

Skjuvning och skjuvspänning τ

Innehållsförteckning:

Skjuvspänning
Jämförelsespänning
Limförband
Nitförband
Lödförband
Svetsförband
Skjuvning vid tillverkning

Bilagor:

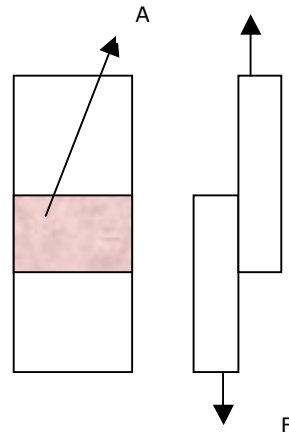
Kälsvets, beräkning av a-mått

Skjuvspänning, τ åter

Om två plattjärn limmas ihop och belastas med en kraft i längdriktningen uppkommer drag-spänningar i järnen. Utöver dragspänningar uppkommer också spänningar i själva limfogén. Kraften försöker dra isär de två järnen och verkar alltså längs limytan mellan stängerna. Spänningen som uppstår i limfogén kallas **skjuvspänning** och verkar parallellt med arean A.

OBS! I Drag/Tryck verkar kraften alltid vinkelrätt relativt den yta (tvärsnitt) som belastas. För att skilja beräkningar av spänning använder man i drag/tryck grekiska bokstaven σ , uttalas sigma, för dragspänning

medan vid skjuvning grekiska bokstaven τ , (uttalas TAU), för skjuvspänning.



Skjuvning

Skjuvspänningen betecknas med den grekiska bokstaven τ och definieras som:

$$\tau = F/A$$

Vi ska beräkna skjuvspänningen i ett limförband.

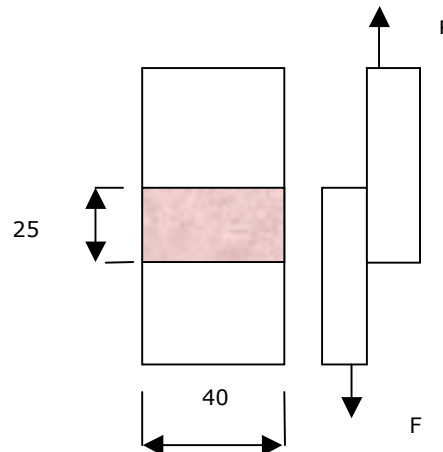
Två plåtar är limmade mot varandra och en kraft på 2 000 N angriper längs limfogén. Limfogén är 40 mm lång och 25 mm bred.

Skjuvytan blir:

$$A = 40 * 25 = 1\ 000 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Observera att kraften är parallell med den skjuvande ytan. Skjuvspänningen beräknas enligt:

$$\tau = F/A = 2000/1\ 000 = 2 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$



Jämförelsespänning åter

När man ska göra dragberäkningar tar man fram värdet från materialets dragprovning, vanligen använder man sträckgränsen, R_e . Dessa värden finns i tabeller.

Motsvarande data finns i regel inte tillgängliga för skjuvning eftersom det är svårt att utföra skjuvprov.

$$\tau_{till} = 0,6 * \sigma_{till}$$

Man brukar därför använda värdet 60% av värdet vid dragning. Alltså blir tillåtet värde i skjuvning $\tau_{till} = 0,6$

* σ_{till}

Man brukar kalla denna spänning för jämförelsespänning.

Undantag är limfogar där leverantören ofta anger tillåten skjuvspänning.

Limförband åter

Moderna limtyper, ofta av typ epoxi, används för att limma ihop detaljer av metalliska material. Limfogar har blivit speciellt vanliga vid konstruktioner i aluminium. Det är vanligt att limma stora delar av flygplansskrov. Även många delar i moderna bilar limmas. Hållfastheten är starkt beroende av limfogens tjocklek, och det gäller att kontrollera mängden lim enligt tillverkarens instruktioner.

