

Theory & Objective

Thoroughly Revised & Improved Edition

Machine Design

यंत्र अभिकल्प

By
Team of
Engineers Academy

- State Engineering Services Examinations.
- Public Sector Examinations.
- JEn (UPSSSC, SSC, RRB & State Level)
- Other Technical JEn Competitive Exams.

 **EAPublications[®]**

ENGINEERS ACADEMY PUBLICATIONS

 www.eapublications.com

 + 91-80944 41777

CONTENTS

S.No.	Topic	Page No.
1.	Machine Design	1 – 5
2.	Riveted Joint	6 – 14
3.	Gear Drive.	15 – 16
4.	Bearing	17 – 32
5.	Clutch	33 – 37
6.	Objective Sheet.....	38 – 66



मशीन डिजाइन (MACHINE DESIGN)

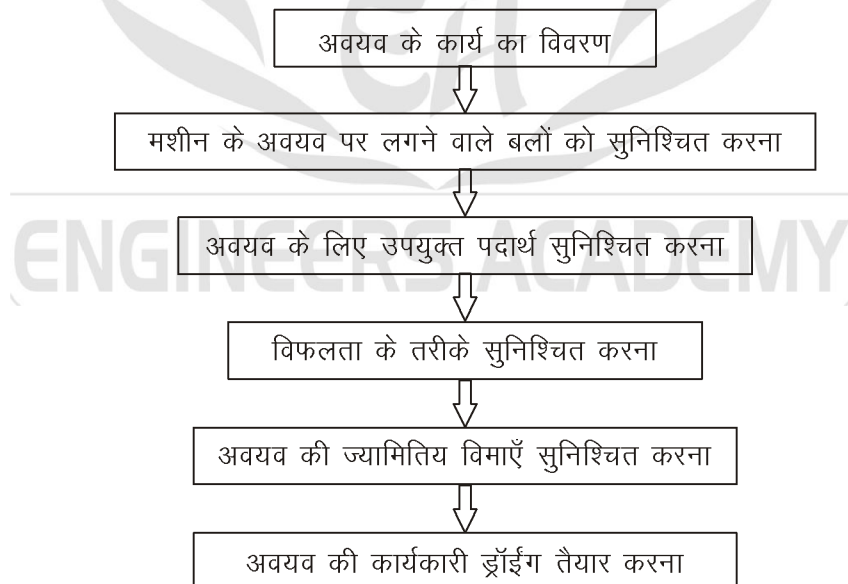
1.1 | परिचय (INTRODUCTION)

मशीन (machine) एक ऐसी यांत्रिक युक्ति जो किसी भी रूप में उपलब्ध ऊर्जा (mechanical, electrical, fluid, chemical, heat etc.) को आवश्यक कार्य में परिवर्तित कर दे मशीन कहलाता है। **उदाहरण**— अन्तर्दहन ईंजन, ट्रांसफार्मर, टरबाइन आदि।

मशीनों का अभिकल्पन (Design of Machine) : वैज्ञानिक सूत्रों, तकनीकी जानकारी तथा कल्पना का उपयोग करके किसी मशीन या मशीन के अवयवों की गति तथा उस पर लगने वाले बलों के अनुरूप, मशीन के अवयवों की विमाएँ सुनिश्चित करना मशीनों का अभिकल्पन कहलाता है।

मशीन के अवयवों का अभिकल्पन उनकी अधिकतम दक्षता के लिए किया जाता है।

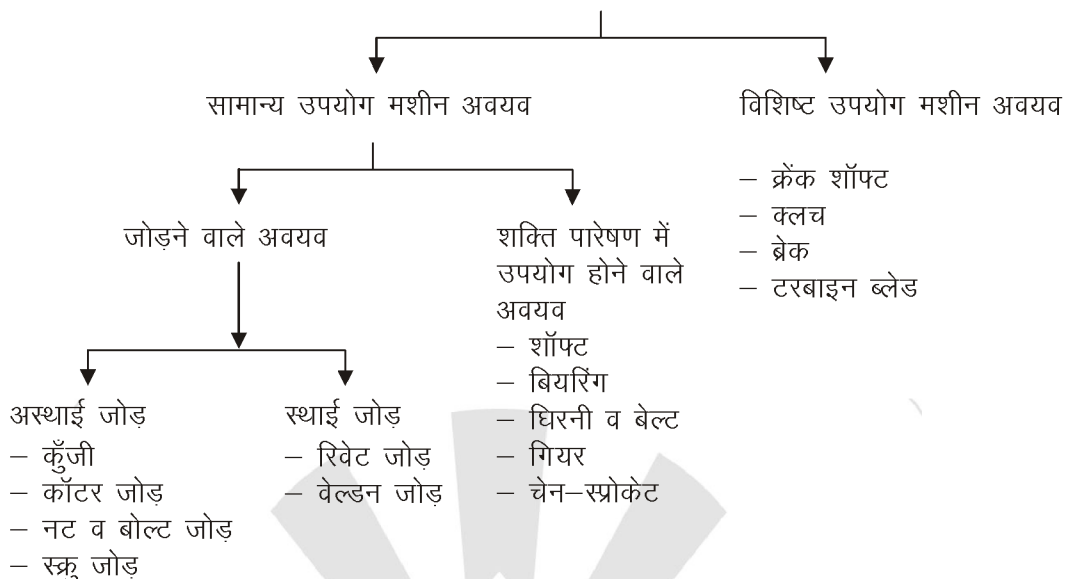
मशीन या मशीन के अवयवों के अभिकल्पन की पद्धति



