प्रक्रियेत काचेच्या पृष्ठभागावर हिरा किंवा विशेष टंगस्टन कार्बाइड कटिंग व्हीलसह स्कोअर/चरा बनविणे आणि नंतर स्कोअर लाईनवर काच तोडण्यासाठी हलका घाव करणे समाविष्ट आहे. स्कोअर लाइन टेम्प्लेट नुसार सरळ किंवा काही विशिष्ट आकाराची असू शकते.

**सुरक्षा खबरदारी**

- कार्यशाळा सूट, शूज घाला.
- योग्य साधने, उपकरणे आणि साधनांचा वापर करा.
- हातात ग्लोव्हज घातल्याशिवाय प्लास्टिक/किंवा काच हाताळू नका

- ग्लास कटर वापरताना काळजी घ्या
- इंजेक्शन मोल्डिंग मशीनच्या हीटिंग कॉइल पासून दूर रहा.
- प्लास्टिकचे उत्सर्जन श्वासाद्वारे घेऊ नका.

या विषयामध्ये 6 तासांची प्रयोगशाळा सत्ते आहेत ज्यात किमान दोन प्रात्यक्षिके केली जाऊ शकतात. त्यापैकी एक प्लास्टिक मोल्डिंग वर आणि एक काच कापाण्यावर आधारित असू शकेल.

**प्रात्यक्षिक :** इंजेक्शन मोल्डिंग मशीन

**उद्देश :** इंजेक्शन मोल्डिंग मशीनचा वापर करून प्लास्टिकची वस्तू तयार करणे.

**आवश्यक साधने आणि साहित्य:** डाय सेट/साचा, प्लास्टिकचे स्फटिक

**कृती:**

- इंजेक्शन मोल्डिंग मशीन
- मशीनच्या हॉपरमध्ये कच्चा माल ओता आणि भरा.
- हीटरचे तापमान 320 ते 350 अंशाच्या आसपास समायोजित करा
- इंजेक्शन मोल्डिंग टूल योग्य स्थितीत ठेवा ज्यामुळे स्पृहोल आणि बॅरलहोलचा ॲक्सिस एका रेषेत येतील .
- मोल्डचे दोन्ही अर्धे भाग उघडा आणि पंप सुरु करा.
- लिव्हर च्या मदतीने दबाव नियंत्रित करा वितळलेले प्लास्टिक इंजेक्ट करण्यासाठी मनुअल प्रेशरचा वापर करा.
- थंड होऊ द्या
- साच्यातून तयार झालेले उत्पादन बाहेर काढा.

**परिणाम :**

**प्रात्यक्षिक :** काच कापणे

**उद्देश :** दिलेल्या मापाची काच मिळवण्यासाठी काच कापणे

**साधने/साहित्य :** ग्लास कटर, काच

**कृती:**

- एका फ्लॅट टेबलावर काच ठेवा आणि त्याखाली एक कपडा अंथरून ठेवा.
- कटिंग लाईन चिन्हांकित करा किंवा टेम्प्लेट चा वापर करा.
- चिन्हांकित रेषेवर इंचंट चा वापर करा.
- टेम्प्लेटनुसार किंवा चिन्हांकित रेषेनुसार डायमंड कटर हळू हळू फिरवा.
- रबर मॅलेटने काचेवर टीचकी मारा किंवा काच कापण्यासाठी फ्लायरचा वापर करा
- आवश्यक असणारे अंतिम उत्पादन तयार झाले आहे.

**परिणाम:**



(सौजन्य: <https://www.instructables.com>)



# परिशिष्ट

## परिशिष्ट-अ

### कचऱ्याची विल्हेवाट लावणे

कार्यशाळेत निर्माण होणारा कचरा सुरुवातीच्या पातळीवरच वर्गीकृत करणे आवश्यक आहे. कार्यशाळेत प्रात्यक्षिक पूर्ण झाल्यानंतर संबंधित विशिष्ट कचरापेटीमध्येच कचऱ्याची विल्हेवाट लावण्याबद्दल विद्यार्थ्यांना जागरूक केले पाहिजे.