Exempel

En aluminiumkloss (den nedre fyrkanten i figuren) limmas fast mellan två andra plåtar. Fogens höjd är 100 mm och bredden 50 mm. (dvs kontaktytan mellan kloss och plåtarna). Det använda limmet tål enligt tillverkaren skjuvspänningen 10 N/mm².

Vilken nedåtriktad kraft kan klossen belastas med?

Lösning:

Al-klossen är limmad på två sidor, där varje sidas yta är 100*50 mm² = 5 000 mm²

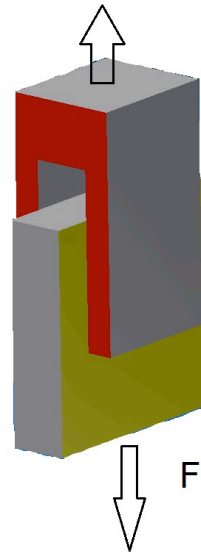
Totala A = 2*5 000 = 10 000 mm²

$T = F / A$, där tillåten skjuvspänning är 10 N/mm² och arean A=10 000 mm²

Lös ut F !

$F = \tau * A = 10 * 10\ 000 = 100\ 000\ N$

Limförbandet klarar alltså maximalt 100 kN, vilket motsvarar ca 10 ton.



Räkneexempel:

4d

Beräkna limfogens längd L för två plattstål med bredden 60 mm, tjockleken 3,5 mm och 4 mm som skall sammanfogas med härdplastlim. Limmet tål en skjuvspänning av 10 MPa. Belastningen F på stålen är 50 kN.

(84 mm = 90 mm)

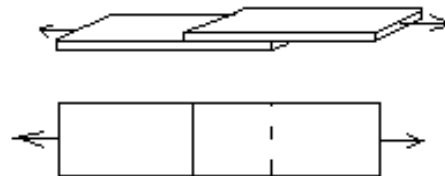
5d

Två 10 mm tjocka och 100 mm breda plattstål hopfogas genom limning. Limmet tål 50 MPa. Förbandet ska överföra 100 kN. Hur lång ska överlappningen då vara ?

(20 mm)

20a

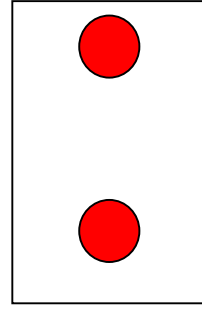
Ett aluminiumplåt med bredden 20 mm limmas mot en annan plåt. Limförbandet utsätts för kraften F=10 000 N. Beräkna lämplig längd på limfogen om limmet enligt uppgift tål skjuvspänningen 10 N/mm².



Principfigur för överlappsfog

21a

Två aluminiumplåtar skall limmas mot varandra med hjälp av två cirkelformade fogar. Fogarna blir cirkulära och har då diametern 20 mm. Limmet klarar skjuvspänningen 10 N/mm^2 . Beräkna skjuvkraften som förbandet klarar.



22a

Ett limförband belastas med kraften 4000 N. Tillåten skjuvspänning är 10 N/mm^2 . Beräkna limfogens area. Extra: Om bredden är 20 mm, vilken längd bör då fogen ha?

23a

Vilken last kan hängas i ett limförband om fogens längd är 50 mm och fogens bredd är 20 mm. På limburken kan man läsa att limmet tål skjuvspänningen 10 N/mm^2 .

1d

Vid ett försök med lödning löddes två plåtremсор av mässing ihop. Man använde överlappsfog. Överlappningens längd var 7 mm. Plåtbredden var 12 mm och dess tjocklek 1,5 mm. Man provade i dragprovmaskin och fann att brottkraften var 2423 N. Beräkna spänningen i lodet omedelbart före brott !
(28 MPa)

Testa att räkna detta problem, extra vägledning finns här

2d

I samma försöksserie som ovan provade man också limförband. Ett visst lim visade sig ha en skjuvbrottgräns på 7 MPa och en dragbrottgräns på 5 MPa. Hur stor ska överlappningen vara för remsor enligt ovan om belastningen ska vara 1,5 kN och säkerhetsfaktorn mot brott ska vara 2,0 ?
(35,7 mm = 40 mm)