मशीन की रचना स्थिर तथा गतिमान अवयवों को इस तरह जोड़ कर किया जाता है कि वो जरूरत के अनुसार यांत्रिक ऊर्जा उत्पन्न या परिवर्तित कर सके।

मशीन यंत्र विन्यास तथा मशीनों के अवयवों को मिलाकर बनाया जाता है।

मशीनों के अवयवों का अभिकल्पन



1.2 | यांत्रिक चालन

यांत्रिक चालन दो प्रकार के होते हैं—

- (i) **लचीला यांत्रिक चालन**— ऐसा यांत्रिक चालन जिसमें अवयव शक्ति पारेषित करते समय अपना आकार परिवर्तित करता है। इनको नॉन पॉजिटिव चालन भी कहते हैं।

उदाहरण— पट्टा चालन, चेन चालन, रस्सा चालन, क्लच।

- (ii) **दृढ़ चालन**— ऐसा यांत्रिक चालन जिसमें अवयव शक्ति पारेषण करते समय अपना आकार परिवर्तित ना करे। इसको पॉजिटिव ड्राइव भी कहते हैं।

उदाहरण— गियर चालन, जॉ क्लच, कपलिंग।

1.3 | स्थिर भार के विरुद्ध अभिकल्पन (DESIGN AGAINST STATIC LOADING)

स्थिर भार (Static Load) : किसी मशीनी अवयव पर लगने वाला वह बल जो निरंतर लगाया जाता है तथा जिसका परिमाण व दिशा समय के साथ परिवर्तित ना हो स्थिर भार कहलाता है।

स्थिर भार में मशीनी अवयव की विफलता के प्रकार

- (i) **प्रत्यास्थ विरूपण में विफलता (Failure by Elastic Deformation)** : यदि किसी मशीनी अवयव का कार्य करते समय अधिकतम सीमा से अधिक प्रत्यास्थ विरूपण हो जाए तो उसे प्रत्यास्थ विरूपण में विफलता कहते हैं।

- (ii) **सामान्य यिल्डिंग में विफलता (Failure by General Yielding)** : यदि कोई मशीनी अवयव अत्यधिक प्लास्टिक विरूपित हो जाए तब वह मशीन में उपयोग के लायक नहीं रहता इसे यिल्डिंग विफलता कहते हैं।

प्रत्यास्थता सीमा से अधिक प्रतिबली उत्पन्न होने से यिल्डिंग विफलता होती है।

यह विफलता तन्य (ductile) पदार्थों में होती है। इस प्रकार के विरूपण के लिए अधिकतम सुरक्षित प्रतिबल को यिल्ड सामर्थ्य (yield strength) कहा जाता है।

- (iii) **भंजन में विफलता (Failure by Fracture)** : यदि किसी मशीनी अवयव पर भंजन बल से अधिक बल आरोपित किया जाता है तब वह भंजित हो जाता है इसे भंजन में विफलता कहते हैं। यह भंगुर पदार्थों के लिए लिया जाता है। तथा इस प्रकार की विफलता के लिए अधिकतम सुरक्षित प्रतिबल को चरम सामर्थ्य प्रतिबल (ultimate tensile strength) कहा जाता है।

1.4 | सुरक्षा गुणांक (FACTOR OF SAFETY)

मशीनी अवयव को दुर्घटना में सुरक्षित रखने के लिए उसका कार्यकारी प्रतिबल अधिकतम प्रतिबल से कम रखना आवश्यक होता है।

अधिकतम सुरक्षित प्रतिबल तथा कार्यकारी प्रतिबल का अनुपात ही सुरक्षा गुणांक कहलाता है।

$$\text{सुरक्षा गुणांक } (f_s) = \frac{\text{विफलता प्रतिबल या अधिकतम सुरक्षित प्रतिबल}}{\text{कार्यकारी प्रतिबल}}$$

$$\text{सुरक्षा गुणांक } (f_s) = \frac{\text{विफलता बल}}{\text{कार्यकारी बल}}$$

तन्य पदार्थों का सुरक्षा गुणांक

$$f_s = \frac{S_{yt}}{\sigma}$$

$$\sigma = \frac{S_{yt}}{f_s}$$

S_{yt} = यिल्ड सामर्थ्य (yield strength)

σ = कार्यकारी प्रतिबल

भंगुर पदार्थों का सुरक्षा गुणांक

$$f_s = \frac{S_{ut}}{\sigma}$$

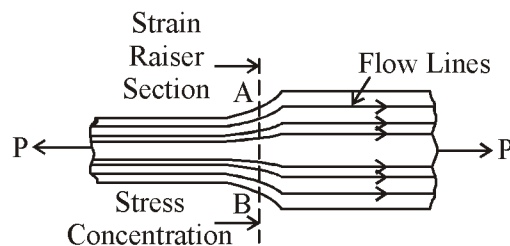
$$\sigma = \frac{S_{ut}}{f_s}$$

S_{ut} = अधिकतम चरम सामर्थ्य (ultimate tensile strength)

σ = कार्यकारी प्रतिबल

1.5 | प्रतिबल संकेन्द्रण (STRESS CONCENTRATION)

मशीनी अवयवों का डिजाइन करने में बहुधा विच्छिन्नता (discontinuities) की उपस्थिति जैसे-फिलेट (fillets), ग्रूव्स (grooves), keyway की आवश्यकता होती है जो प्रतिबल उत्थान (stress raisers) का कार्य करते हैं। चित्र में AB एक प्रतिबल उत्थान काट (stress raiser section) है तथा प्रतिबल संकेन्द्रण (stress concentration) इस काट पर दिखाई देगा।



