Unit 2:

Riveted Connections

(10 Periods)

- Types of Rivet, Permissible stresses in rivets, types of riveted joints, specifications
- as per IS800, Failure of riveted joint, strength and efficiency of riveted joint,
- Design of Riveted Connection only axially loaded number (No staggered riveting)

INTRODUCTION

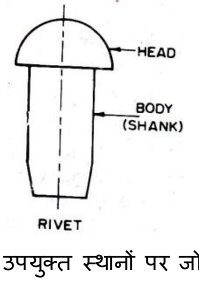
इंजीनियरिंग अभ्यास में अक्सर यह आवश्यक होता है कि दो शीट या प्लेट एक साथ जुड़ जाएं और लोड को इस तरह से ले जाएं कि जोड़ लोड हो जाए। कई बार ऐसे जोड़ों को लीक प्रूफ होने की जरूरत होती है ताकि अंदर मौजूद गैस बाहर न निकल सके। किनारों पर ओवरलैप करने वाली दो प्लेटों के बीच एक रिवेट जोड़ आसानी से कल्पना की जाती है, दोनों की मोटाई के माध्यम से छेद बनाते हैं, छेद के माध्यम से रिवेट के तने को पार करते हैं और दूसरी तरफ तने के अंत में सिर बनाते हैं। छेदों की कतार से कई रिवेट्स गुजर सकते हैं, जो प्लेट के किनारों पर समान रूप से वितरित होते हैं। दो प्लेटों के बीच ऐसा जोड़ बन जाने से उन्हें अलग नहीं किया जा सकता। यदि प्लेट को अलग करने के लिए प्रत्येक मुक्त किनारों पर बल लगाया जाता है, तो रिवेट होल की पंक्ति के साथ प्लेट में तन्यता तनाव और रिवेट्स में अपरूपण तनाव प्रतिरोधी बल पैदा करेगा। ऐसे जोड़ों का उपयोग संरचनाओं, बॉयलरों और जहाजों में किया गया है। कनेक्शन के लिए सामान्य एप्लिकेशन निम्नलिखित हैं।

1. Screws ,
2. Pins and bolts,
3. Cotters and Gibs,
4. Rivets,
5. Welds.

इन पेचों में पिन, बोल्ट, कॉटर्स और जिब्स का उपयोग अस्थायी बन्धन के रूप में किया जाता है, यानी जुड़े हुए घटकों को आसानी से अलग किया जा सकता है। रिवेट्स और वेल्ड्स का उपयोग स्थायी बन्धन के रूप में किया जाता है अर्थात, जुड़े हुए घटकों को अलग करने की आवश्यकता नहीं होती है।

RIVETS

कीलक एक गोल छड़ होती है जो दो धातु के टुकड़ों को स्थायी रूप से एक साथ रखती है। रिवेट 220 N/mm2 से 250 N/mm2 तक की यील्ड स्ट्रेंथ रेंज वाले माइल्ड स्टील बार से बनाए जाते हैं। एक रिवेट में एक सिर और एक शरीर होता है जैसा कि चित्र 5.1 में दिखाया गया है। रिवेट के शरीर को शैंक कहा जाता है। रिवेट रॉड को गर्म करके और रॉड के एक सिरे को रिवेट मशीन में चलाकर अपसेट करके रिवेट का हेड बनाया जाता है। विभिन्न उद्देश्यों के अनुरूप विभिन्न लंबाई में रिवेट्स निर्मित होते हैं। रिवेट का आकार टांग के व्यास द्वारा व्यक्त किया जाता है।



उपयुक्त स्थानों पर जोड़ने के लिए प्लेटों में छेद ड्रिल किए जाते हैं। रिवेटों को चलाने के लिए, उन्हें तब तक गर्म किया जाता है जब तक कि वे लाल गर्म न हो जाएं और फिर छेद में रख दिए जाते हैं। रिवेट्स को एक तरफ से दबा कर कई वार किए जाते हैं और दूसरे सिरे पर एक हेड बन जाता है। जब गर्म रिवेट

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

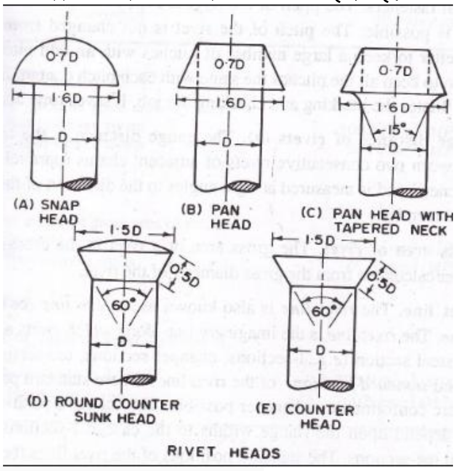
इस तरह से ठंडा हो जाता है तो यह सिकुड़ जाता है और प्लेटों को एक साथ दबा देता है। इन रिवेट्स को हॉट ड्रिवेन रिवेट्स के रूप में जाना जाता है। स्ट्रक्चरल स्टील कार्यों के लिए 16 मिमी, 18 मिमी, 20 मिमी और 22 मिमी व्यास के गर्म चालित रिवेट्स का उपयोग किया जाता है।
कुछ रिवेट वायुमंडलीय तापमान पर संचालित होते हैं। इन रिवेट्स को कोल्ड ड्रिवेन रिवेट्स के रूप में जाना जाता है। कोल्ड ड्रिवेन रिवेट्स को सिर बनाने और ड्राइविंग को पूरा करने के लिए बड़े दबाव की आवश्यकता होती है। 12 मिमी से 22 मिमी व्यास वाले छोटे आकार के रिवेट ठंडे चलने वाले रिवेट हो सकते हैं। कोल्ड ड्राइविंग में रिवेट की ताकत बढ़ जाती है। आवश्यक उपकरण और क्षेत्र में होने वाली असुविधा के कारण कोल्ड ड्रिवेन रिवेट्स का उपयोग सीमित है। प्लेट की मोटाई के अनुरूप रिवेट का व्यास निम्नलिखित सूत्रों से निर्धारित किया जा सकता है:

1. Unwins's formula $d=6.05\ t^{0.5}$
2. The French formula $d=1.5\ t + 4$
3. The German formula $d=(50\ t - 2)^{0.5}$

Where d= nominal diameter of rivet in mm and t= thickness of plate in mm.

RIVET HEADS

विभिन्न कार्यों के लिए नियोजित विभिन्न प्रकार के कीलक शीर्षों को चित्र 5.2 में दिखाया गया है। रिवेट हेड के विभिन्न आकारों के अनुपात को रिवेट के शैंक के व्यास 'डी' के संदर्भ में व्यक्त किया गया है। स्नैप हेड को राउंड हेड और बटन हेड भी कहा जाता है। स्नैप हेड्स का उपयोग संरचनात्मक सदस्यों को जोड़ने वाले रिवेट्स के लिए किया जाता है। कभी-कभी रिवेट हेड्स को समतल करना आवश्यक हो जाता है ताकि पर्याप्त निकासी प्रदान की जा सके। एक रिवेट हेड जिसमें एक कटे हुए शंकु का रूप होता है, उसे काउंटरसंक हेड कहा जाता है। जब एक चिकनी सपाट सतह की आवश्यकता होती है, तो रिवेट्स को काउंटरसंक और चिप करना आवश्यक होता है।



RIVET HOLES

रिवेट छेद प्लेटों या संरचनात्मक सदस्यों में पंचिंग या ड्रिलिंग द्वारा बनाए जाते हैं। जब छिद्रों को छिद्र करके बनाया जाता है, तो छिद्र पूर्ण नहीं होते हैं, लेकिन टेपर होते हैं। एक पंच छेद के आसपास की सामग्री को नुकसान पहुंचाता है। रीमिंग के रूप में जाना जाने वाला ऑपरेशन पंचिंग द्वारा बनाए गए छेद में किया जाता है। जब छेद ड्रिलिंग द्वारा किया जाता है, तो छेद सही होते हैं और रिवेट्स को चलाने के लिए अच्छा संरेखण प्रदान करते हैं। रिवेट छेद का व्यास रिवेट के नाममात्र व्यास से 1.5 मिमी रिवेट से 25 मिमी व्यास से कम या उसके बराबर और 25 मिमी से अधिक व्यास के लिए 2 मिमी से बड़ा किया जाता है।

DEFINITIONS OF TERMS USED IN RIVETING

Nominal diameter of rivet (d): The nominal diameter of a rivet means the diameter of the cold shank before driving.