OBS! att $1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa}$

3d

Två 50 mm breda aluminiumplattor, 12 mm tjocka och med överlappsfog 90 mm, limmas med epoxipolyamid lim med tillåten skjuvspänning 15 MPa. Hur stor kraft kan förbandet överföra ?
(67,5 kN = 67 kN)



Nitförband åter

Hos nitförband hålls plåtarna ihop av nitar som stukats, dvs plattats till, ofta har nitarna först värmts så att de blir glödgade. Niten sätts (slås) på plats i glödgat tillstånd och kommer att krympa när den svalnar. Plåtarna trycks då än hårdare mot varandra. Om en kraft läggs på i plåtarnas längdriktning påverkar denna kraft en cirkelyta i mellanrummet mellan plåtarna. Nitens yta är parallellt riktad jämfört med kraftriktningen. Niten utsätts därför för skjuvspänningar. (OBS! Vid drag/tryck är kraft och yta vinkelräta mot varandra)



Se figuren. Den enklaste formen av nitförband, dvs med en nit som håller ihop två parallella plåtar. Vi skall dimensionera, dvs. beräkna vad som händer. Just nu så använder vi siffror som underlättar själva beräkningen.

Niten alltså hålla ihop två plåtar. Förbandet belastas med en kraft $F=10\,000\text{N}$, dvs ca 1 ton. Vi skall beräkna vilken diameter som niten minst måste ha för att inte gå sönder. Vi lägger även in en säkerhetsfaktor i vår beräkning.

Beräkning:

Skjuvkraften i niten är $F = 10\,000\text{ (N)}$

Den skjuvande arean blir då nitens runda tvärsnitt. Om tvärsnittets diameter betecknas med d erhålles arean:

$$A = \pi \cdot d^2 / 4 \quad (\text{Ekv 1})$$

$$\tau = F/A = 10\,000 / (\pi \cdot d^2 / 4) \quad (\text{Ekv 2})$$

Niten är tillverkad av ett stål med sträckgränsen 200 N/mm^2 . Antag en säkerhetsfaktor på $2,0$.

Skjuvhållfastheten som vi använder blir då enligt följande beräkning:

$$60\% \text{ av } 200/2,0: \text{ ger } 0,6 \cdot 200/2,0 = 60\text{ N/mm}^2 .$$

Detta värde blir då den tillåtna skjuvspänningen: τ_{till}

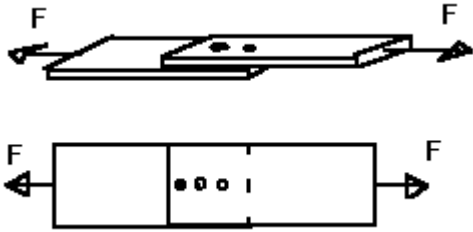
Från ekv 2 ovan löser man sedan ut d

Lättast sker detta i två steg.

1. Lös ut A från (ekv 2) dvs $A = F/\tau = 10000/60 = 166,67\text{ mm}^2$
2. Från (ekv 1) lös ut d , dvs $d = \text{roten ur } (4A/\pi) = \text{roten ur } (4 \cdot 166,67/\pi) = 14,57\text{ mm}$

Alltså lämplig nitdiameter kan vara 15 mm

Räkneuppgifter



Principfigur en eller flera nitar

11d

Två 12 mm tjocka och 85 mm breda plattstål hopnitas genom överlappning. Två nitar används. Dragkraften i plattstålen är 30 kN och tillåten skjuvspänning i nitarna är 80 MPa. Hur grova bör nitarna då vara ?

(d=16mm)

15d

Två plåtar hopfogas med överlappning. 3 st nitar placeras i plåtarnas längdriktning. Varje nit har diametern $d=6$ mm. Max tillåten skjuvspänning i nitarna är 90 N/mm^2 . Beräkna möjlig dragkraft i förbandet!