चित्र

यदि K_t प्रतिबल संकेन्द्रण फेक्टर (Stress Concentration Factor) है तब स्थितिक भार (static load) की दशा में

$$K_t = \frac{\text{फिलेट, गूव में वास्तविक प्रतिबल का उच्चतम मान}}{\text{न्यूनतम काट के लिए सामान्य प्रतिबल}}$$

$$= \frac{f^{\max}}{f}$$

फटीग भार (Fatigue loading) में S.C.F.

$$K_f = \frac{\text{नॉच फ्री नमूना की धारिता समी (endurance limit)}}{\text{नॉच युक्त नमूना की धारिता सीमा}}$$

$$\text{नॉच सुग्राहिता (Sensitivity) फेक्टर} = \frac{K_{f-1}}{K_{t-1}}$$

नॉच सुग्राहिता फेक्टर काट के आकार नॉच की ज्यामिति, प्रतिबल के प्रकार, पदार्थ के गुण जैसे-कण का आकार (grain size) तथा कार्बन की उपस्थिति पर निर्भर करता है।

1.6 | फटीग (FATIGUE)

मशीनी अंगों पर कुछ परिस्थितियों में बदलते हुये प्रतिबल (varying stress) भी कार्य करते हैं। बार-बार प्रतिबलों का लगना अथवा इनकी प्रकृति में परिवर्तन होते रहना भी परिवर्तनशील प्रतिबल (varying stress) की दशाएँ हैं। मशीनी अवयवों जैसे शाफ्ट, गियर, इंजन क्रैंक तथा संयोजक दण्ड आदि पर परिवर्तनशील प्रतिबल कार्य करते हैं। इन परिवर्तनशील प्रतिबलों की दशा में मशीनी अंग, स्थैतिक भार (static load) में अन्तिम सामर्थ्य (ultimate strength) से कम प्रतिबल पर ही असफल (fail) हो जाते हैं अर्थात् बार-बार लगने के कारण पदार्थ की प्रतिरोधकता (resistance) में कमी हो जाती है। पदार्थ की प्रतिरोधकता में इस कमी को ही फटीग (fatigue) कहते हैं। पदार्थों पर परिवर्तनशील प्रतिबल लगाकर उनका परीक्षण करने को धीरता परीक्षण (endurance test) कहते हैं। भारों की आवृत्ति (frequency) में वृद्धि के साथ पदार्थ की प्रतिरोधकता में कमी होती है।

धीरता सीमा (endurance limit) वह अधिकतम पूर्णतः प्रतिवर्ती प्रतिबल (maximum completely reversed stress) है जिस पर यह माना जाता है कि बार-बार भार लगाने के बाद भी पदार्थ कभी असफल नहीं होगा। पदार्थ की धीरता सीमा (1) सतह फिनिश (surface finish), (2) आकार (size), (3) तापक्रम (temperature), (4) भार का प्रकार (type of load), (5) विश्वसनीयता फेक्टर (reliability factor) पर निर्भर करती है।

1.7 | मशीनी अवयवों के निर्माण पदार्थों के सामान्य यांत्रिक गुण

(GENERAL MECHANICAL PROPERTIES OF MATERIAL OF CONSTRUCTION)

1. **सामर्थ्य (Strength)**— पदार्थ का वह गुण जिसके कारण वह बिना असफल (failure), हुये, पदार्थ की विभिन्न प्रतिबलों के विरोध की क्षमता रखता हो, सामर्थ्य (strength) कहलाता है।

इस्पात (steel), एल्युमीनियम तथा तौबा (copper) आदि सम्पीडन (compression) तथा तनाव (tension) में समान सामर्थ्य रखते हैं जबकि उनकी कर्तन सामर्थ्य (shear strength) तनाव से कम होती है। यह तनाव की लगभग दो-तिहाई होती है। ढलवाँ लोहा (cast iron) की तनाव तथा कर्तन में सामर्थ्य सम्पीडन से काफी कम होती है। पदार्थों की सामर्थ्य उनके अन्तिम प्रतिबल (ultimate stress) द्वारा प्रदर्शित होती है।

2. **प्रत्यास्थता (Elasticity)**— पदार्थ का वह गुण, जिसके कारण प्रत्येक वस्तु अपने आकार में परिवर्तन (deformation) का विरोध करती है, प्रत्यास्थता (elasticity) कहलाती है। जैसे ही परिवर्तन करने वाले बलों को हटाया जाता है, वस्तु



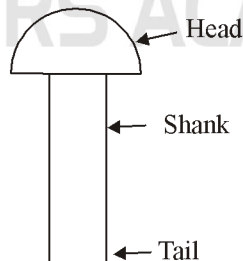
रिवेटिड जोड़ (RIVETED JOINT)

विभिन्न पदार्थों से बने तथा विभिन्न मोटाइयों (thicknesses) के अंगों को रिवेटों (rivets) के द्वारा जोड़ा जा सकता है। रिवेटिंग के दौरान जोड़े जाने वाले इन अंगों को उच्च तापमान पर गर्म करने की आवश्यकता नहीं होती इसलिये उनकी भीतरी संरचना तथा यांत्रिक गुण कायम रहते हैं। यद्यपि रिवेटिड जोड़ न तो जलरोधी तथा न ही वायुरोधी होते हैं तथा उनकी फटिंग सामर्थ्य (fatigue strength) कम होती है।

