22.0 INNEHÅLLSFÖRTECKNING

22.1 **METALLBEARBETNING**
Allmänt
22.1.1 **ALUMINIUM**
Tillståndsbeteckningar
Kvalitetsnormer
Värmehärdbara legeringar
22.1.2 **STÅL**
Beteckningar och Legeringar

22.2 **VÄRMEBEHANDLING** av **LÄTTMETALLER**

BÄNKARBETEN

22.3 **SKÄRANDE BEARBETNING**
Klippning
Sågning
Filning/Putsning
Svarvning/Fräsning
Borrning

22.4 **PLASTISK BEARBETNING**
Bockning
Riktning
Pressning
Försänkning

SAMMANFOGNING

22.5.1 **FASTA FÖRBAND**
Allmänt
Nitning Fullnit
Nitstansar
Mothåll
Trimning
22.5.2 **NITFÖRBAND**
Trimning
Kontroll och övervakning
Godkännbara nitar
Borttagning av slagna nitar
Nomogram
Tabeller
22.5.3 Nitning med Cherrynit
Utrustning
Beteckningar
Utförande
Nitning
Urborrning av dragna nit
22.5.4 Popnit
22.5.5 Verktyg

22.6 **LÖSBARA FÖRBAND**
Allmänt
Bult/Skruv
Gängtyper
Hållfasthet
Ytbehandling
Beteckning
22.6.1 **BULTFÖRBAND**
Allmänt
Brickor
Muttrar
Momentansättning
Låsning
Tabell över klämlängd
Tabell över bultdimensioner

22.7 **ÖVRIG MATERIEL**
Wire
Presshylsor
Kaus

METALLBEARBETNING

Allmänt

Låt oss från början slå fast att det är bortkastad tid och pengar att försöka finna användbart material för flygplansbygge hos ortens järnhandlare! Det material som kan finnas lokalt är av handelskvalitet och fyller inte de krav som ställs för att användas i ett flygplan. I vissa undantagsfall går det att ibland använda material av handelskvalitet under förutsättning att byggaren låter utföra materialprov som med protokoll kan styrka att materialet har samma egenskaper som det i ritningen angivna materialet.

Skall man bygga ett helmetallflygplan har man utan tvivel valt ett material som är svårare att bearbeta och forma än både trä och plast. Med trä och plast har man möjlighet att foga i nya stycken ganska enkelt och utan försvagning i den händelse man skurit eller slipat bort för mycket. Så inte med aluminiumplåt! Har man format materialet fel, så är biten för det mesta oanvändbar. Aluminiumplåt tål inte att man rätar ut en bockning som en gång blivit knäckt. Å andra sidan är ett helmetallflygplan mycket vackert att se på om det blivit rätt utfört. Dessutom är aluminium mycket korrosionsbeständigt om utförandet görs i pläterad plåt. Glasfiber och plast är också mycket stryktåligt mot väder och vind om än inte okänsligt. Plasten får t ex inte bli för varm och måste därför målas i en ljus färg. Aluminium är även okänsligt för temperaturväxlingar och behöver inte skyddas om det är sk Alcladplåt dvs pläterad med ren aluminium. Detta medger exempelvis polering av flygplanet.

Aluminium och stål för flygbruk skiljer sig ganska mycket vad beträffar egenskaper och bearbetbarhet jämfört med vanlig handelskvalitet. Detta är viktigt att komma ihåg så att man inte slentrianmässigt behandlar materialet på ett sätt som i andra sammanhang kan vara rätt, men som för flygmaterial inte fyller ställda krav.

Det finns således både för och nackdelar med att använda metall till flygplansbygge.Råd för de svåra arbetsmomenten ges i detta avsnittet om metallbearbetning.

Från SAS undervisningsmateriel har hämtats instruktioner om benämningssystem, värmebehandling och olika legeringar för flygbruk vilka kan vara bra att ha kännedom om för amatörbyggare av metallflygplan. Helge Svensson har skrivit några artiklar i tidigare utgåva av bygghandboken vilka delvis omredigerats till denna utgåva utan att innehållet ändrats i nämnvärd omfattning. Tabeller av intresse endast för flygmekaniker och andra professionella användare har uteslutits ur denna utgåva men kan rekvireras från EAAs kansli.