प्रयोगाचे नाव	कचऱ्याचा प्रकार	कचरापेटीचा रंग
मशीन शॉप	धातूचा कचरा	 निळा
फिटिंग शॉप	धातूचा कचरा	 निळा
सुतारकाम	जैवविघटनशील कचरा (लाकूड)	 हिरवा
इलेक्ट्रिकल आणि इलेक्ट्रॉनिक्स	ई-कचरा	 काळा
वेल्डिंग शॉप	धातूचा कचरा	 निळा
	ई-कचरा	 काळा
कास्टिंग	धातूचा कचरा	 निळा
स्मिथी	धातूचा कचरा	 निळा

प्रयोगाचे नाव	कचऱ्याचा प्रकार	कचरापेटीचा रंग
प्लास्टिक मोल्डिंग	प्लास्टिक कचरा	 निळा
काच कापणे	काचेचा कचरा	 निळा

## परिशिष्ट-ब

प्रात्यक्षिकाच्या मूल्यांकनासाठी सूचक मार्गदर्शक निकष

प्रक्रिया/ उत्पादन संबंधित कौशल्यांचे मूल्यांकन पुढील तक्त्यानुसार प्रत्येक प्रयोगासाठी सोयीस्कर प्रमाण घेऊन ग्रेड/गुण दिले जाऊ शकतात. (प्रत्येक प्रयोगासाठी 15 गुण असू शकतात)

खालील तक्त्यानुसार प्रत्येक प्रात्यक्षिकाचे मूल्यांकन 15 गुणांच्या प्रमाणात केले जाऊ शकते, प्रत्येक निकषासाठी जास्तीत जास्त 3 गुण असावेत. क्षमता विकसित करण्यासाठी 1 गुण द्यावा, सक्षम असल्यास 2 गुण देण्यात यावे तर कुशल असेल तर 3 गुण देण्यात यावे.

निकष	क्षमता विकसित करणे	सक्षम	कुशल
उपकरणांची हाताळणी			
निरीक्षणे नोंदविणे (प्रात्यक्षिक करीत असताना)			
वेळेचे नियोजन (प्रात्यक्षिक करीत असताना)			
सांघिक योगदान/वैयक्तिक योगदान			
रेकॉर्ड सबमिशन आणि तोंडी परीक्षा			
एकूण			



## परिशिष्ट-क

### CO आणि PO अटेन्मेंट तक्ता

या कोर्सच्या समाप्तीनंतर कोर्ससाठीचे कोर्स आऊटकम्स (COs) यांचे प्रोग्रॅम आऊटकम्स सोबत मॅपिंग केले जाऊ शकते आणि त्या अनुषंगाने POs च्या अटेन्मेंटबाबतीत विश्लेषण केले जाऊ शकते. या संपूर्ण विश्लेषणामार्फत POs च्या अटेन्मेंटमधील तफावतीवर सुधारण्यासाठीच्या आवश्यक उपाययोजना केल्या जाऊ शकतील.

### CO आणि PO अटेन्मेंट तक्ता

कोर्स आऊटकम्स	प्रोग्रॅम आऊटकम्सचे अटेन्मेंट (1- किमान परस्परसंबंध; 2- मध्यम परस्परसंबंध; 3- घनिष्ट परस्परसंबंध)											
	PO-1	PO-2	PO-3	PO-4	PO-5	PO-6	PO-7	PO-8	PO-9	PO-10	PO-11	PO-12
CO-1												
CO-2												
CO-3												
CO-4												
CO-5												
CO-6												

या तक्त्यातील तपशीलानुसार तफावती सुधारता येतील



# सूची

## अ

अधेजीव्ह  
अन ट्रॅडीशनल (अपारंपरिक) मशिनिंग  
अनिलिंग  
अपसेटिंग  
अब्रेजीव्ह  
अर्थोगोनल कटिंग  
अलॉय कास्ट आयर्न  
अलॉय कास्ट आयर्न  
अलॉय स्टील  
अल्युमिनम  
अशुद्धी

## आ

आर्क वेल्डिंग  
आर्द्रता

## इ

इंटरफ़िअरन्स फीट  
इंडक्शन हार्डनिंग  
इलेक्ट्रीक आर्क वेल्डिंग  
इलेक्ट्रीक सुरक्षा साधने  
इलेक्ट्रॉन बीम वेल्डिंग (EBW)  
इलेक्ट्रोड होल्डर

## उ

उपयोग  
उष्णता देण्याची साधने

## ए

एँडिटिव्ह  
एक्स्ट्रुजन  
एक्स्प्लोसिव्ह वेल्डिंग

## ऐ

ऐरण

## ऑ

ऑक्सि-एँसिटिलीन वेल्डिंग  
ऑब्लिक कटींग

## ओ

ओली वाळू

## क

कटिंग एज  
कटिंग टूल  
कटिंग स्पीड  
कमपाउंड रेस्ट  
कर्बोरायझिंग वेल्डिंग फ्लेम

काउंटर बोअरिंग

काउंटर सिंकींग

कायम स्वरूपी साचा

कार्पेटरी व्हाईस / सुतारकामाचा व्हाईस

कार्बन टूल स्टील

कार्बाईड

कास्टिंग

कास्टिंग डीफेक्ट

की वेज

कुऱ्हाड

कुलंट

कॅड

कॅड/कॅम

कॅप्टन आणि टरेट लेथ

कॅलिपर्स

केस हार्डनिंग

कॉम्पोझिट

कोअर

कोटिंग

कोनमापक

कोप

कोरडी वाळू

कोल्ड एक्स्ट्रुजन

कोल्ड ड्रॉईंग

क्रीप

क्रॉस कट साँ

क्लोज्ड मोल्डींग बॉक्सेस

क्वालिटी कंट्रोल

ग

गॅस मेटल आर्क वेल्डिंग (GMAW)