रिवेटों का वर्गीकरण उनकी काट क्षेत्रफल की आकृति (form of cross section) तथा रिवेट सिर के आकार (shape of head) के आधार पर किया जाता है। काट क्षेत्रफल की आकृति के आधार पर ये ठोस (solid), खोखला (hollow) तथा द्विशिखित (bifurcated) रिवेट होते हैं तथा रिवेट सिर के आकार के आधार पर कप (cup), शंकु (cone), काउंटर शंक (counter sunk), अर्ध काउंटर शंक (semi-counter sunk) पेन (pan) तथा चपटा (flat) सिर वाले रिवेट होते हैं। पिटवाँ लोहे (wrought iron) अथवा मृदु-इस्पात (mild steel) के बने रिवेट अधिकतर प्रयोग होते हैं, लेकिन जहाँ जंग प्रतिरोधी (resistance to corrosion) तथा हलके भार की आवश्यकता होती है, वहाँ ताँबे (copper) व एल्युमिनियम (aluminium) एलॉय के रिवेट प्रयोग में लाये जाते हैं।

2.1 | रिवेट के भाग (PARTS OF RIVET)

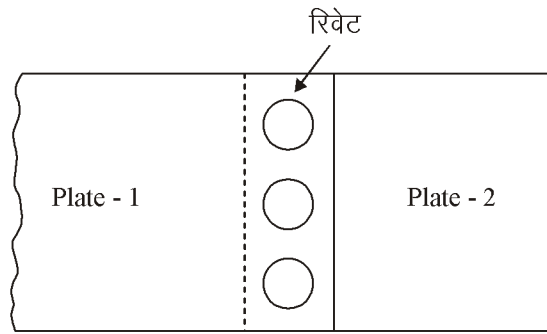
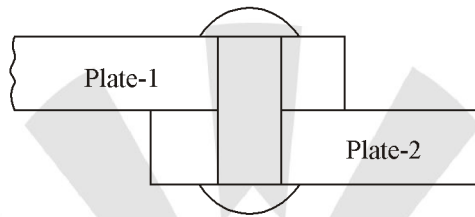
- (i) हेड (Head)
- (ii) शेक (Shank)
- (iii) टेल (Tail)



2.2 | रिवेटेड जोड़ के प्रकार (TYPES OF RIVET JOINT)

मुख्य रूप से दो प्रकार के रिवेट जोड़ होते हैं—

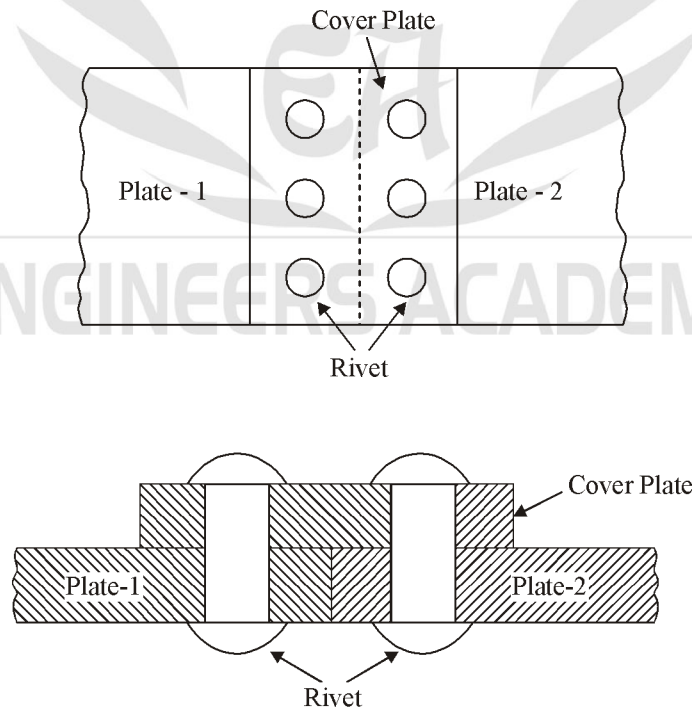
- (i) **लैप जोड़ (Lap Joint)** : जब दो प्लेटों को इस तरह रिवेट से जाड़ा जाए कि एक प्लेट दूसरी प्लेट के ऊपर रखी हो तब इस तरह जोड़ को लैप जोड़ कहा जाता है।



चित्र : लैप जोड़

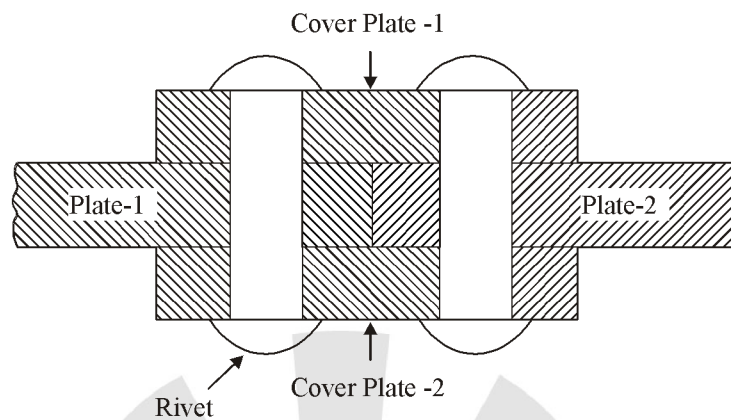
जब रिवेट जोड़ में रिवेट की पंक्तियों की संख्या दो हो तब उसे द्वि रिवेट जोड़ (double row lap joint) कहा जाता है तथा जब रिवेट जोड़ में पंक्तियों की संख्या तीन होती है तब उसे त्रि रिवेट जोड़ (triple row riveted lap joint) कहा जाता है।