Litteratur:

FMV normblad MS 23 om stål *)
FMV normblad ML 12 om aluminium *)
SAS tabeller för värmebehandling av aluminium *)
Tabeller över CHERRYNIT *)
YRKESLÄRA för flygmekaniker:Materiallära2
SPORTPLANE BUILDER av Tony Bingelis
ACCEPTABLE METHODS AC 43.13

*) Dessa kan rekvireras från EAAs kansli.

ALUMINIUM

Aluminium förekommer fritt som oxid i lerjordar och benämns då bauxit. Denna utvinns på elektrisk väg genom en lösning med kryolit. Detta ger en smälta där ren aluminium kan tappas ur smältans bottenskikt. Det rena aluminiumet får sedan stelna till tackor som återsmälts under tillsättande av noggrant beräknade och kontrollerade volymprocent andra ämnen som tillsammans ger avsedd legering t ex Al 2024 eller Al 6061. Den slutliga bearbetningen till råmaterial sker medelst valsning till plåtar eller genom strängpressning till profiler. Vissa råmaterial är då färdiga för användning men de allra flesta legeringar måste vidarebearbetas genom avspänningsglödgning, åldring och/eller kallvalsning.För de flesta användningar sker nu efterbearbetning för att ge råmaterialet dess speciella egenskaper vad beträffar hårdhet och övriga hållfasthetsegenskaper som erfordras för användning i flygplan. För flygmaterial är denna procedur mycket väl styrd och kontrollerad med flera prov som legeringsanalys, prov för hållfasthet, hårdhet, elasticitet, mm.

Aluminium har sedan lång tid använts för flygplantillverkning. Orsaken är främst det faktum att aluminium har låg vikt samt kan legeras med andra ämnen till att ge specifika egenskaper som härdbarhet för ökad hållfasthet, hårdhet, etc för att fylla de krav som ställs för varje enskild detaljs påkänning. En av aluminiumets fördelar är alltså låg specifik vikt, 2,7-2.8kg/dm^3 i jämförelse med stål vars specifika vikt är c:a 7,8kg/dm^3. Lämpliga legeringar och efterbearbetningar i form av åldring, valsning och liknande kan dessutom ge aluminiumet styrka nära lika stålets, räknat per viktenhet.

Användning av legerad aluminium för flygplanstillverkning är begränsad till ett fåtal kvaliteter, speciellt för amatörbyggda flygplan. Aluminium i dessa kvaliteter är mera noggrant tillverkad och och provad till sina egenskaper än vad som gäller för "vanlig handelskvalitet". Detta gör det möjligt att minska flygplanets vikt utan att därför någon detalj överbelastas och går sönder under flygning.

De vanligast förekommande legeringarna för användning i amatörbyggda flygplan är **Al 2024** och **Al 6061.**

Al 2024 är den aluminiumlegering som är mest använd för detaljer utsatta för stora belastningar och påkänningar i flygplan. Materialkvaliteten används därför till olika beslag i form av plåt och profiler, som skalplåtar osv. Al 2024 benämns duraluminium, dural och är legerad med en relativt hög volymsprocent koppar vilket gör att legeringen kan härdas (åldras). Kopparn medför dock att korrosionsbeständigheten är låg och att legeringen inte kan svetsas annat än medelst punktsvetsning. Detaljernas montering och sammanfogning måste därför ske med nitförband eller bultförband (limning kan förekomma någon gång). För att skydda materialet mot korrosion måste det ytbehandlas medelst målning. Tunna duralplåtar belägges (pläteras) oftast med ett tunt lager ren aluminium som korrosionsskydd; tjockare plåtar är ej pläterade varför dessa måste korrosionsskyddas genom målning för att inte på kort tid sönderfalla i ett vitt pulver.

Al 6061 är den andra vanligt förekommande legeringen för flygplansbygge. Dess benämning är pantal och är i motsats till Al 2024 relativt korrosionsbeständig och kan svetsas men hållfasthetsegenskaperna är annorlunda och sämre. Al 6061 kan lätt korrosionsskyddas medelst eloxering som dessutom ger en hård och reptålig yta. Eloxeringen minskar inte materialets hållfasthet och ger inga kvarvarande syror från processen som kan fräta på materialet under ytskiktet som för ex förnickling eller kromning av stål. Kontrollera dock att lämplig metod för flygbruk används.