(7,63 kN)

24a

Fyra nitar belastas med kraften $F=20\,000$ N. Nitarna har sträckgränsen 220 N/mm^2 och säkerhetsfaktorn skall väljas = 2,0. Beräkna nitarnas diameter

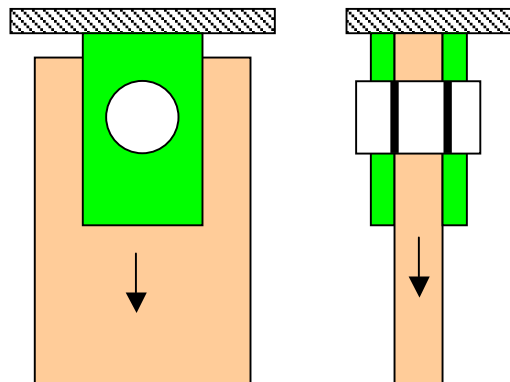
25a

En kraft på 5 000 N belastar en nit med diametern 8 mm. Niten utsätts för skjuvningsbelastning. Säkerhetsfaktorn = 2,0. Beräkna lämplig sträckgräns hos nitmaterialet.

26a

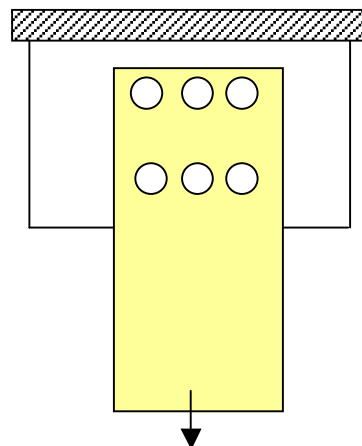
En plåt har nitats fast i en hållare enligt figuren. En last på 2,0 ton hänger i plåten. Säkerhetsfaktorn skall vara 2,0 och materialets sträckgräns är 220 N/mm^2 . Beräkna nitens diameter.

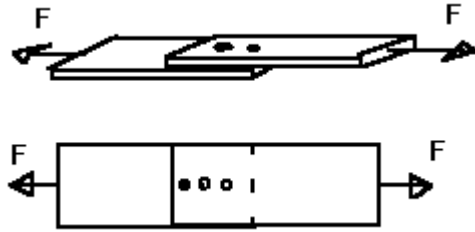
OBS! att vi här har ett s.k. tvåskärigt nitförband. Detta innebär att niten belastas i två tvärsnitt. Se svart markering i figuren.



27a

Vilken last kan man dra med i nitförbandet enligt figuren? De 6 nitarna är tillverkade av stål med sträckgränsen 300 N/mm^2 och har diametern 4 mm. Säkerhetsfaktorn = 2,0 ggr.





Principskiss nitförband (med en eller flera nitar)

12d

Två plattstål med samma tvärsnitt, 60x12 mm skarvas genom att ändarna läggs över varandra och hopnitas med 3 nitar, placerade i rad längs med plattstålen. Plattstålen är påverkade av en dragkraft $F=60$ kN. Tillåten dragspänning i stålen är 175 MPa.

Beräkna:

a) nitdiametern, om tillåten skjuvspänning i nitarna är 75 MPa !

b) hur stor blir den största dragspänningen i plattstålen ?

($a=19$ mm, $b=125$ MPa)

13d

Beräkna erforderlig nitdiameter vid överlappsfogning av två stålplåtar som ska belastas med dragkraft i plåtarnas längdriktning med 10 000 N. Antalet nitar är 4 och tillåten skjuvspänning i nitarna är 90 N/mm² !

(6mm (5,95))

14d

Två plattstål 60X10 mm skarvas genom överlapp och hopfogas med 2 nitar, placerade i rad längs plattstålen. Dragkraften är 60 kN i plattstålen. Tillåten skjuvspänning i niten är 80 MPa .

Beräkna:

a) nitdiametern

b) dragspänningen i plattstålen

($a=22$ mm, $b=158$ MPa)

50b

Vilken nitdiameter måste man välja till ett nitförband där tre stålningar på rad belastas med 160 kN. För nitmaterialet gäller att brottgränsen är 640 MPa och att man vill ha en säkerhetsfaktor relativt brottgränsen som är 5 ggr.