- (ii) **बट जोड़ (Butt Joint) :** जब दो प्लेटों के सिरों को आपस में सटाकर उनके ऊपर कवर प्लेट रखकर जोड़ बनाया जाता है तब उसे बट जोड़ कहा जाता है।



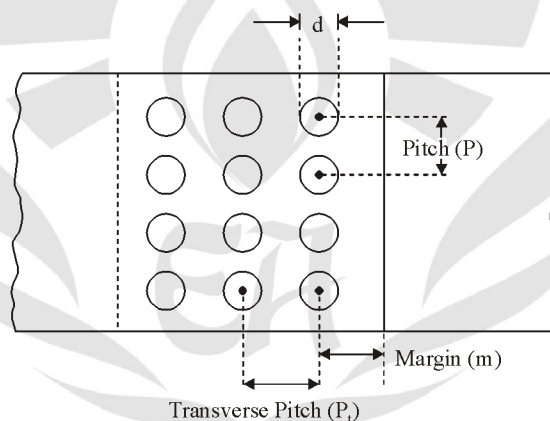
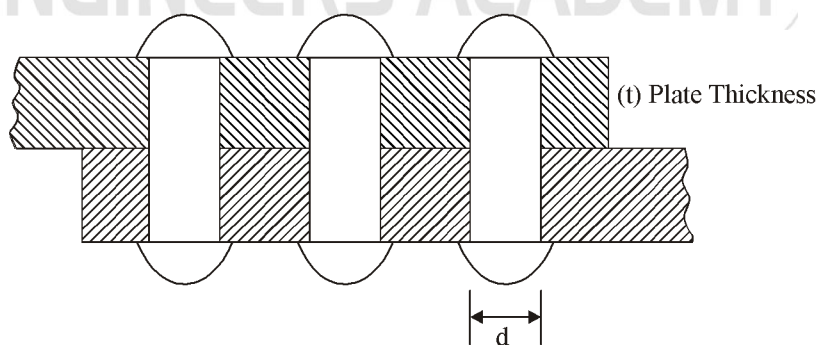
चित्र : एकल स्ट्रेप बट जोड़

जब बट जोड़ में दो कवर प्लेट लगाई जाती है तब उसे द्वि स्ट्रेप बट जोड़ (double strap butt joint) कहा जाता है।



चित्र : द्वि स्ट्रेप बट जोड़

2.3 | रिबेट जोड़ का अभिकल्पन (DESIGN OF RIVETED JOINT)



चित्र : रिबेट जोड़

2.3.1 रिबेट जोड़ से सम्बन्धित परिभाषाएँ (Term's Related to Rivet Joint)

- (i) **रिबेट का व्यास (Rivet Diameter) :** रिबेट के शैंक के व्यास को रिबेट का व्यास माना जाता है। मुख्य प्लेट की मोटाई t होने पर व्यास d का मान अनविन सूत्र (unwin formula) द्वारा दिया जाता है।

$$t \text{ का मान } 8 \text{ मिमी से अधिक होने पर अनविन सूत्र } \boxed{d = 6\sqrt{t}} \text{ मिमी}$$

d = रिबेट का व्यास

t का मान 8mm से कम होने पर d का मान रिबेट की crushing strength को कर्तन सामर्थ्य (Shearing Strength) के बराबर मानकर ज्ञात करते हैं।

- (ii) **रिबेट पिच (Rivet Pitch) 'P' :** दो पास-पास स्थित रिबेट के केन्द्रों के बीच की दूरी को पिच कहा जाता है। इसका मान सामान्यतः $P = 3d$ रखा जाता है।

- (iii) **ट्रांसवर्स पिच (Transverse Pitch) 'P_t' :** ट्रांसवर्स पिच को बेक पिच (Back pitch) भी कहा जाता है। यह रिबेट की पंक्तियों के बीच की लम्बवत् दूरी होती है।

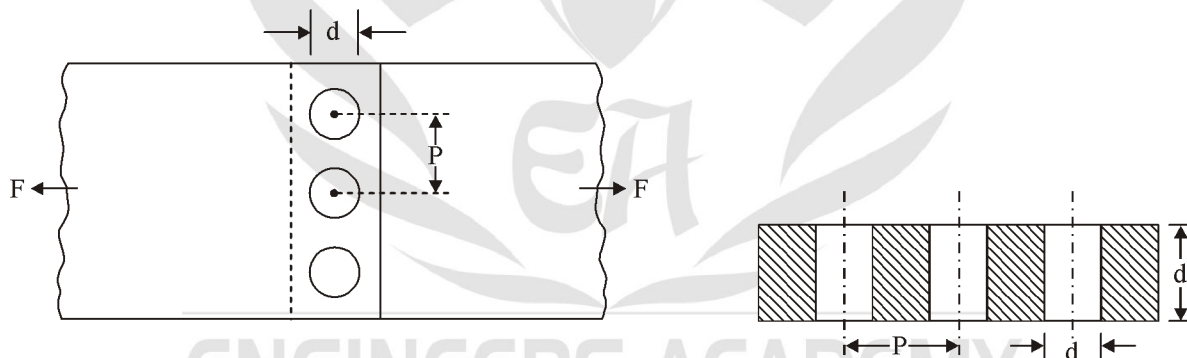
इसका मान सामान्यतः $2.5 d$ रखा जाता है।

- (iv) **मार्जिन (Margin) 'm' :** प्लेट के किनारे से सबसे पास स्थित रिबेट के केन्द्र की बीच की दूरी मार्जिन कहलाता है। यह सामान्यतः व्यास का 1.5 गुना रखा जाता है।