Gross diameter of rivet (D): छेद का व्यास रिवेट शैंक के व्यास से थोड़ा अधिक होता है। जैसे ही रिवेट को गर्म किया जाता है और चलाया जाता है, रिवेट छेद को पूरी तरह से भर देता है। रिवेट के सकल या प्रभावी व्यास का अर्थ है छेद या बंद रिवेट का व्यास। रिवेट की मजबूती सकल व्यास पर आधारित होती है।

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

Pitch of rivet (p): रिवेट की पिच एक ही रिवेट लाइन पर स्थित संरचनात्मक सदस्य में बल की दिशा के समानांतर मापी गई दो क्रमागत रिवेटों के बीच की दूरी है। न्यूनतम पिच रिवेट के नाममात्र व्यास के 2.5 गुना से कम नहीं होनी चाहिए। अंगूठे के नियम के अनुसार रिवेट के नाममात्र व्यास के 3 गुना के बराबर पिच को अपनाया जाता है। अधिकतम पिच पतली बाहरी प्लेट की मोटाई के 32 गुना या 300 मिमी, जो भी कम हो, से अधिक नहीं होनी चाहिए।

Gauge distance of rivets (g):

गेज दूरी आसन्न जंजीरों (फास्टनरों की समानांतर आसन्न रेखाएं) के दो लगातार रिवेट्स के बीच की अनुप्रस्थ दूरी है और इसे संरचनात्मक सदस्य में बल की दिशा में समकोण पर मापा जाता है।

Gross area of rivet:

रिवेट का सकल क्षेत्र रिवेट का क्रॉस सेक्शनल क्षेत्र है, जिसकी गणना रिवेट के सकल व्यास से की जाती है।

Rivet line:

रिवेट लाइन को स्क्रीव लाइन या बैक लाइन या गेज लाइन के रूप में भी जाना जाता है। रिवेट लाइन वह काल्पनिक रेखा है जिसके साथ रिवेट्स को रखा जाता है। रोल्ड स्टील सेक्शन को रिवेट लाइनों की मानक स्थिति सौंपी गई है। विभिन्न अनुभागों के लिए रिवेट लाइनों की मानक स्थिति को संबंधित अनुभागों के लिए आईएसआई हैंडबुक नंबर 1 से नोट किया जा सकता है। जब भी संभव हो, रिवेट लाइनों की इन मानक स्थितियों की पुष्टि की जाती है। यदि आवश्यक हो तो रिवेट लाइनों की मानक स्थिति से प्रस्थान किया जा सकता है। रिवेट लाइनों के आयाम इस बात पर ध्यान दिए बिना दिखाए जाने चाहिए कि मानक स्थितियों का पालन किया गया है या नहीं।

Staggered pitch:

कंपित पिच को वैकल्पिक पिच या रील पिच के रूप में भी जाना जाता है। कंपित पिच को रिवेट के केंद्र से एक रिवेट लाइन के साथ मापी गई दूरी के रूप में परिभाषित किया जाता है, जो निकटवर्ती समानांतर रिवेट लाइन पर निकटवर्ती रिवेट के केंद्र तक होती है। एक कोण खंड के एक या दोनों पैरों में दोहरी कीलक रेखाएँ हो सकती हैं। कंपित पिच डबल रिवेट लाइनों के बीच होती है।

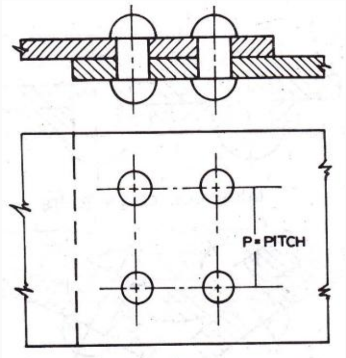
TYPES OF JOINTS

Riveted joints are mainly of two types, namely, Lap joints and Butt joints.

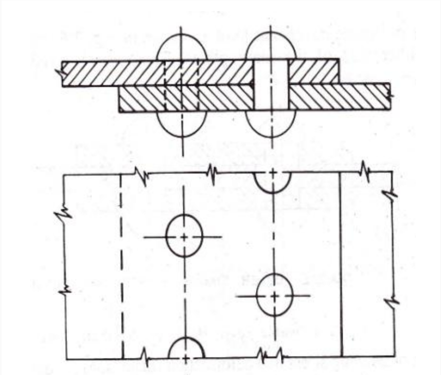
Lap Joint: जब प्लेटों के जुड़े हुए सिरे समांतर तलों में स्थित होते हैं तो दो प्लेटों को लैप ज्वाइंट द्वारा जुड़ा हुआ कहा जाता है। गोद जोड़ों को उपयोग किए गए रिवेट्स की संख्या और अपनाए गए रिवेट्स की व्यवस्था के अनुसार आगे वर्गीकृत किया जा सकता है। निम्नलिखित विभिन्न प्रकार के गोद जोड़ हैं।

1. Single riveted lap joint (Fig.5.3),
2. Double riveted lap joint:

a. Chain riveted lap joint (Fig.5.4) b. Zig-zag riveted lap joint (Fi.5.5)



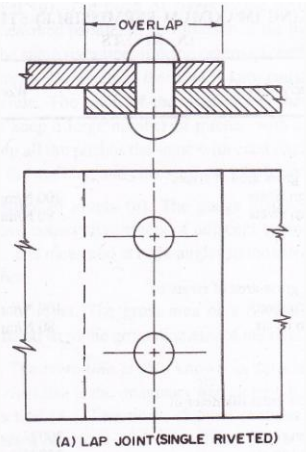
(A) CHAIN RIVETED LAP JOINT



(B) ZIG-ZAG RIVETED LAP JOINT

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

Unit 2:

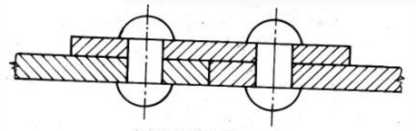


(A) LAP JOINT (SINGLE RIVETED)

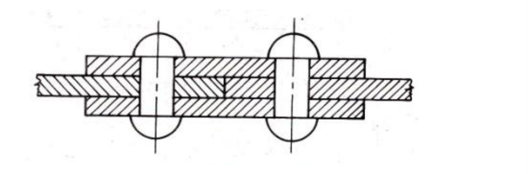
Butt Joint:

बट जोड़ में प्लेटों के जुड़े सिरे एक ही तल में स्थित होते हैं। प्लेटों के आस-पास के सिरे एक या दो कवर प्लेट या स्ट्रैप प्लेट से ढके होते हैं। बट जोड़ों को सिंगल कवर लेकिन जॉइंट, डबल कवर बट जॉइंट्स में भी वर्गीकृत किया जा सकता है। सिंगल कवर बट जॉइंट में, कवर प्लेट मुख्य प्लेट के एक तरफ प्रदान की जाती है (चित्र 5.6)। डबल कवर बट जोड़ के मामले में, मुख्य प्लेट के दोनों ओर कवर प्लेटें प्रदान की जाती हैं (चित्र 5.7)। उपयोग किए गए रिवेट्स की संख्या और अपनाए गए रिवेट्स की व्यवस्था के अनुसार बट जोड़ों को भी आगे वर्गीकृत किया गया है।

a. Double cover single riveted but joint
b. Double cover chain riveted butt joint
c. Double cover zig-zag riveted butt joint



(A) SINGLE COVER PLATE BUTT-JOINT



FAILURE OF A RIVETED JOINT

Failure of a riveted joint may take place in any of the following ways

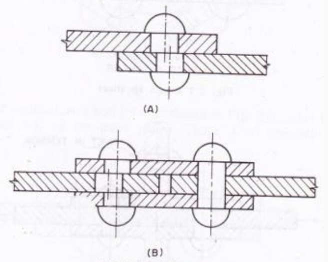
1. Shear failure of rivets
2. Bearing failure of rivets
3. Tearing failure of plates
4. Shear failure of plates
5. Bearing failure of plates
6. Splitting/cracking failure of plates at the edges

Shear failure of rivets :

प्लेटों को एक साथ रिवेट किया जाता है और तन्य भार के अधीन रिवेट्स के अपरूपण का परिणाम हो सकता है। रिवेट्स उनके अनुभागीय क्षेत्रों में कतरे जाते हैं। लैप जॉइंट में होने वाली सिंगल शीयर और बट जॉइंट में होने वाली डबल शीयर (चित्र 5.8)

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

Unit 2:



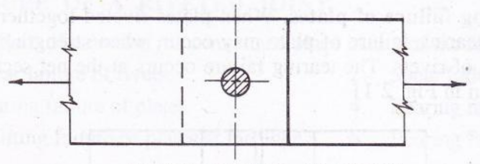
(A)

(B)

SHEAR FAILURE OF PLATES.

Bearing failure of rivets:

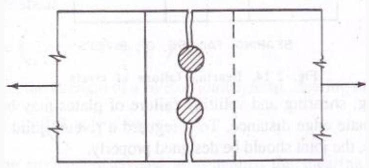
रिवेट का बियरिंग फेल होना तब होता है जब रिवेट को प्लेट से कुचल दिया जाता है



BEARING FAILURE OF RIVETS

Tearing failure of plates:

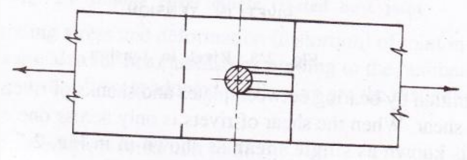
जब प्लेटें आपस में जुड़ी होती हैं और तनन भार ले रही होती हैं, तो प्लेट का फटना विफल हो सकता है। जब प्लेट की ताकत रिवेट्स की तुलना में कम होती है, तो प्लेट के शुद्ध अनुभागीय क्षेत्र में फाड़ने की विफलता होती है (चित्र 5.10)।



TEARING FAILURE OF PLATES

Shear failure of plates:

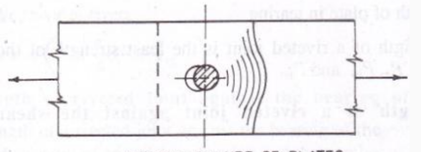
जैसा कि चित्र में दिखाया गया है, एक प्लेट दो रेखाओं के साथ अपरूपण में विफल हो सकती है। यह तब हो सकता है जब न्यूनतम उचित किनारे की दूरी प्रदान नहीं की जाती है.



SHEAR FAILURE OF PLATES.