Al 6061 används främst i form av plåt och profiler till detaljer med lägre hållfasthetskrav men också till bränsletankar och kylkåpor där det kan finnas krav på svetsbarhet.

Ett flygplans alla detaljer hållfasthetsberäknas enligt de krav som gäller för varje enskild detalj. För att få lägsta flygvikt behövs därför material med noggrant specificerade egenskaper. Är ex Al 2024 på ritningen specificerad för en detalj bör byggaren således använda detta för att inte riskera att detaljen havererar vid belastning.
Al 2024 kan inte ersätta Al 6061 för att göra detaljen starkare vilket kan vara helt förfelat då materialen inte är helt utbytbara map material-specifikation. Det går heller inte att ersätta föreskriven stålkvalitet med lika stark aluminiumkvalitet då aluminium har sämre utmattningsegenskaper än stål. Skall någon detalj göras i annat än föreskrivet material måste en noggran analys och hållfasthetsberäkning göras. Det är därför alltid säkrast att använda det material som föreskrivs på ritningen. För tillverkning av detaljer till ett flygplan används huvudsakligen Al 2024; för svetsade detaljer används vanligast stål 4130 och för lågt belastade detaljer används Al 6061. Det kan ibland förekomma material med andra hållfasthetsegenskaper - bättre eller sämre - för att varje detalj i ett flygplan skall ha rätt styrka utan att gå sönder vid belastning. Al 7075 är den starkaste aluminiumlegeringen som förekommer i amatörbyggen. Legering Al 5052 är å andra sidan inte särskilt hållfast men är lätt att forma utan verktyg för ex bränslerör, kylluftkåpor o likn. Ett alternativ till Al 2024 kan i vissa sammanhang vara Al 2014 för skalplåtar och andra detaljer med stora påkänningar.

Tillståndsbeteckningar

Det är oftast inte tillräckligt att ange enbart legeringsbeteckningen för ett aluminiummaterial av flygkvalitet. Man måste även känna tillståndet hos materialet som brukar anges enligt ex Al 2024-T3 där T3 står för efterbearbetning i form av upplösningsbehandling, åldring och kallvalsning för att få önskade hållfasthetsegenskaper. Koderna T0, T1 osv tom T10 betecknar de vanligast förekommande efterbehandlingarna för aluminium flygkvalitet. Betydelsen av dessa beskrivs längre fram i avsnittet **Kvalitetsnormer**.
Som vi nämnt ovan benämns aluminium pläterad med ren aluminium **ALCLAD** för amerikanska kvaliteter eller med ett p för vissa andra normer bl.a FMV-normer.
Endast tunna plåtar kan fås som ALCLAD.
Det kan vara av intresse att förklara skillnader i tillståndsnormer för handelskvalité aluminium och amerikanska flygkvalitén aluminium. Detta sker enklast i nedanstående tabell där AA står för Aluminium Association och SS för Svensk Standard. Vi har också tagit med de beteckningar som användas av svenska säljare av aluminium som kan användas för flygplan under förutsättning att materialprov med intyg om erhållna datauppgifter levereras.

Övrig	AA	SS	Betydelse
-M	-F	-00	Varmbearbetat
-0	-T0	-02	Obehandlat
-TB	-T4	-	Upplösningsbehandlat + kallåldrat
-TE	-T5	-	Kallåldrat.
-TD	-	-	Upplösn.behandl. + kallbearbetat + kallåldrat
-TF	-T6	-06	Upplösn.behandl. + varmåldrat
-TH	-T8	-08	Kallbearbet. + varmåldrat

Jämförelsetabell aluminium flygkvalitet — Handelskvalitet

Provad enligt resp lands normer						Provad enligt egen norm
USA	Tyskland	England	FMV	SAAB	Frankrike	SS
Al 5052						4120
Al 2014	AlCuMg	H..15				4338
Al 2024	AlCuMg	H..14	ML 12	Al 3526	A-U4G	-
Al 6061	Al MgZn	H..10	ML 06	Al 3114		4212
Al 7075						-
			ML 15	Al 3627		