2.3.2 रिबेट जोड़ का सामर्थ्य (Strength of Rivet Joint)

रिबेट जोड़ फटने (tearing), कर्तन (shearing) तथा अवभंजन (crushing) में विफल हो सकता है।

- (i) **टियरिंग सामर्थ्य (Tearing Strength) :** रिबेट जोड़ फटने की अवस्था में अधिकतम सामर्थ्य Tearing strength कहलाता है।



प्लेटों पर लगने वाला तनन बल = F

रिबेट पिच = P

रिबेट व्यास = d

प्लेट की मोटाई = t

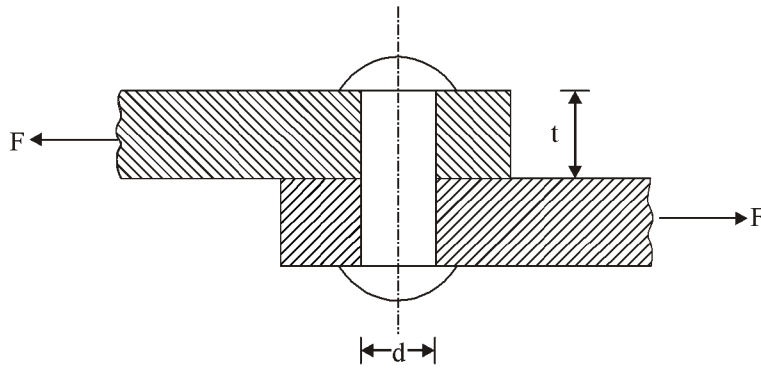
माना प्लेट के पदार्थ के लिए अधिकतम सुरक्षित तनन प्रतिबल σ_t है तब अधिकतम सुरक्षित बल

$$F = \sigma_t \cdot (p - d)$$

यदि जोड़ में रिबेट की संख्या n है

$$F = n \sigma_t \cdot (p - d)$$

- (ii) **कर्तन सामर्थ्य (Shear Strength) :** रिबेट का प्लेट पर लगने वाले बल के कारण कर्तन में विरूपित होने के लिए आवश्यक प्रतिबल कर्तन सामर्थ्य कहलाता है।



प्लेट पर लगने वाले बल = F

रिवेट का व्यास = d

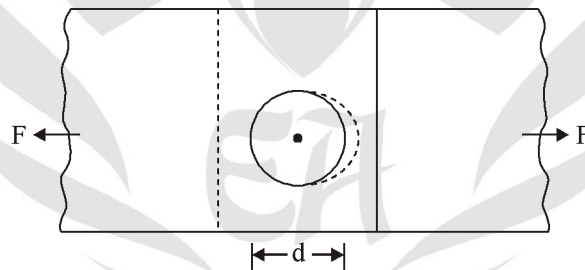
माना कर्तन में रिवेट का सामर्थ्य τ है, तब अधिकतम सुरक्षित बल

$$F = \tau \cdot \frac{\pi}{4} d^2$$

यदि n रिवेट है।

$$F = n \cdot \tau \cdot \frac{\pi}{4} d^2$$

(iii) अवभंजन सामर्थ्य (Crushing Strength) :



माना प्लेट तथा रिवेट का अधिकतम अवभंजन सामर्थ्य σ_c है तब अधिकतम सुरक्षित बल

$$F = \sigma_c \cdot d \times t$$

यदि n रिवेट है तब

$$F = n \sigma_c \cdot d \times t$$

2.3.3 रिवेट जोड़ की दक्षता (Efficiency of Riveted Joint)

रिवेट जोड़ की दक्षता (efficiency of riveted joint) रिवेट जोड़ की फटने (tearing) कर्तन (shearing) अथवा अवभंजन (crushing) में न्यूनतम सामर्थ्य (strength) तथा ठोस प्लेट की सामर्थ्य (strength) का अनुपात होती है।

अर्थात् रिवेट जोड़ की दक्षता

$$\eta = \frac{\text{रिवेट जोड़ की न्यूनतम सामर्थ्य}}{\text{ठोस प्लेट की सामर्थ्य (strength)}}$$

रिवेट ढाँचा जोड़ डिजाइन करने के लिये सारिणी (1) का प्रयोग किया जा सकता है।

सारिणी-1

ढाँचा रिबेटिड जोड़ के विभिन्न अनुपात

जोड़ का प्रकार (Type of Joint)	रिबेट व्यास d	पिच d	बैक पिच d	किनारा दूरी Margin m	दक्षता η
लैप जोड़ (Lap joint)					
एकल रिबेटिड	2t	3d	2d to 3d	1.5d	45% to 60%
डबल रिबेटिड	2t	4d	2d to 3d	1.5d	63% to 72%
बट जोड़ (Butt joint)					
एकल स्ट्रैप एकल रिबेटिड	2t	3d	2d to 3d	1.5d	55% to 60%
डबल रिबेटिड	2t	4d	2d to 3d	1.5d	70% to 83%
डबल स्ट्रैप एकल रिबेटिड	1.5t	3.5d	2d to 3d	1.5d	55% to 60%
डबल रिबेटिड	1.5t	6d	2d to 3d	1.5d	75% to 84%
त्रि रिबेटिड	1.5t	8d	2d to 3d	1.5d	80% to 88%