Bearing failure of plates:

रिवेट किए गए जोड़ में किनारे की दूरी अपर्याप्त होने के कारण प्लेट का बियरिंग फेल हो सकता है। ऐसी विफलता में रिवेट के बियरिंग के विरुद्ध प्लेट का क्रशिंग होता है



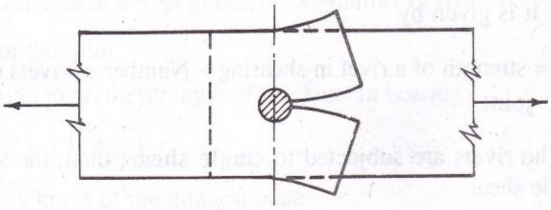
BEARING FAILURE OF PLATES

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

Splitting/cracking failure of plates at the edges:

रिवेट किए गए जोड़ में किनारे की दूरी अपर्याप्त होने के कारण यह विफलता होती है। प्लेट का विखंडन (दरार) जैसा कि चित्र 5.13 में दिखाया गया है, ऐसी विफलता में होता है।

पर्याप्त उचित किनारे की दूरी प्रदान करके प्लेटों की शियरिंग, बियरिंग और स्प्लिटिंग विफलता से बचा जा सकता है। रिवेट किए गए जोड़ को विफलता के अन्य तरीकों से सुरक्षित रखने के लिए, जोड़ को ठीक से डिज़ाइन किया जाना चाहिए।



SPLITTING FAILURE OF PLATES

STRENGTH OF RIVETED JOINT

The strength of a riveted joint is determined by computing the following strengths:

1. Strength of a riveted joint against shearing - P_s
2. Strength of a riveted joint against bearing - P_b
3. Strength of plate in tearing - P_t

The strength of a riveted joint is the least strength of the above three strength.

Strength of a riveted joint against shearing of the rivets:

The strength of a riveted joint against the shearing of rivets is equal to the product of strength of one rivet in shear and the number of rivets on each side of the joint. It is given by

P_s = strength of a rivet in shearing x number of rivets on each side of joint

When the rivets are subjected to single shear, then the strength of one rivet in single shear

रिवेट के अपरूपण के विरुद्ध रिवेट किए गए जोड़ की शक्ति, अपरूपण में एक रिवेट की शक्ति और जोड़ के प्रत्येक तरफ रिवेट की संख्या के गुणनफल के बराबर होती है। द्वारा दिया गया है

Ps = जोड़ के प्रत्येक तरफ रिवेट्स की संख्या x कर्तन में एक रिवेट की ताकत

जब रिवेट्स को सिंगल शीयर के अधीन किया जाता है, तो सिंगल शीयर में एक रिवेट की ताकत

$$= \frac{\pi}{4} D^2 p_s$$

Therefore, the strength of a riveted joint against shearing of rivets =

$$P_s = N \frac{\pi}{4} D^2 p_s$$

Where N=Number of rivets on each side of the joint; D=Gross diameter of the rivet; p_s=Maximum permissible shear stress in the rivet(1025 ksc).

When the rivets are subjected to double shear, then the strength of one rivet in double shear =

$$2 \frac{\pi}{4} D^2 p_s$$

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

Therefore, the strength of a riveted joint against double shearing of rivets,

$$P_s = N[2\frac{\pi}{4}D^2 p_s]$$

When the strength of riveted joint against the shearing of the rivets is determined per gauge width of the plate, then the number of rivets 'n' per gauge is taken in to consideration. Therefore,

For single shear of rivets, $P_{s1} = n[\frac{\pi}{4}D^2 p_s]$

For double shear of rivets $P_{s2} = n[2\frac{\pi}{4}D^2 p_s]$

Strength of riveted joint against the bearing of the rivets:

रिवेट्स के असर के विरुद्ध एक रिवेट किए गए जोड़ की ताकत असर में एक रिवेट की ताकत और संयुक्त के प्रत्येक तरफ रिवेट्स की संख्या के उत्पाद के बराबर होती है। यह द्वारा दिया गया है,

P_b=Strength of a rivet in bearing x Number of rivets on each side of the joint

लैप ज्वाइंट के मामले में, बेयरिंग में एक रिवेट की ताकत = D x t x P_b

जहाँ D = रिवेट का सकल व्यास;

t = सबसे पतली प्लेट की मोटाई;

P_b = रिवेट के लिए बियरिंग में अधिकतम अनुमेय तनाव (2360 ksc)।

बट जोड़ के मामले में, दोनों कवर प्लेटों की कुल मोटाई या मुख्य प्लेट की मोटाई, जो भी कम हो, को असर में रिवेट की ताकत का निर्धारण करने के लिए माना जाता है।

The strength of a riveted joint against the bearing of rivets P_b = N x D x t x p_b

जब प्लेट के प्रति गेज चौड़ाई वाले रिवेट्स के असर के खिलाफ रिवेट किए गए जोड़ की ताकत को ध्यान में रखा जाता है, तो प्रति गेज रिवेट्स की संख्या 'एन' को भी अपनाया जाता है। इसलिए,

P_{b1} = n x D x t x p_b

Strength of plate in tearing

The strength of plate in tearing depends upon the resisting section of the plate. The strength of plate in tearing is given by Pt = Resisting section x p_t

Where p_t is the maximum permissible stress in the tearing of plate (1500 ksc). When the strength of plate in tearing per pitch

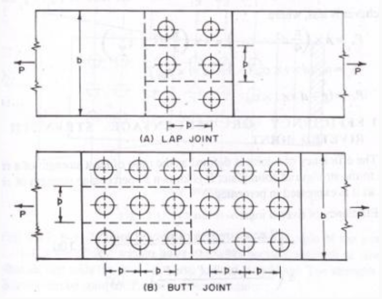
width of the plate is P_{t1} = (p-D) x t x p_t

The strength of a riveted joint is the least of P_s, P_b, P_t. The strength of riveted joint per gauge width of plate is the least of P_{s1}, P_{b1}, P_{t1}.

STRENGTH OF LAP AND BUTT JOINT

The strength of riveted lap and butt joint given in the Fig. 5.14 is summarized as follows:

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com



Strength of lap joint:

1. Strength of riveted joint against shearing $P_s = 6\frac{\pi}{4}D^2 p_s$
2. Strength of riveted joint against bearing $P_b = 6 \times D \times t \times p_b$
3. Strength of riveted joint against tearing $P_t = (b-3D) \times t \times p_t$
4. Strength of riveted joint against shearing per gauge width $P_{s1} = 2\frac{\pi}{4}D^2 p_s$
5. Strength of riveted joint against bearing per gauge width $P_{b1} = 2 \times D \times t \times p_b$
6. Strength of riveted joint against tearing per gauge width $P_{t1} = (p-D) \times t \times p_t$

Strength of butt joint:

1. Strength of riveted joint against shearing $P_s = 9 \times 2 \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \times p_s$
2. Strength of riveted joint against bearing $P_b = 9 \times D \times t \times p_b$
3. Strength of riveted joint against tearing $P_t = (b-3D) \times t \times p_t$
4. Strength of riveted joint against shearing per gauge width $P_{s1} = 3 \times 2 \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \times p_s$
5. Strength of riveted joint against bearing per gauge width $P_{b1} = 3 \times D \times t \times p_b$
6. Strength of riveted joint against tearing per gauge width $P_{t1} = (p-D) \times t \times p_t$

EFFICIENCY OR PERCENTAGE OF STRENGTH OF RIVETED JOINT

The efficiency of a joint is defined as the ratio of least strength of a riveted joint to the strength of solid plate. It is known as percentage strength of riveted joint as it is expressed in percentage.

Efficiency of riveted joint

$$\eta = \frac{\text{Least strength of riveted joint}}{\text{Strength of solid plate}} \times 100$$

$$\eta = \frac{\text{Least of } P_s, P_b \text{ or } P_t}{P} \times 100$$

Where P is the strength of solid plate = $b \times t \times p_t$

Efficiency per pitch width

$$= \frac{(p-D) \times t \times p_t}{p \times t \times p_t} \times 100$$

$$= \frac{(p-D)}{p} \times 100$$

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

Unit 2:

RIVET VALUE

The strength of a rivet in shearing and in bearing is computed and the lesser is called the rivet value (R).

$$\eta = \frac{(b-D) \times t \times p_t}{b \times t \times p_t} \times 100 = \frac{250-23.5}{250} \times 100 = 90.6\ \%$$

ASSUMPTIONS FOR THE DESIGN OF RIVETED JOINT

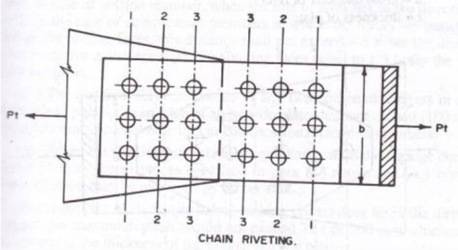
[1] लोड को सभी रिवेट्स के बीच समान रूप से वितरित माना जाता है
[2] थाली में प्रतिबल एकसमान माना जाता है
[3] रिवेट्स के सकल क्षेत्र में कतरनी तनाव को समान रूप से वितरित माना जाता है
[4] बियरिंग स्ट्रेस को प्लेट और रिवेट की संपर्क सतहों के बीच समान माना जाता है
[5] रिवेट में झुकने वाले तनाव की उपेक्षा की जाती है
[6] रिवेट होल को रिवेट द्वारा पूरी तरह से भरा हुआ माना जाता है
[7] प्लेटों के बीच घर्षण की उपेक्षा की जाती है

ARRANGEMENT OF RIVETS

Rivets in a riveted joint are arranged in two forms, namely,

1. Chain riveting,
2. Diamond riveting.

Chain Riveting: चेन रिवेटिंग में रिवेट्स को व्यवस्थित किया जाता है जैसा कि चित्र 6.1 में दिखाया गया है और चित्र 1-1, 2-2 और 3-3 में संयुक्त के दोनों ओर अनुभागों को दिखाया गया है। अन्य खंड की तुलना में खंड 1-1 महत्वपूर्ण खंड है। खंड 2-2 में 2-2 पर फाड़ने में प्लेट की ताकत के बराबर है और असर या कतरनी में तीन रिवेट्स की ताकत जो भी 1-1 से कम है। खंड 3-3 पर 3-3 में फाड़ने में प्लेट की ताकत के बराबर है और असर या कतरनी में रिवेट की ताकत जो भी कम हो (6 नग)।



Therefore,

Strength of plate in tearing at 1-1 = (b-3D).t.p_t

Where b= width of the plate; D=Gross diameter of the rivet and t=Thickness of the plate.