De i tabellen ovan lämnade jämförelserna mellan olika material måste alltid kontrolleras med de av säljaren lämnade normerna eftersom olika tillverkare kan ha variationer i legering och tillståndsbehandling.
För de amerikanska riktgivande normerna vad avser flygmaterial kan säker jämförelse göras endast om säljaren anger att använd norm för Al 2024 är QQ-A-250/5 och QQ-A-250/11 för Al 6061. Normen för stål 4130 av flygkvalitet heter MIL-T-673613 (för rör).
Vi har nämnt att Al 2024-T3 och Al 6061-T6 är de i särklass mest använda aluminiumkvaliteterna för flygplan. Men även Al 2014-T6 används av såväl flygplanfabrikanter som amatörbyggare, speciellt i engelska konstruktioner. Orsaken är detta materials stora hårdhet som gör det lämpat för såväl skalplåtar som i detaljer med stora påkänningar.

Kvalitetsnormer

Vi har tidigare hastigt berört hur kvaliteter och härdgrader av aluminium betecknas. Låt oss titta lite närmare på klassificeringen av aluminium, dess legeringar och härdtillstånd. Aluminiumindustrin i USA använder ett indexsystem med fyra siffror för att beteckna smidbara aluminiumlegeringar. Den första siffran anger huvudlegeringsmetallen.

1xxx serien
I denna grupp skall innehållet vara minst 99% aluminium och det finns ingen huvudlegeringsmetall.

2xxx serien till **9**xxx serien
Första siffran anger huvudlegeringsmetallen (enligt följande)

2xxx..... koppar
3xxx..... mangan
4xxx..... kisel
5xxx..... magnesium
6xxx..... magnesium och kisel
7xxx..... zink
8xxx..... andra metaller
9xxx..... användes ej

Andra siffran anger förändring av legeringen. Om andra siffran är noll (0) anger detta originallegeringen. Siffrorna från 1 till 9 användes efter behov och anger förändringar av legeringen.

xxxx
De två sista siffrorna har ingen speciell betydelse men användes till att kännetecknа de olika legeringarna inom denna grupp.
Hårdhetsbeteckningen för härdbara aluminiumlegeringar består av ett tillägg som följer efter serienumret xxxx-**xx.**
Hårdhetsbeteckningen är olika för icke härdbara legeringar och för värmehärdbara legeringar. I det följande behandlas endast värmehärdbara legeringar.

Värmehärdbara legeringar

-F	fabrikationstillstånd
-0	mjukglödgat
-T	värmehärdad legering
-AQ	(as quenched) tillstånd som medger viss formning inom 1 a 2 timmar
-W	tillstånd efter AQ-tillstånd som övergår till -T tillstånd

Bokstaven -T är alltid följd av en eller flera siffror. Dessa siffror anger vilken metod som använts för framställning av stabil hårdhet (se nedan)

T0	står för obehandlat material
T1	står för enbart upplösnings-behandlat
T2	står för gjutet eller gjutbart
T3	står för upplösningsbehandlat + kallåldrat + kallvalsat
T4	står för upplösningsbehandlat + kallåldrat
T5	står för kallåldrat (utan upplösnings-behandling)
T6	står för upplösningsbehandlat + varmåldrat
T7	står för varmåldrat enligt T6 + måttjusterat genom valsning
T8	står för kallvalsat + varmåldrat
T9	står för varmåldrat enligt T6 + kallvalsat för större hårdhet
T10	står för varmåldrat + kallbearbetat utan upplösningsbehandling
Tx-yy	tilläggssiffrorna efter anger förändringar i standardpraxis

Exempel på andra koder som anger tillstånd som åldring åtföljt av kallvalsning till en viss procent av därutöver ökad hårdhet är tex T351 som anger tillstånd T3 + kallvalsning där 51 anger valsning till spänningslöst tillstånd; T8511 som anger behandling som T8 där kallvalsningen "varvats" med avspänningsglödgning för bättre hållfasthet mot utmattning vid avsedd användning till ex rotorblad, vingbalkar, mm.