बॉयलर विनियम (Boiler regulation) के अनुसार सुरक्षा गुणांक (factor of safety) का मान 4 से कम नहीं होना चाहिये। बॉयलर तथा दाब पात्र (pressure vessels) के रिबेटिड जोड़ के लिये जोड़ काफी मजबूत होना चाहिये ताकि वह तरल के रिसाव के विरुद्ध bursting force को सहन कर सके। जोड़ बनाने के दौरान उच्च मानक की workmanship की आवश्यकता होती है। बॉयलर तथा दाब पिच के लिये मृदु इस्पात (mild steel) का प्रयोग होना चाहिये तथा उसका अधिकतम तनाव प्रतिबल (ultimate tensile stress) का मान $400-500 \text{ N/mm}^2$ तथा लम्बाई में वृद्धि (elongation) 20% से कम नहीं होनी चाहिये।

2.4 | वेल्डन जोड़ (WELDED JOINT)

वेल्डन (welding) एक ही धातु के अंगों को ऊष्मा या दाब अथवा दोनों के प्रयोग से पूरक पदार्थ (filler material) से या बिना पूरक पदार्थ के जोड़ने की तकनीकी (technique) है जिससे जोड़ने के बाद एक सतत समान पदार्थ (continuous homogeneous material) प्राप्त होता है। वेल्डन (welding) निर्माण कार्य (fabrication), रख-रखाव एवं मरम्मत (repairs and maintenance) तथा घिसी हुई सतहों (worn out surfaces) का पुनः निर्माण कार्य में बहुधा किया जाता है। इस तकनीकी (technique) में लगातार विकास होने से वेल्डन स्थिरक (welded fastening) रिबेटिड जोड़ की तुलना में अधिक पसन्द किये जाते हैं। वेल्डन जोड़ के अनेक लाभ हैं जो निम्न प्रकार हैं—

- (1) वेल्डन द्वारा लगभग 100% दक्षता वाला जोड़ प्राप्त किया जा सकता है।
- (2) समान सामर्थ्य का रिबेटिड जोड़ को वेल्डन जोड़ द्वारा बदला जा सकता है।
- (3) इस्पात कास्टिंग प्रक्रम का वेल्डित रचना (welded construction) एक विकल्प है।
- (4) वेल्डन द्वारा सभी प्रकार के रोलड इस्पात परिच्छेदों (rolled steel sections) को जोड़ा जा सकता है।
- (5) वेल्डन द्वारा द्रव तथा गैस रोधक (gas tight) जोड़ आसानी से बनाये जा सकते हैं।
- (6) संरचनाओं (structure) की जटिल आकृतियाँ वेल्डन द्वारा आसानी से प्राप्त की जा सकती हैं।

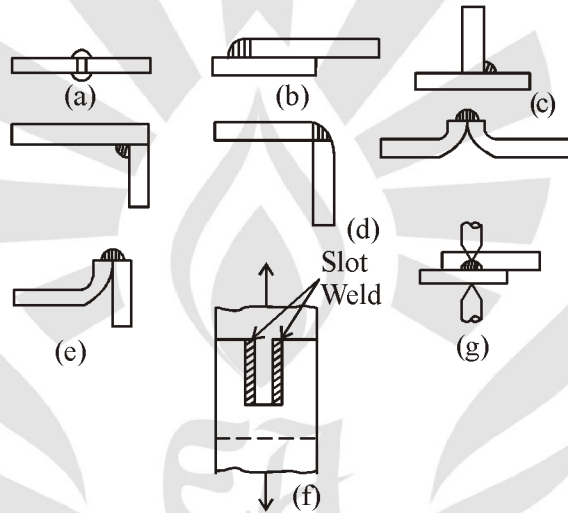
वेल्डन की सामान्य विधियाँ निम्न प्रकार हैं—

- (1) फोर्ज वेल्डन (forge welding)
- (2) गैस वेल्डन (gas welding)
- (3) विद्युत आर्क वेल्डन (electric arc welding)
- (4) विद्युत प्रतिरोध वेल्डन (electric resistance welding)
- (5) थर्मिट वेल्डन (thermit welding)

2.4.1 वेल्डन जोड़ों के प्रकार (Types of Welding Joint)

चित्र में प्रमुख वेल्डन जोड़ दिखाये गये हैं—

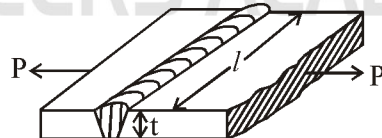
- (i) बट वेल्डन जोड़ (butt weld joint)
- (ii) फिलेट टी वेल्ड जोड़ (fillet T weld joint)
- (iii) लेप वेल्ड जोड़ (lap weld joint)
- (iv) कोना, सिरा, स्लाट व स्पॉट वेल्ड जोड़ (corner, edge, slot, spot weld joint)



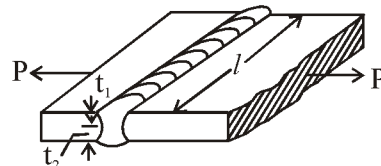
चित्र : मूल प्रकार के वेल्डन जोड़

2.4.2 बट जोड़ की सामर्थ्य तथा डिजाइन (Strength and Design of Butt Weld Joint)

चित्र में एक बट जोड़ (butt joint) दिखाये गये हैं। चित्र (a) के आधार पर एकल V वेल्ड के लिये तनाव सामर्थ्य