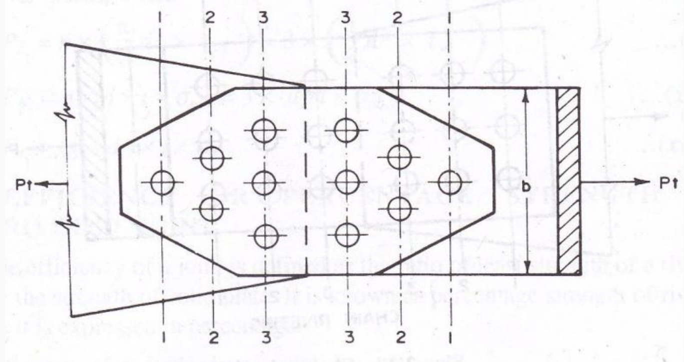
When safe load carried by the joint (P) is known, width of the plate can be found as follows;

$$b = \left(\frac{P}{t \times p_t} + 3D\right)$$

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

Diamond Riveting:

In diamond riveting, rivets are arranged as shown in Fig.6.2. All the rivets are arranged symmetrically about the centre line of the plate. Section 1-1 is the critical section. Strength of the plate in tearing in diamond riveting section 1-1 can be computed as follows



DIAMOND RIVETING.

$$P_t = (b - D).t.p_t$$

When the safe load carried by the joint (P) is known, width of the plate can be found as follows

$$b = (\frac{P}{t \times p_t} + D)$$

Where b=width of the plate, D=gross diameter of the rivet and t=thickness of the plate.

At section 2-2: All the rivets are stressed uniformly, hence strength of the plate at section 2-2 is

$$P_t = (b - 2D).t.p_t \ + strength\ of\ one\ rivet\ in\ shearing\ \&\ bearing\ whichever\ is\ less$$

At section 3-3,

$$P_t = (b - 3D).t.p_t \ + strength\ of\ three\ rivet\ in\ shearing\ \&\ bearing\ whichever\ is\ less$$

In diamond riveting there is saving of material and efficiency is more. Diamond riveting is used in bridge trusses generally.

SPECIFICATION FOR DESIGN OF RIVETED JOINT

Members meeting at Joint: The centroidal axes of the members meeting at a joint should intersect at one point, and if there is any eccentricity, adequate resistance should be provided in the connection.

Centre of Gravity: The centre of gravity of group of rivets should be on the line of action of load whenever practicable.

Pitch:

a. Minimum pitch: The distance between centres of adjacent rivets should not be less than 2.5 times the gross diameter of the rivet.

b. Maximum pitch: Maximum pitch should not exceed 12t or 200 mm whichever is less in compression member and 16t or 200 mm whichever is less in case of tension members, when the line of rivets lies along the line of action of force. If the line of rivets does not lie along the line of action of force, its

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

maximum pitch should not exceed 32t or 300 mm whichever is less, where t is the thickness of the outside plate.

6.4.4 **Edge Distance:** A minimum edge distance of approximately 1.5 times the gross diameter of the rivet measured from the centre of the rivet hole is provided in the rivet joint. Table 6.1 gives the minimum edge distance as per recommendations of BIS in IS : 800-1984.

TABLE 6.1 EDGE DISTANCE OF HOLES

Gross diameter of rivet (mm)	Edge distance of Hole	
	Distance to sheared or Hand flame cut edge (mm)	Distance to rolled machine flame cut or planed edge (mm)
13.5 and below	19	17
15.5	25	22
17.5	29	25
19.5	32	29
21.5	32	29
23.5	38	32
25.5	44	38
29.0	51	44
32.0	57	51
35.0	57	51

DESIGN PROCEDURE FOR RIVETED JOINT

For the design of a lap joint or butt joint, the thickness of plates to be joined is known and the joints are designed for the full strength of the plate. For the design of a structural steel work, force (pull or push) to be transmitted by the joint is known and riveted joints can be designed. Following are the usual steps for the design of the riveted joint:

Step 1:

The size of the rivet is determined by the Unwin's formula

$$d = 6.04\sqrt{t}$$

Where d= nominal diameter of rivet in mm and t= thickness of plate in mm.

The diameter of the rivet computed is rounded off to available size of rivets. Rivets are manufactured in nominal diameters of 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42 and 48 mm

Step 2:

The strength of rivets in shearing and bearing are computed. Working stresses in rivets and plates are adopted as per ISI. Rivet value R is found. For designing lap joint or butt joint tearing strength of plate is determined as follows

$$P_t=(p-D).t.p_t$$

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

Where p=pitch of rivets adopted, t=thickness of plate and p_t = working stress in direct tension for plate. Tearing strength of plate should not exceed the rivet value R (P_s or P_b whichever is less) or

$$(p-D).t.p_t \leq R$$

From this relation pitch of the rivets is determined.

Step 3:

In structural steel work, force to be transmitted by the riveted joint and the rivet value are known. Hence number of rivets required can be computed as follows

$$Number\ of\ rivets\ required\ in\ the\ joint = \frac{Force}{Rivet\ value}$$

The number of rivets thus obtained is provided on one side of the joint and an equal number of rivets is provided on the other side of joint also.

Step 4:

For the design of joint in a tie member consisting of a flat, width/thickness of the flat is known. The section is assumed to be reduced by rivet holes depending upon the arrangements of the rivets to be provided, strength of flat at the weakest section is equated to the pull transmitted by the joint. For example, assuming the section to be weakened by one rivet and also assuming that the thickness of the flat is known we have

$$(b-D).t.p_t = P$$

Where b= width of flat, t=thickness of flat, pt=working stress in tension in plate and P=pull to be transmitted by the joint. From this equation, width of the flat can be determined.

Example 6.1: A single riveted lap joint is used to connect plate 10 mm thick. If 20 mm diameter rivets are used at 55 mm pitch, determine the strength of joint and its efficiency. Working stress in shear in rivets=80 N/mm^2 (MPa). Working stress in bearing in rivets=250 N/mm^2 (MPa). Working stress in axial tension in plates=156 N/mm^2.

Solution

Assume that power driven field rivets are used. Nominal diameter of rivet (D) is 20 mm and gross diameter of rivet is 21.5 mm.

Strength of rivet in single shear = $(\pi/4) \times 21.5^2 \times 80/1000$

P_s = 29.044 kN

Strength of rivet in bearing = 21.5 x 10 x 250/1000

P_b = 53.750 kN

Strength of plate in tension per gauge length = $P_t=(p-D).t.p_t$

P_t = (55-21.5) x 10 x 156/1000

= 52.260 kN

Strength of joint is minimum of P_s, P_b or P_t

Therefore, the strength of joint is = 29.044 kN

Efficiency of joint

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

$$\eta = \frac{Strength\ of\ joint\ per\ pitch\ length}{Strength\ of\ solid\ plate} x\ 100$$

$$\eta = \frac{29.044 \times 10^3}{55 \times 10 \times 156} \times 100 = 33.85\ \%$$

Example 6.2: A double riveted double cover butt joint is used to connect plates 12 mm thick. Using Unwin's formula, determine the diameter of rivet, rivet value, pitch and efficiency of joint. Adopt the following stresses;

Working stress in shear in power driven rivets=100 N/mm^2 (MPa).
Working stress in bearing in power driven rivets=300 N/mm^2 (MPa).
For plates working stress in axial tension =156 N/mm^2.

Solution

Nominal diameter of rivet from Unwin's formula

$$d = 6.04\sqrt{t} = 6.04\sqrt{12} = 20.923\ mm$$

Adopt nominal diameter of rivet = 22 mm; Gross diameter of rivet = 23.5 mm

Strength of rivet in double shear = $2 \times \frac{\pi}{4} \times 23.5^2 \times \frac{100}{1000} = 86.75\ kN$

Strength of rivet in bearing = D x t x p_b = 23.5 x 12 x 300/1000 = 84.6 kN

The strength of a rivet in shearing and in bearing is computed and the lesser is called the rivet value (R). Hence the Rivet value is 84.6 kN.

Let p be the pitch of the rivets. P_t = (p-D) x t x p_t = ((p-23.5) x 12 x 156/100) =1.872 (p-23.5) kN

In double riveted joint,

Strength of 2 rivets in shear P_s = 2 x 86.75 = 173.5 kN

Strength of 2 rivets in bearing P_b = 2 x 84.6 = 169.2 kN

The pitch of the rivets can be computed by keeping P_t = P_s or P_b whichever is less

Therefore 1.872 (p-23.5) = 169.2

p-23.5 = (169.2/1.872) = 90.385

p= 90.385 + 23.5 = 113.885 mm

Adopt pitch, p= 100 mm

Efficiency of joint $\eta = \frac{(p-D)}{p} \times 100$

$$= \frac{(100 - 23.5)}{100} \times 100 = 76.5\ \%$$

Example 6.3: A double cover butt joint is used to connect plates 16 mm thick. Design the riveted joint and determine its efficiency.