Lödförband åter

Vi kommer inte att prata lödförband i denna kurs. Lödning fungerar i princip på samma sätt som vid limning. Skillnaden är att man istället för lim använder ett smält material, LOD. Detta material värms och smälter, sugas sedan in i mellanrummet mellan plattorna som skall sammanfogas. Denna sugeffekt kallas för kapillärverkan. Lodet ger en fog som hållfasthetsmässigt är relativt stark, dock inte som vid svetsning. All beräkning sker på samma sätt som vid limning.

Svetsförband åter

Svetsning bygger på att materialet som skall hopfogas smälts med hjälp av en varm gaslåga. Ibland smälter man ihop materialet utan att tillföra nytt material, men ofta tillförs material under själva svetsförloppet. Det tillförda materialet har samma egenskaper som det gamla, vilket gör att hållfastheten nästan blir lika hög som från början.

Vid hoppfogning av två stålbitar så måste bitarnas kontaktytor förberedas inför svetsningen. Denna förberedelse görs så att det tillförda materialet skall få plats. Man pratar här bl.a. om V och X-fogar.

Vi skall dock inte behandla denna typ av svetsning. Istället skall vi nedan behandla s.k. kälsvetsar och hur man kan beräkna skjuvning och möjlig kraft i dessa förband.

OBS! **a-mått** som beskrivs här nedan till vänster kräver kunskap om Pythagoras sats.

Länken [här](#) ger en matematisk redovisning med bilder och figurer. Även ett genomräknat exempel.

Se länken här till höger för bild.

När det gäller källsvetsar är det svetsens längd och det s.k. a-måttet som har betydelse. Se länkarna här till höger.

Exempel:

Vi ska börja med att dimensionera längden på ett källsvetsförband. Figuren visar en plåt som svetsats fast i en annan plåt. Konstruktionen skall klara 5 ton. Skjuvkraften i svetsfogen blir:

$$F = 9,81 * 5\ 000 \text{ dvs ca } 50\ 000 \text{ (N) (ekv 1)}$$

Tvärsnittet varierar alltid men vi antar att tvärsnittet är en likbent triangel med kateten lika med plåttjockleken, i detta fall 5 mm. Men det är inte fogens yta mot detaljerna som räknas vid skjuvning utan det är den minsta arean, dvs den som går genom fogens mitt. Svetsens s.k. *a-mått*. I vårt fall blir $a = 5 * \sqrt{2} / 2 = 3,54 \text{ mm}$.

För tydligare förklaring, se länk till höger

Om svetsfogens längd antas till L erhålls den skjuvade arean:

$$A = 2 * a * L \text{ (2 fogar)}$$

Skjuvspänningen erhålles enligt:

$$\tau = F/A \text{ (ekv 2) där } A = 2 * a * L \text{ (ekv 3)}$$

Hållfastheten vid skjuvning blir då:

$$0,6 * Re / \text{säkerhetsfaktorn } n_s$$

Om stålet har sträckgränsen 300 N/mm^2 och säkerhetsfaktorn är 2,0 erhålles:

$$\tau_{\text{till}} = 0,6 * 300 / 2,0 = 90 \text{ N/mm}^2$$

Enligt ekv 1 ovan är $F = 50\ 000 \text{ N}$, vilket innebär att man från ekv 2 ovan kan beräkna $A = F/\tau = 50\ 000/90 = 555,56 \text{ mm}^2$.

$$\text{Från ekv 3 löser man nu ut L enligt } L = A/(2*a) = 555,56/(2*3,54) = 78,47 \text{ mm}$$

Slutsats:

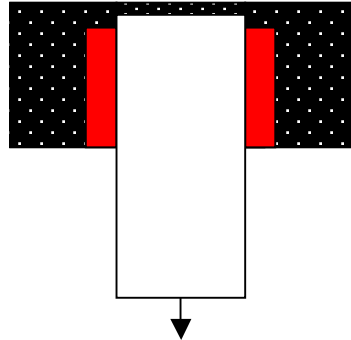
Det behövs två svetsfogar med vardera 90 mm längd.