गॅस वेल्डिंग

गेजेस

गेटिंग सिस्टीम

गॉगल्स

ग्राइंडिंग

ग्रॅव्हिटी डाय कास्टिंग

च

चक

चिपींग हॅमर

चीजल

ज

जॅक प्लेन

जोडण्याच्या प्रक्रिया /जॉईनिंग प्रोसेसेस

ज्योत

ट

टीग /TIG वेल्डिंग

टॅपिंग

टेपर टर्निंग

टेल स्टॉक

ट्रान्सफॉर्मर

ट्राय स्केअर

ट्विस्ट ड्रील

## ड

डक्टीलिटी/तन्यता

डाय कास्टिंग

डायमंड

डिझाईन प्रिन्सिपल

डिस्ट्रिक्टिव्ह

डीफेक्ट्स

ड्रिलिंग

ड्रॅग

ड्रॉप हॅमर

## त

तोटे

## थ

थर्मो प्लास्टिक

थर्मो सेटिंग

थ्रेड कटींगद

दबाव

## न

नॉन ट्रॅडीशनल (अपारंपरिक) मशीनिंग

नॉन- डिस्ट्रिक्टिव्ह

## प

पंच

पावडर मेटलर्जी

पॅटर्न

पोअरिंग बेसिन

प्रथमोपचार

प्रेसर डाय कास्टिंग

प्लाय वूड

प्लास्टिक डिफॉर्मेशन/ कायम स्वरूपी बदल

प्लास्मा आर्क वेल्डिंग

प्लेनर

## फ

फर्मर चीजल

फाईल

फाउंड्री

फायदे

फिटींग

फिनीशिंग ऑपरेशन

फिलर मटेरीअल

फीड

फॉर्मींग

फोर्जिंग

फ्रिक्शन वेल्डिंग

फ्लक्स कोटेड इलेक्ट्रोड

## ब

बॅंड सॉ

बट वेल्डिंग

बाईंडर

बॅच उत्पादन

बेल धातू

बेवेल कोनमापक

बेवेल गेज

बोअरिंग

ब्रेझिंग

ब्लॉकिंग

ब्लास्ट फर्नेस

ब्लेंडिंग

भ

भाग

म

मशीन शॉप

मायक्रो मीटर

मास प्रॉडक्शन

मिलिंग

मॅच इन्बिलिटी

मॅलेट

मॅलेबिलिटी

मेजरिंग टूल/मोजमापाची साधने

मेटल इन्वर्ट गॅस वेल्डिंग (MIG)

मेटल कटिंग/धातू कापणे

य

यील्ड स्ट्रेन्थ

र

रायझर

रिफ्रिस्टलायझेशन

रिप सॉ

रॅबेट प्लेन

रॅमर्स

रेझीस्टन्स वेल्डिंग

ल

लीड स्कू

लेथ

व

वायर ड्राईंग

वाळूचा साचा

वितळणे

वितळलेला धातू

वॅक्स/मेणाचा पॅटर्न

वेल्डिंग

वेल्डिंग इलेक्ट्रोड

वेल्डिंग डीफेक्ट

व्हर्निअर कॅलिपर

व्हॅक्युम डाय कास्टिंग

व्हेट

श

शेपर

शेल मोल्ड/साचा

शॉवेल

श्रीकेज अलावन्स

स

सर्क्युलर सॉ

साचे

सिमेटेड कार्बाईड

सिरॅमिक टूल

CNC

सुतारकाम

सुरक्षा खबरदारी

सेंटर पंच

सेंट्रीफ्युगल कास्टिंग

सेमी सेंट्रीफ्युगल कास्टिंग

साँ

सोल्डरिंग

स्क्रायबर

स्ट्रायकिंग टूल

स्पेशल कास्टिंग

स्पॉट वेल्डिंग

ह

हँड फोर्जिंग

हँड फाईल्स

हर्थ फर्नेस

हाफ राउंड फाईल

हीट ट्रीटमेंट

हैक साँ

हॅमर/हातोडा

हॉट ड्रॉईंग

हॉरिझॉन्टल मिलिंग मशीन

होस पाईप