Solution

Nominal diameter of rivet from Unwin's formula

$$d = 6.04\sqrt{t} = 6.04\sqrt{16} = 24.16\ mm$$

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

Unit 2:

The hot driven rivets of 16 mm, 18 mm, 20 mm and 22 mm diameter are used for the structural steel works. Unwin's formula gives higher values. Hence, adopt nominal diameter of rivet = 22 mm; Gross diameter of rivet = 22 +1.5 = 23.5 mm

In double cover butt joint, rivets are in double shear. As per IS : 800-84,

Shear stress for power driven rivets=100 N/mm^2 (MPa).

Bearing stress for power driven rivets=300 N/mm^2 (MPa).

Strength of plate in tension =156 N/mm^2.

Strength of rivet in double shear = $2 \times \frac{\pi}{4} \times 23.5^2 \times \frac{100}{1000} = 86.75\ kN$

Strength of rivet in bearing = D x t x p_b = 23.5 x 16 x 300/1000 = 112.8 kN

The strength of a rivet in shearing and in bearing is computed and the lesser is called the rivet value (R). Hence the Rivet value is 86.75 kN.

Let p be the pitch of the rivets. P_t = (p-D) x t x p_t = ((p-23.5) x 16 x 156/100) =2.496 (p-23.5) kN

The pitch of the rivets can be computed by keeping P_t = P_s or P_b whichever is less

Therefore 2.496 (p-23.5) = 86.75

(p-23.5) = (86.75/2.496) = 34.756

p= 34.756 + 23.5 = 58.256 mm

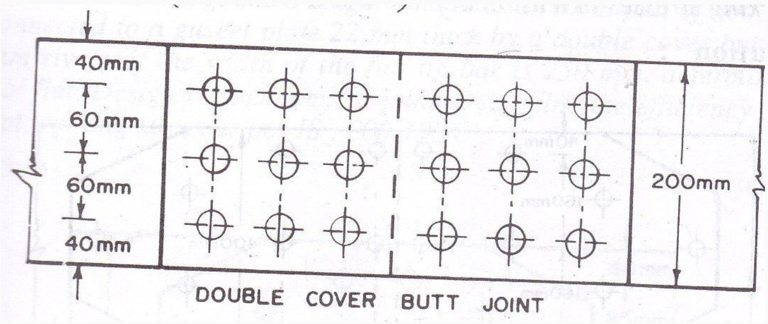
Adopt pitch, p= 55 mm

Adopt thickness of each cover plate t ≈ 5/8 x 16 ≈ 10 mm

Efficiency of joint $\eta = \frac{(p-D)}{p} \times 100$

$$= \frac{(55-23.5)}{55} \times 100 = 55.27\ \%$$

Example 6.4: Determine the strength of a double cover butt joint used to connect two flats 200 F 12. The thickness of each cover plate is 8 mm. Flats have been joined by 9 rivets in chain riveting at a gauge of 60 mm as shown in Fig. 6.3. What is the efficiency of the joint? Adopt working stresses in rivets and flats as per IS : 800-84.



Solution

Size of flat used = 200 F 12

Width of flat = 200 mm

Thickness of flat = 12 mm

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

Use power driven rivets

Nominal diameter of rivet from Unwin's formula

$$d = 6.04\sqrt{t} = 6.04\sqrt{12} = 20.923\ mm$$

Adopt nominal diameter of rivet = 22 mm; Gross diameter of rivet D = 23.5 mm

Strength of rivet in double shear = $2 \times \frac{\pi}{4} \times 23.5^2 \times \frac{100}{1000} = 86.75\ kN$

Strength of rivet in bearing = D x t x p_b = 23.5 x 12 x 300/1000 = 84.6 kN

Strength of joint in shear, P_s = 9 x 86.75 = 780.75 kN

Strength of joint in bearing P_b = 9 x 84.6 = 761.40 kN

Strength of plate in tearing P_t = (b-3D) x t x p_t

= ((200-3x23.5) x 12 x 156/1000)

= 242.42 kN

Strength of joint is minimum of P_s, P_b or P_t

Therefore, the strength of joint is = 242.42 kN

Efficiency of joint

$$\eta = \frac{Least\ of\ P_s, P_b\ or\ P_t}{Strength\ of\ solid\ plate} \times 100$$

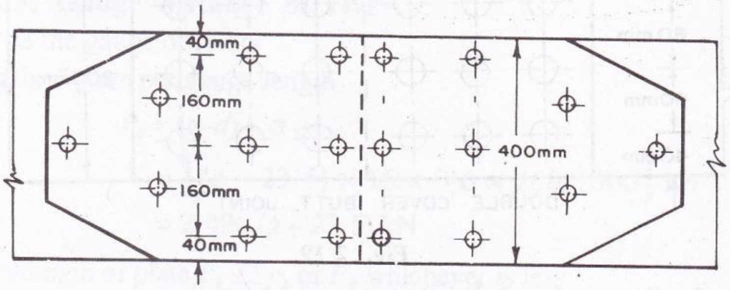
$$\eta = \frac{242.42 \times 10^3}{200 \times 12 \times 156} \times 100 = 64.75\ \%$$

Example 6.5: In a truss girder of a bridge, a diagonal consists of a 16 mm thick flat and carries a pull of 750 kN and is connected to a gusset plate by a double cover butt joint. The thickness of each cover plate is 8 mm. Determine the number of rivets necessary and the width of the flat required. What is the efficiency of the joint? Sketch the joint. Take

Working stress in shear in power driven rivets=100 N/mm^2 (MPa).

Working stress in bearing in power driven rivets=300 N/mm^2 (MPa).

For plates working stress in axial tension =156 N/mm^2.



DOUBLE COVER BUTT JOINT

Solution

Nominal diameter of rivet from Unwin's formula

$$d = 6.04\sqrt{t} = 6.04\sqrt{16} = 24.16\ mm$$

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

The hot driven rivets of 16 mm, 18 mm, 20 mm and 22 mm diameter are used for the structural steel works. Unwin's formula gives higher values. Hence, adopt nominal diameter of rivet = 22 mm; Gross diameter of rivet = 22 +1.5 = 23.5 mm

Strength of rivet in double shear = $2 \times \frac{\pi}{4} \times 23.5^2 \times \frac{100}{1000} = 86.75\, kN$

Strength of rivet in bearing = D x t x p_b = 23.5 x 16 x 300/1000 = 112.8 kN

The strength of a rivet in shearing and in bearing is computed and the lesser is called the rivet value (R). Hence the Rivet value is 86.75 kN.

Number of rivets required to transmit pull of 750 kN n= (750/86.75) = 8.67 ≈ 9 rivets.

Using diamond group of riveting, flat is weakened by one rivet hole. Strength of plate at section 1-1 in teaing

P_t = (b-d) x t x p_t = ((b-23.5) x 16 x 156/100) = 2.496 (b-23.5) kN

Since P = 750 kN, 2.496 (b-23.5) = 750

b=(750/2.496)+23.5 = 323.98 mm

Hence provide 400 mm width of diagonal member. The design of joint is shown in Fig. 6.4.

Efficiency of the joint

$$\eta = \frac{(b-D) \times t \times p_t}{b \times t \times p_t} \times 100 = \frac{400-23.5}{400} \times 100 = 94.125\ \%$$

Example 6.6: A bridge truss diagonal carries an axial pull of 500 kN. It is to be connected to a gusset plate 22 mm thick by a double cover butt joint with 22 mm rivets. If the width of the tie bar is 250 mm, determine the thickness of flat. Design the economical joint. Determine the efficiency of the joint. Adopt working stresses in rivets and flats as per IS : 800-84.

Solution

Nominal diameter of rivet = 22 mm; Gross diameter of rivet = 23.5 mm

Strength of power driven rivet in double shear = $2 \times \frac{\pi}{4} \times 23.5^2 \times \frac{100}{1000} = 86.75\, kN$

Strength of power driven rivet in bearing = D x t x p_b = 23.5 x 22 x 300/1000 = 155.1 kN

The strength of a rivet in shearing and in bearing is computed and the lesser is called the rivet value (R). Hence the Rivet value is 86.75 kN.

Number of rivets required to transmit pull of 500 kN n= (500/86.75) = 5.76 ≈ 6 rivets.

Provide six rivets in diamond group of riveting for efficient joint.

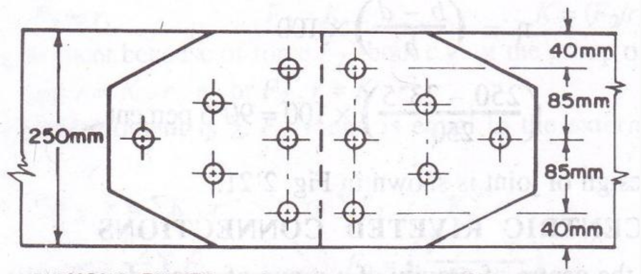
Let the thickness of flat be t mm

Strength of plate at weakest section P_t = (b-d) x t x p_t = ((250-23.5) x t x 156/100) = 500 kN

Therefore t = 14.151 mm; Adopt 16 mm thickness of flat. Keep 40 mm edge distance from centre of rivet and 85 mm distance between centre to centre of rivet lines as shown in the Fig. 6.5.