(a) Single V-Groove



(b) Double V-Groove

चित्र



गियर चालन (GEAR DRIVE)

दांतेदार गियर पहियों (toothed gear wheels) द्वारा किसी भी गति (speed) पर किसी भी परिमाण (magnitude) में किसी भी प्रकार के भार (load) को पारेषित किया जा सकता है। जहाँ शाफ्ट परस्पर निकट होते हैं, दांतेदार पहियों के द्वारा शक्ति पारेषित की जाती है। विभिन्न प्रकार के गियर होते हैं जैसे स्पूर (spur), हेलिकल (helical), दोहरा हेलिकल (double helical), बैवल (bevel), स्पाइरल बैवल (spiral bevel) फेस (face) स्पाइरल गियर्स आदि।

दांतेदार गियर के लिए पिच (pitch) को निम्न तीन प्रकार से प्रदर्शित किया जाता है—

- वृत्तीय पिच (circular pitch p)
- व्यासीय पिच (Diametral pitch p_d)
- मॉड्यूल (module m)

$$p = \frac{\pi D}{T}$$

$$p_d = T/D$$

$$m = D/T = 1/p_d$$

$$p \times p_d = \pi$$

जहाँ, D = पिच वृत्त व्यास

T = दाँतों की संख्या

सभी गियर साधारणतया ढलवाँ लोहा (cast iron), सरल कार्बन इस्पात (plain carbon steel), उच्च ग्रेड इस्पात (high grade steel), एलॉय इस्पात (alloy steel) के बनाये जाते हैं। कार्य के अनुसार ये फासफर ब्रांज तथा अधातु पदार्थ जैसे—टेक्सटोलाइट (textolite), वुडलेमिनेट, दाबित लकड़ी (pressed wood) के भी बनाये जाते हैं। ये शोर रहित (noise less) होते हैं।

परिधीय वेग (peripheral velocity) के आधार पर गियर निम्न वेग ($V < 3\text{m/sec}$), माध्य वेग ($V = 3 - 15\text{ m/sec}$) तथा उच्च वेग ($V > 15\text{ m/sec}$) होते हैं।

गियर निम्न दशा में असफल (fail) हो सकते हैं—

- भार की सामयिक क्रिया के कारण जड़ पर टूटने से
- गियर सतहों की टूट फूट से
- गियर सतहों पर गड़बे बनने से
- उच्च दाब के कारण जकड़न (seizure)

सामान्यतः व्यवहार में दाब कोण (pressure angle) के आधार पर निम्न चार प्रकार के गियर के सिस्टम प्रयोग में लाये जाते हैं।

- (1) $14\frac{1}{2}^{\circ}$ संयुक्त सिस्टम (Composite System) : यह सामान्य कार्यों के लिये गियरों के लिए प्रयोग होता है। यह मजबूत होते हैं परन्तु अन्तर्परिवर्तनीय (interchangeable) नहीं होते हैं।
- (2) $14\frac{1}{2}^{\circ}$ पूर्ण गहराई इनवोल्यूट सिस्टम (Full Depth Involute System) : यह सिस्टम स्पुर एवं हेलिकल गियरों के गियर होब (hobs) के प्रयोग के लिए विकसित हुआ।
- (3) 20° पूर्ण गहराई इनवोल्यूट सिस्टम (Full Depth Involute System) : अधिक शक्तिशाली गियरों के लिए।
- (4) 20° स्टब इनवोल्यूट सिस्टम (Stub Involute System) : अधिक भार सहन करने के लिए मजबूत दाँतों के लिए प्रयोग किया जाता है।

3.1 | सम्पर्क अनुपात (CONTACT RATIO)

यह सम्पर्क में दाँतों के जोड़ों की संख्या होती है। इसका मान निम्न प्रकार ज्ञात किया जा सकता है।

$$\text{सम्पर्क अनुपात} = \frac{\text{सम्पर्क के चाप की लम्बाई}}{\text{वृत्तीय पिच}}$$

$$\text{Contact Ratio} = \frac{(\text{length of arc of contact})}{p_c}$$

जहाँ
तथा

$$p_c = \text{circular pitch} = \pi m$$

$$m = \text{module}$$

3.2 | गियर सिस्टम के मानक अनुपात (STANDARD PROPORTIONS OF GEAR SYSTEM)

उपरोक्त वर्णित चार गियर सिस्टम के लिए मानक अनुपात मॉड्यूल (module) m के रूप में निम्न सारिणी में प्रदर्शित किये गये हैं—

क्रम संख्या	विवरण	$14\frac{1}{2}^{\circ}$ संयुक्त अथवा पूरी गहराई इनवोल्यूट सिस्टम	20° पूरी गहराई इनवोल्यूट सिस्टम	20° स्टब इनवोल्यूट सिस्टम
1.	अडैन्डम (Addendum)	1 m	1 m	0.8 m
2.	डिडेन्डम (dedendum)	1.25 m	1.25 m	1 m
3.	कार्यकारी गहराई (Working depth)	2m	2m	1.60 m
4.	न्यूनतम कुल गहराई	2.25 m	2.25 m	1.80 m
5.	दाँतों की मोटाई	1.5708 m	1.5708 m	1.5708 m
6.	न्यूनतम अवकाश (Clearance)	0.25 m	0.25 m	0.2 m
7.	जड़ फिलेट रैडियस (Fillet radius)	0.4 m	0.4 m	0.4 m
8.	मिनियम पर न्यूनतम दाँतों की संख्या	12, 32	18	14

□□□