Ofta är a-måttet angivet i förväg (på ritningar etc), varför man inte behöver räkna fram detta värdet. Nedanstående övningar har därför ett direkt angivet a-mått.

Det kan kanske vara lite svårt att förstå, men kommer inom snar framtid att finnas med i matematikkursen. Lycka till !

åter

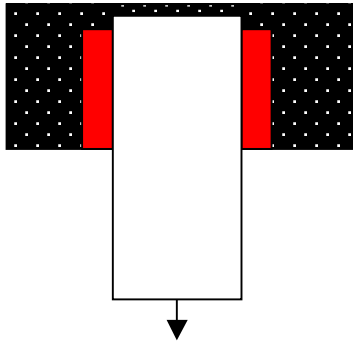
OBS! att vi i exemplet här till vänster räknar med siffror. Du kan testa att först enbart använda bokstäver för att lösa problemet.. Titta sedan på denna länk för att se hur man kan göra om allt är känt utom kraften.



Räkneuppgifter

31a

En platt stång har svetsats mot en plåt med två källsvetsar. Svetsfogarnas a-mått är 10 mm och svetsmaterialets sträckgräns är 320 N/mm^2 . Svetsförbandet ska klara en skjuvkraft på $50\ 000 \text{ N}$. Beräkna svetsfogarnas längd om säkerhetsfaktorn är 2,0.



32a

Två plåtar har svetsats samman enligt figuren. Materialets sträckgräns är 320 N/mm^2 och säkerhetsfaktor väljs till 2,0. Vilken kraft kan belastas förbandet? Fogens a-mått = 10 mm.

Skjuvning vid tillverkning åter

Dimensionering som skall klara skjuvning i olika konstruktioner och förband är naturligtvis det vanligaste. Vi håller oss hela tiden under sträckgränsen.

Men ibland vill man medvetet ta sönder en detalj, och då också passera brottgränsen.

Vanligast sker detta när man stansar (trycker ett hål) ett hål eller med sax, kniv, tång etc klipper eller skär sönder ett föremål.

När man räknar på dessa problem så måste skjuvbrottgränsen plockas fram. Även här så utgår vi från dragbrottgränsen och räknar om den med "60%-villkoret".

OBS! att vi inte längre behöver någon säkerhetsfaktor.

Vi får följande formelsamband:

$$\tau_{\max} = 0,6 * R_m$$

R_m är den vanliga dragbrottgränsen.

Vid tillverkning är det mycket vanligt att man i plåtar stansar hål istället för att borra. Metoden är mycket snabbare än borrhning, och man kan lägga flera lager av plåtar på varandra och stansa flera hål samtidigt. Jämför gärna med hålslagingsapparaten för A4-papper

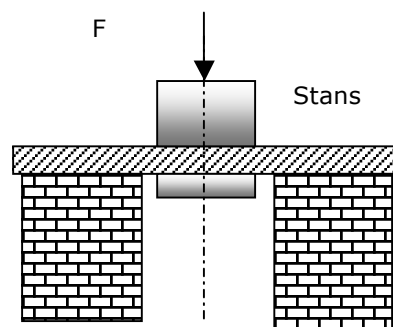
Vi ska nu beräkna kraften F som behövs för att stansa ett hål i en plåt. Hålet skall ha diametern 20 mm och plåtens tjocklek är 2 mm. Vidare gäller att plåtens brottgräns är 360 N/mm^2

OBS! att du nu äntligen får användning för matematikens begrepp "mantelarea på en cylinder"

Den skjuvande arean är ytan på det cylindriska hål som uppkommer i plåten. Hålets diameter är 20 mm och plåttjockleken är 2 mm.

Den skjuvande arean är då den mantelarea som påverkas, formel för detta blir då:

$$A = \pi \cdot d \cdot 2 \text{ (ekv 1)}$$



Plåtens dragbrottgräns är 360 N/mm^2 .