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

Unit 2:



DIAMOND RIVETED DOUBLE COVER BUTT JOINT

Efficiency of joint

$$\eta = \frac{(b-D)\times t\times p_t}{b\times t\times p_t}\times 100 = \frac{250-23.5}{250}\times 100 = 90.6\ \%$$

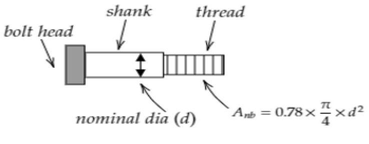
Bolted Connections

Bolts

A bolt is a metal pin with a head at one end and a shank threaded at another end to receive a nut.

बोल्ट

एक बोल्ट एक धातु का पिन होता है जिसके एक सिरे पर एक सिर होता है और दूसरे सिरे पर एक नट प्राप्त करने के लिए एक टांग पिरोया जाता है।

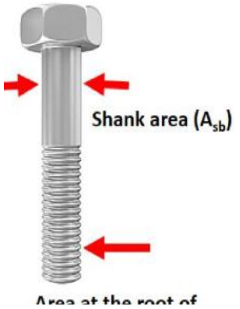


Sample Bolt

For vibration structure

For axial tension [More tensile strength]

Shank dia [nominal dia] ↑ - *shock absorb capacity* ↓



Type of bolt

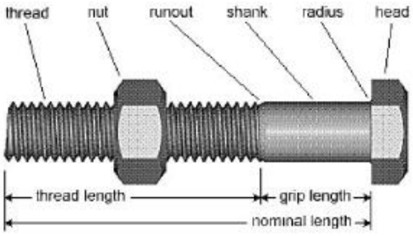
1. unfinished/ black bolt

- Made by mild steel
- Head – square/ hexagonal
- Shank – unfinished
- यह सबसे कम खर्चीला बोल्ट है, जिसका उपयोग static load के अधीन light structure के लिए और secondary members ex- purlins, bracings आदि के लिए किया जाता है।
- They are not recommended for connections subjected to impact load, vibration and fatigue .
- The bolts are available from 5 mm to 36 mm in diameter and are designated as M 5 to M 36

Bolt of property class 4.6 means :

i) Ultimate strength of bolt (f_{ub}) = 400 MPa

ii) Yield strength of bolt (f_{yb})= 0.6×400 = 240Mpa



2. Finished / Turned Bolts

- फिटिंग के लिए उपलब्ध tolerance काफी छोटा होता है (0.15mm से 0.5mm)
- Made by mild steel
- बोल्ट लगाने से पहले इस बोल्ट के align के लिए विशेष विधि की आवश्यकता पड़ती है ।
- यदि connection बहुत tight है फिर भी यह बोल्ट और छेद के बीच बहुत बेहतर bearing contact प्रदान करता है ।
- इन बोल्टों का उपयोग विशेष कार्यों के लिए किया जाता जैसे - गतिशील भार के अधीन मशीनी भागों को जोड़ने में ।

3. High strength friction slip (HSFG) Bolts

- Medium carbon steel का बना होता है ।

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

Unit 2:

- सामान्यतः class (8.8) और class 10.9 का उपयोग किया जाता है ।
- यह Black bolt की तुलना में कम ductile होता है ।
- बोल्ट के पदार्थ का yield point well defined नहीं होता है इसलिए इसमें proof load का प्रयोग किया जाता है ।
- I.S. 800-2007 के अनुसार proof load का मान 0.7 x बोल्ट का चरम तनन प्रतिबल लिया जाता है ।
- इसमें M16 , M20 , M24 , M30 का प्रयोग किया जाता है
- विफलता पर इन बोल्टों का प्रतिशत elongation लगभग 12 % होता है ।
- बोल्ट में उत्पन्न initial tension को proof load कहते हैं ।
- घर्षण गुणांक को slip factor कहते हैं ।
- HSFG बोल्ट का प्रयोग वहाँ किया जाता है जहाँ slip उत्पन्न न हो ।
- इसमें बल केवल घर्षण के द्वारा स्थानान्तरित होता है । बोल्ट कर्तन या धारण के अधीन नहीं होती है ।
- जब बोल्ट कार्यकारी भार के अधीन हो तब , bearing force कार्य नहीं करता है । Cost of erection के लिए hole की साइज बड़ी रखी जाती है और उपयुक्तता की कमी का भी ध्यान रखा जाता है ।
- चूंकि fatigue उत्पन्न करने वाले भार , प्रूफ भार के भीतर होंगे , बोल्ट को ढीला होने से रोका जाता है , और इसलिए जोड़ की fatigue सामर्थ्य , रिवेट या वेल्ड जोड़ की तुलना में अधिक सामर्थ्यवान और बेहतर होगी ।

Types of Bolted connections

1. परिणामी बल के स्थानांतरित के आधार पर वर्गीकरण

(i) संकेन्द्रित Concentric :-जब भार CG खण्ड से होकर गुजरता है (अक्षीय भार की स्थिति में)।

(ii) उत्केंद्र Eccentric:- भार CG जोड़ से दूर है (जैसे-चैनल में) ।

(iii) मोमेन्ट जोड़:- रेजिस्टिंग मोमेन्ट के अधीन जोड़ (बीम-कॉलम जोड़।)

2. बल के प्रकार के आधार पर वर्गीकरण

(1) शीयर कनेक्शन shear connection:- बल के प्रकार के आधार पर वर्गीकरण निम्नलिखित हैं- भार शीयर के द्वारा स्थानान्तरित किया जाता है; जैसे— (लैप, जोड़, बट, जोड़)।

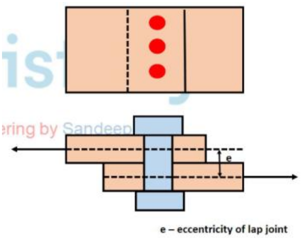
(ii) तनाव कनेक्शन Tension connection:- बोल्टों पर तनाव द्वारा भार का स्थानान्तरण किया जाता है; जैसे-

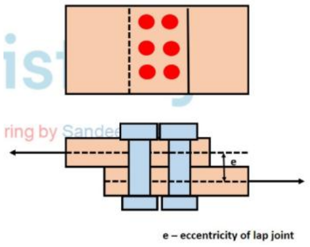
(iii) संयुक्त शीयर तथा तनाव कनेक्शन combined shear and Tension connection ब्रेकिट के लिए। (हैंगर जोड़)। संयोजित inclined member; जैसे- (ब्रेसिंग जोड)।

Types of Bolt Joints

बोल्ट जोड़ दो प्रकार के होते हैं-

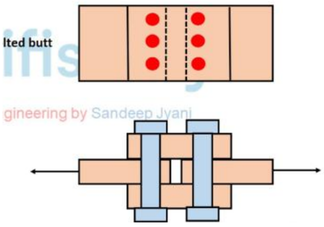
1. लैप जोड़ (Lap Joints) — जब दो मेम्बरों को ओवरलैपिंग के द्वारा एकसाथ जोड़ा जाता है, तब जोड़ लैप जोड़ कहलाता है।



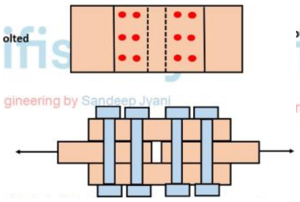


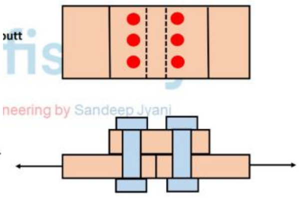
2. Butt Joint:- इस विधि द्वारा जोड़े जाने वाली चादरों की टक्करों को मिलाकर एक अतिरिक्त चादर की सहायता से जोड़ा जाता है। इस चादर को कवर प्लेट (cover plate) कहते हैं। कवर प्लेट आवश्यकतानुसार एक या दो प्रयोग की जाती है। एक चादर प्रयोग करने पर सिंगल कवर बट जोड़ तथा दो चादर प्रयोग करने पर डबल कवर बट जोड़ बनते हैं।

1. Double cover single bolted butt joint



2. Double cover double bolted butt





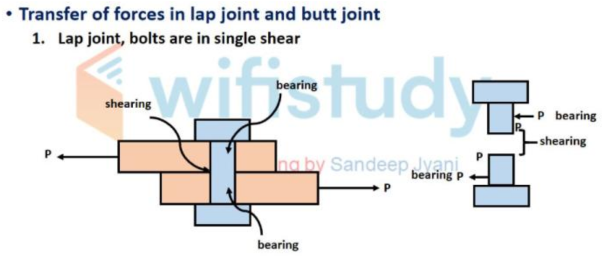
Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

Unit 2:

Failure of Bolted Joints

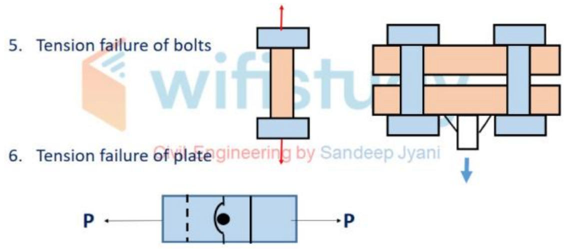
बोल्ट वाले जोड़ निम्नलिखित छह तरीको में से किसी में भी विफल हो सकता है, जिनमें से कुछ विफलताएँ एज डिस्टेंस (edge distance) की विशिष्टताओं का पालन करके जाँची जा सकती हैं। इसलिए उनका अधिक महत्व नहीं है, जबकि अन्य पर उचित ध्यान देने की आवश्यकता है।

1. बोल्ट की अपरूपण विफलता Shear Failure of Bolts बोल्ट का अपरूपण प्रतिबल, बोल्ट में कार्यरत अपरूपण प्रतिबल से अधिक हो सकता है। अपरूपण उत्पन्न होते हैं–क्योंकि प्लेटें लगाए गए बल के कारण फिसलती हैं

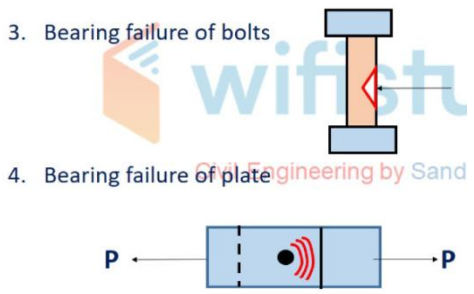


2. प्लेटों की अपरूपण विफलता Shear of Plates निर्दिष्ट को कम एज दूरी पर रखे गये ओवरड्रिवन (ग्रिप से अधिक शैक लम्बाई) बोल्टों का आंतरिक दबाव इस विफलता के कारण बनता है। इसे IS 800 के द्वारा विर्निदिष्ट छिद्र के केन्द्र तथा प्लेट के सिरे के मध्य उचित एज दूरी प्रदान करके जाँचा जा सकता है,

3. प्लेटों की तनाव विफलता Tension or Tearing Failure of Plates नेट क्रॉस-सेक्शन पर प्लेट की तन्य सामर्थ्य कार्यकारी तन्य सामर्थ्य से अधिक हो सकती है। तनाव विफलता तब होती है जब बोल्ट प्लेटों से अधिक मजबूत होते हैं,



4. प्लेटों का विपाटन Splitting of Plates हो सकता है बोल्टों को आवश्यकता से कम एज दूरी पर रखा गया हो जिस कारण प्लेटें अलग हो जाती हैं;
5. **प्लेटों के बियरिंग की विफलता Bearing Failure of Plates** प्लेटों को तब तक crush किया जाता है जब प्लेट का बियरिंग स्ट्रेस कार्यकारी बियरिंग स्ट्रेस से अधिक हो।



6. **बोल्टों के बियरिंग की विफलता Bearing Failure of Bolts** बोल्ट को लगभग आधी परिधि तक crush करते हैं। प्लेट बियरिंग में मजबूत हो सकती है तथा सबसे भारी वाली स्ट्रेस प्लेट बोल्ट को दबा सकती है।

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

Unit 2:

TERMINOLOGY

The following terms used in bolted connection should be clearly understood [Ref. Fig. 2.1(a)]:
1. *Pitch of the Bolts (p):* It is the centre-to-centre spacing of the bolts in a row, measured along the direction of load.
2. *Gauge Distance (g):* It is the distance between the two consecutive bolts of adjacent rows and is measured at right angles to the direction of load.
3. *Edge Distance (e):* It is the distance of bolt hole from the adjacent edge of the plate.

बोल्ट कनेक्शन में उपयोग की जाने वाली निम्नलिखित शर्तों को स्पष्ट रूप से समझा जाना चाहिए [रेफरी। चित्र

1. बोल्ट की पिच ***Pitch of the Bolts*** (p): यह बोल्ट की एक पंक्ति में केंद्र से केंद्र की दूरी है, जिसे भार की दिशा में मापा जाता है।

2. गेज दूरी ***Gauge Distance*** (g): यह आसन्न पंक्तियों के दो लगातार बोल्टों के बीच की दूरी है और इसे लोड की दिशा में समकोण पर मापा जाता है।

3. किनारा दूरी ***Edge Distance*** (e): यह प्लेट के आसन्न किनारे से बोल्ट छेद की दूरी है

Where = partial safety factor at ultimate stress = 1.25
f_u = ultimate stress of the material of plate
A_n = net effective area at critical section

$$= \left[b - nd_o + \Sigma \frac{p_{si}^{\,2}}{4g_i} \right] t$$

Where b = width of plate
t = thickness of thinner plate
d_o = diameter of the bolt hole
n = number of bolt holes
Note: If there is no staggering of the bolts, $p_{si} = 0$ and hence, $A_n = [b - nd_o]\, t$

DESIGN STRENGTH OF BEARING BOLTS

(a) In Shear: It is least of the following:
(i) Shear capacity (strength)
(ii) Bearing capacity (strength)

(i) Shear capacity of bearing bolts (V_{dsb})

$$V_{dsb} = \frac{V_{nsb}}{\gamma_{mb}}$$

Where g_{mb} = partial safety factor of bolt
and V_{nsb} = nominal shear capacity of bolt

$$= \frac{f_{ub}}{\sqrt{3}} (n_n A_{nb} + n_s A_{sb})$$

where f_{ub} = ultimate tensile strength of bolt
n_n = number of shear planes through threads
= 1 for each bolt.
n_s = number of shear planes intercepting non-threaded portion of shank
= 1, for a bolt in double shear
= 0, for a bolt in single shear.
A_{sh} = nominal shank area of the bolt
A_{nb} = net shear area in threaded portion

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

Unit 2:

$$T_{dh} = \frac{0.9 f_{ub} A_n}{\gamma_{mb}} \le \frac{f_{yb} A_{sh}}{\gamma_{mo}}$$

where f_{yb} = yield stress of the bolt
A_n = net area of the bolt at thread

$= 0.78 \frac{\pi}{4} d^2$ for ISO bolts.
A_{sh} = shank area of the bolt $= \frac{\pi}{4} d^2$.

DESIGN STRENGTH OF HSFG BOLTS IN SHEAR (V_{dsf})

$$V_{dsf} = \frac{V_{nsf}}{\gamma_{mf}}$$

where
g$_{mf}$ = 1.10, if slip resistance is designed at service load
= 1.25, if the slip resistance is designed at ultimate load.
and V_{nsf} = m$_f$ n_e K_h F_o
Where m$_f$ = coefficient of friction as specified in Table 20 (Clause 10.4.3) in IS 800-2007.
n_e = number of effective interfaces offering frictional resistance to the slip.
[Note: n_e = 1 for each bolt in lap joint and 2 for each bolt in double cover bolt joint]
K_h = 1.0 for fasteners in clearance hole
= 0.85 for fasteners in oversized and short slotted holes and for long slotted holes loaded perpendicular to the slot.
F_o = minimum bolt tension at installation and may be taken as $A_{nb} f_o$
A_{nb} = net area of the bolt at threads

$$\left(0.78 \frac{\pi}{4} d^2\right)$$

f_o = proof stress = 0.7 f_{ub}.
Note:
1. All the reduction factors specified for bearing bolted connection hold good for HSFG bolted connection also.
2. Since the bearing strength of HSFG bolts is greater than the plates, no check on bearing strength of the bolt is necessary.

HSFG Bolt Strength in Tension ( )

$$T_{df} = \frac{0.9 f_{ub} A_n}{\gamma_{mb}} \le \frac{f_{yb} A_{sh}}{\gamma_m}$$

$_{mb}$ = 1.25, g$_m$ = 1.1
Note: In the design of HSFG bolts subjected to tensile forces additional force Q called prying forces is to be considered.

$$Q = \frac{l_v}{2l_c}\left(T_e - \frac{\beta \eta f_0 b_e t^4}{27 l_c l_v^2}\right)$$

where
Q = prying force
$2T_e$ = total applied tensile force
l_v = distance from the bolt centre line to the toe of the fillet weld or to half the root radius for a rolled section
l_c = distance between prying forces and bolt centre line and is the minimum of either the end distance or the value given by:

$$l_c = 1.1 t \sqrt{\frac{\beta f_0}{f_y}}$$

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

b = 2 for non-pretension bolts and 1 for pretension bolts
h = 1.5
b_e = effective width of flange per pair of bolts
f_0 = proof stress in consistent units
t = thickness of end plate.

PRINCIPLES TO BE OBSERVED IN THE DESIGN

1. Design strength should be more than design load.
2. The centre of gravity of bolts should coincide with the centre of gravity of the connected members.
3. The length of connection should be kept as small as possible.
4. It should satisfy requirements specified in clause 10.2, regarding spacing, such as
a. Pitch shall not be less than 2.5 *d*.
b. Minimum edge distance = 1.7 d_o, in case of hand cut edges and 1.5 d_o in case of rolled or machine cut edges.
5. Diameter of bolt hole for various bolts shall be taken as shown below:

Diameter of bolt (*d*) :	12 14 16 20 22 24 30 36
Diameter of bolt hole (d_o) :	13 15 18 22 24 26 33 39

6. Area of bolt at shank = $\frac{\pi}{4} d^2$

Area of bolt at threads = $0.78 \frac{\pi}{4} d^2$

7. Material properties of bolts.

Grade 4.6	f_{yb} = 240 MPa	f_{ub} = 400 MPa
Grade 4.8	f_{yb} = 320 MPa	f_{ub} = 420 MPa
Grade 5.6	f_{yb} = 300 MPa	f_{ub} = 500 MPa
Grade 5.8	f_{yb} = 400 MPa	f_{ub} = 520 MPa.

Example 2.1 Design a lap joint to connect two plates each of width 100 mm, if the thickness of one plate is 12 mm and the other is 10 mm. The joint has to transfer a working load of 100 kN. The plates are of f_e 410 grade. Use bearing type of bolts and draw connection details.