Skjuvbrottgränsen blir då:

$$0,6 \cdot R_m = 0,6 \cdot 360 = 216 \text{ N/mm}^2 \text{ (ekv 2)}$$

$$\tau = F/A \text{ (ekv 3)}$$

$$\text{Ekv 1 ger då att mantelarean } A = \pi \cdot 20^2 = 125,66 \text{ mm}^2$$

Från ekv 3 lös ut F enligt $F = \tau \cdot A = 216 \cdot 125,66 = 27\,143 \text{ N}$.

Alltså den kraft som behövs för att stansa ett 20 mm hål i en 2 mm tjock plåt måste vara lägst 28 000 N (motsvarande ca 2,8 ton)

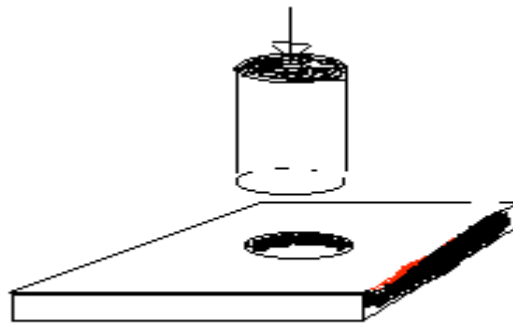
Räkneexempel

37a

Vilken kraft fordras för att stansa ett 40 mm runt hål i en 2 mm plåt som har dragbrottgränsen 360 N/mm^2

38a

Man vill med en 200 000 N stark press samtidigt kunna stansa 4 st runda hål i en plåt. Diametern på hålen skall vara 20 mm. Beräkna den största användbara plåttjockleken. Materialets brottgräns är 360 N/mm^2



39a

En 200 000 N press ska användas för att stansa runda hål i en 4 mm plåt. $R_m = 360 \text{ N/mm}^2$. Beräkna största håldiametern.

40a

Plåtar med tjockleken 2 mm ska stansas i en 100 000 N press. Håldiametern är 20 mm. Beräkna maximal brottgräns.

6d

Hur stor kraft erfordras för att i en 12 mm tjock plåt stansa ett kvadratisk hål med sidan 20 mm, då plåtens skjuvbrottgräns är 320 MPa ?

(340 kN)

7d

En kraft av 180 kN erfordras för att stansa ett hål med diametern 15 mm i en 11 mm tjock plåt. Hur stor är plåtens skjuvbrottgräns ?

(350 MPa)

8d

Hur stort cirkulärt hål kan man stansa i en 6 mm tjock plåt med skjuvbrottgränsen 320 MPa ? Stanskraften är 100 kN.

(17 mm)

9d

Ett hål med diametern 23 mm stansas i 12 mm tjock stålplåt. Plåtens skjuvbrottgräns är 350 MPa. Hur stor

blir härvid tryckspänningen i själva stansverktyget ?
(730 MPa)

10d

Beräkna det minsta runda hål som kan stansas i en 10 mm tjock plåt, om plåtens skjuvbrottgräns är 320 MPa och stansens tryckbrottgräns är 1000 MPa.
(12,8=13 mm)

44b

Vilket är det största runda hål man kan stansa i en 3 mm tjock stålplåt med $R_m = 480$ MPa? Stansmaskinen klarar max 48 kN kraft.

45b

Man kan stansa ett runt hål med diametern 10 mm i en stålplåt. Hur stort kvadratisk hål skulle man kunna stansa med samma maskinkraft och samma plåt.

46b

Man stansar 6 mm runda hål i ett stål som har brottgränsen 650 MPa. Man vill använda samma stansmaskin för att i en aluminiumplåt stansa hål. Brottgränsen för aluminium är 285 MPa. Hur stora hål kan man stansa i denna aluminiumplåt om plåttjockleken är samma som i stålplåten?

47b

Vi räknar mest på kraften för att stansa ett hål. Nu är det så att själva stansverktyget också påverkas, detta dock som tryckkraft.

Hur stor blir då tryckspänningen i själva stansverktyget när man stansar ett hål i en plåt, där hålet har diametern 9 mm och plåten, med brottgränsen 450 MPa, har tjockleken 2 mm.

[åter](#)