Solution: Using M16 bolts of grade 4.6,
d = 16 mm d_o = 18 mm f_{ub} = 400 N/mm2
Since it is a lap joint, the bolt is in single shear, the critical section being at the roots of the thread of the bolts.
Nominal strength of a bolt in shear

$$V_{nsb} = \frac{f_{ub}}{\sqrt{3}}\left(1 \times 0 + 0.78 \frac{\pi}{4} d^2\right)$$
$$= \frac{400}{\sqrt{3}} \times 0.78 \times \frac{\pi}{4} \times 16^2$$
$$= 36218 \text{ N}$$

Design strength of a bolt in shear

$$V_{dsb} = \frac{V_{nsb}}{\gamma_{mb}} = \frac{36218}{1.25} = 28974 \text{ N}$$

Minimum pitch to be provided = 2.5 *d* = 2.5 × 16 = 40 mm
Minimum edge distance = 1.5 d_o = 1.5 × 18 = 27 mm
Provide *p* = 40 mm and *e* = 30 mm.
Strength in bearing:

$$k_b \text{ is least of } \frac{30}{3 \times 18}, \frac{40}{3 \times 18} - 0.25, \frac{400}{410} \text{ and } 1.0$$

i.e., $k_b = 0.4907$

Now, thickness of thinner plate = 10 mm, f_u = 400 N/mm^2

∴ Normal bearing strength of a bolt

$$V_{npb} = 2.5\, k_b\, dt\, f_u$$
$$= 2.5 \times 0.4907 \times 16 \times 10 \times 400$$
$$= 78512 \text{ N}$$

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

∴ Design strength of M16 bolts

$$= 28974 \text{ N}$$

Working (nominal load) $= 100$ kN.

∴ Design load $= 100 \times 1.5 = 150$ kN.

Hence, no. of bolts required $= \dfrac{150 \times 1000}{28974} = 5.18$

Provide 6 bolts. They may be provided as shown in Fig. 2.3.

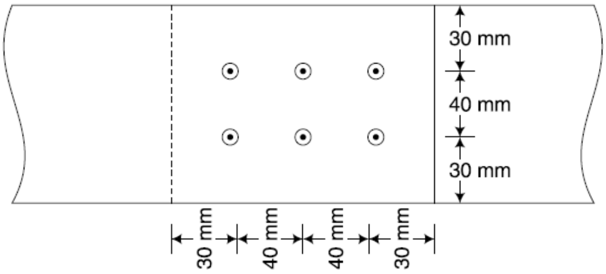


Fig. 2.3

Check for the Strength of Plate

$$T_{dn} = \frac{0.9\, A_n f_u}{\gamma_{ml}}$$

There are two holes along the critical section,

$$\therefore \qquad T_{dn} = \frac{0.9 \times (100 - 2 \times 18) \times 10 \times 410}{1.25}$$

$$= 188928 \text{ N} = 188.928 \text{ kN} > 150 \text{ kN}.$$

WELDED CONNECTIONS

परिचय:

वेल्डिंग एक ऐसी प्रक्रिया है जिसमें स्टील के दो सदस्यों को भराव धातु के उपयोग के साथ या बिना गर्म किया जाता है और एक साथ जोड़ा जाता है। संरचनात्मक इस्पात भवनों में, कनेक्शन अक्सर वेल्ड और बोल्ट दोनों को शामिल करते हैं।

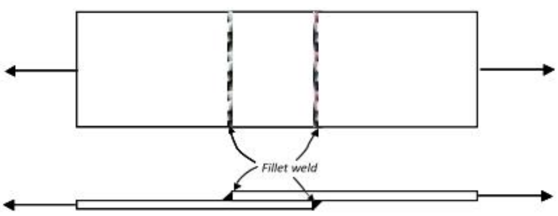
किसी भी कनेक्शन में बोल्ट या वेल्ड का उपयोग कई कारकों पर निर्भर करता है, जैसे कि लागत, निर्माण क्रम, निर्माण क्षमता और ठेकेदार की प्राथमिकता। वेल्डेड कनेक्शन बोल्ट वाले कनेक्शनों पर कुछ फायदे प्रदान करते हैं, हालांकि उनके कुछ नुकसान हैं।

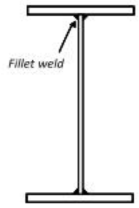
अवधारणाओं:

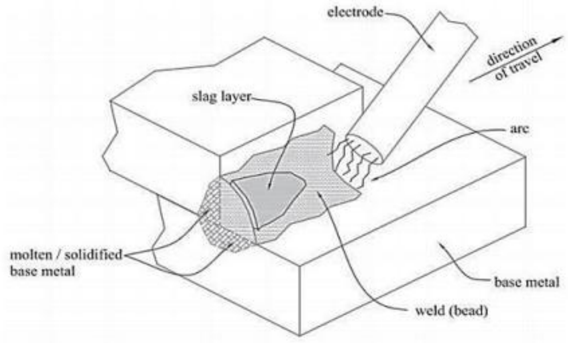
- स्ट्रक्चरल वेल्डिंग एक ऐसी प्रक्रिया है जिसके द्वारा जोड़े जाने वाले भागों को गर्म किया जाता है और जोड़ा जाता है, जोड़ में पूरक पिघला हुआ धातु होता है।
- सामग्री की अपेक्षाकृत छोटी गहराई पिघल जाएगी, और ठंडा होने पर, संरचनात्मक स्टील और वेल्ड धातु एक निरंतर भाग के रूप में कार्य करेंगे जहां वे जुड़े हुए हैं

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com

Unit 2:







- अतिरिक्त धातु को एक विशेष इलेक्ट्रोड से जमा किया जाता है, जो विद्युत परिपथ का हिस्सा होता है जिसमें जुड़ा हुआ भाग शामिल होता है।
- शील्डेड मेटल आर्क वेल्डिंग (SMAW) प्रक्रिया में, इलेक्ट्रोड और बेस मेटल के बीच की खाई में करंट आर्क होता है, जो जुड़े हुए हिस्सों को गर्म करता है और इलेक्ट्रोड के हिस्से को पिघले हुए बेस मेटल में जमा करता है।
  - इलेक्ट्रोड पर एक विशेष कोटिंग वाष्पीकृत हो जाती है और एक सुरक्षात्मक गैसीय ढाल बनाती है, जो पिघले हुए वेल्ड धातु को जमने से पहले ऑक्सीकरण से रोकती है।
- इलेक्ट्रोड को जोड़ में ले जाया जाता है, और एक वेल्ड मनका जमा किया जाता है, इसका आकार इलेक्ट्रोड की यात्रा की दर पर निर्भर करता है।
  - जैसे ही वेल्ड ठंडा होता है, अशुद्धियाँ सतह पर आ जाती हैं, जिससे धातुमल नामक एक परत बन जाती है जिसे सदस्य को पेंट करने से पहले हटा दिया जाना चाहिए या इलेक्ट्रोड के साथ एक और पास बनाया जाना चाहिए।
  - परिरक्षित धातु आर्क वेल्डिंग आमतौर पर मैन्युअल रूप से किया जाता है और यह प्रक्रिया सार्वभौमिक रूप से फील्ड वेल्ड के लिए उपयोग की जाती है।
- दुकान वेल्डिंग के लिए, आमतौर पर एक स्वचालित या अर्ध-स्वचालित प्रक्रिया का उपयोग किया जाता है। इनमें से सबसे महत्वपूर्ण जलमग्न चाप वेल्डिंग (SAW) है,
- इस प्रक्रिया में, इलेक्ट्रोड का सिरा और चाप एक दानेदार प्रवाह में डूबे होते हैं जो पिघल कर एक गैसीय ढाल बनाता है। परिरक्षित धातु चाप वेल्डिंग की तुलना में आधार धातु में अधिक प्रवेश होता है, और उच्च शक्ति परिणाम होते हैं।
- शॉप वेल्डिंग के लिए आमतौर पर उपयोग की जाने वाली अन्य प्रक्रियाएं गैस शील्ड मेटल आर्क, फ्लक्स कोरड आर्क और इलेक्ट्रो-स्लैग वेल्डिंग हैं।
- वेल्डेड कनेक्शनों का गुणवत्ता नियंत्रण विशेष रूप से कठिन है, क्योंकि सतह के नीचे के दोष, या सतह पर मामूली खामियां भी दृश्य पहचान से बच जाएंगी। वेल्डर उचित रूप से प्रमाणित होने चाहिए, और महत्वपूर्ण कार्य के लिए, विशेष निरीक्षण तकनीकों जैसे रेडियोग्राफी या अल्ट्रासोनिक परीक्षण का उपयोग किया जाना चाहिए।
- दो सबसे सामान्य प्रकार के वेल्ड फ़िलेट वेल्ड और ग्रूव वेल्ड हैं। फिलेट वेल्ड के उदाहरण: लैप जॉइंट - फिलेट वेल्ड को दो प्लेटों के बने कोने में रखा जाता है टी जॉइंट - फिलेट वेल्ड को दो प्लेटों के चौराहे पर रखा जाता है।
- ग्रूव वेल्ड - कनेक्ट होने के लिए दो भागों के बीच एक गैप या ग्रूव में जमा किया जाता है जैसे, बट, टी, और कोने के जोड़ बेवेल (तैयार) किनारों के साथ
- किनारे की तैयारी के साथ या बिना एक या दोनों पक्षों से आंशिक पैठ नाली वेल्ड बनाया जा सकता है।

Faculty: VISHAL BHARTI
+91-7078513414; vbharti027@gmail.com