För att få aluminium starkare sätter man till legeringsämnen eller grupper av ämnen som har mycket stor löslighet i aluminium vid höga temperaturer men en begränsad löslighet vid låga temperaturer.
Legeringar som ej har dessa egenskaper betecknas som icke härdbara. Följande metaller är vanliga som legeringsmetaller till aluminium

Cu - koppar	gör legeringen härdbar och höjer hållfastheten men minskar korrosionsbeständigheten
Zn - zink	gör materialet härdbart samt höjer hållfastheten men gör legeringen känslig för spänningskorrosion
Mg - mangan	verkar kornförfinande och ger därvid (inom vissa gränser) högre bockbarhet
Cr - krom	verkar kornförfinande samt motverkar spänningskorrosion hos zinkhaltiga legeringar
Si - kisel	gör legeringen lättfluten

Nedan presenteras ett antal för flygplan vanliga aluminiumlegeringar.

1100 Legeringen kännetecknar handelsrent aluminium med minst 99,0%Al. Den är lätt att svetsa men går ej att härda genom värmebehandling. Den används inte i flygplanstruktur annat än som pläteringsmetall (alclad) på mindre korrosionsbeständiga legeringar t ex 2024.

2014 Legeringen är en stark, värmehärdbar och formbar legering. Den kan endast svetsas med punktsvets. Korrosionsbeständigheten är dålig och den är därför pläterad. Legeringen bör vara i -T6 tillstånd vid användning i flygplan.

Legeringen är i detta tillstånd något starkare än 2024-T3. Legeringen 2014-T6 används bl a tilll skalplåtar och liknande..

Legering: 4,4% koppar 0,8% mangan
0,8% kisel 0,4% magnesium
Hårdhet: Hb - 45 för 2014-T0
Hb - 135 för 2014-T6

2017 Legeringarna är värmehärdbara och form-
2117 bara. De används huvudsakligen till nitar (D och AD).

Legering 2017: 4% koppar 0,5% magnesium
0,5% mangan
Legering 2117: 2,5% koppar 0,3% magnesium

2024 Legeringen är en stark, värmehärdbar och formbar legering. Korrosionsbeständigheten är dålig och den är därför pläterad. Legeringen har hög mekanisk styrka och används i bärande konstruktioner. För användning i flygplan måste legeringen vara i härdat tillstånd -T3, -T4. Legeringen används även till bultar, muttrar, nitar (DD) samt i stringers och spant. Legeringen kan endast punktsvetsas.

Legering Al 2024 normalvärden

Cu	3,8 - 4,9 %	Cr	- 0,6 %
Si	- 9,4 %	Zn	- 0,25 %
Mg	1,2 - 1,8 %	Ti	- 0,05 %
Mn	0,3 - 0,9 %	Zr	0,20 %
Fe	- 0,4 %	Al	resten

Hållfasthetsvärden för Al 2024-T3 normalvärden

Sträckgräns	σ_s	280 N/mm²
Brottgräns	σ_B	440 N/mm²
Förlängning	δ_s	14 %
Hårdhet	HB	105 - 150
	HV	110 - 160

För pläterade (tunna) plåtar sjunker hållfasthetsvärdena med pläteringens skikttjocklek. Om denna skikttjocklek är 0.05 mm får normalvärdet:

Sträckgränsen	σ_s	260 N/mm²
Brottgräns	σ_B	430 N/mm²

Hållfasthetsvärdena varierar med materialtjockleken så kraftigt att hänsyn måste tas till detta vid hållfasthetsberäkningar.

2219 Legering med stor styrka och god svetsbarhet.

3003 Legeringen är en icke värmehärdbar men formbar legering med 1,2% mangan. Legeringen kan svetsas och korrosionsbeständigheten är god. Den används till bl a vattentankar.

5052 Legeringen är en icke värmehärdbar, formbar legering med 2,5% magnesium och 0,25% krom.
Legeringen används inte i bärande struktur utan till t ex rör då legeringen är bättre än någon annan legering med avseende på utmattning.

6061 Legeringen är värmehärdbar, formbar och kan svetsas. Korrosionsbeständigheten är mycket god och i saltvatten tom bättre än ren aluminium. Legeringen används till hydraulrör och på grund av svetsbarheten till rörkonstruktioner. Genom den goda formbarheten används den till kåpor, vingspetsar mm och på grund av den goda saltvattenbeständigheten ofta i sjöflygplan. Bockbarheten är extremt god i -T6 tillstånd.

Legering Al 6061 normalvärden

Cu	-0,1%	Zn	- 0,2%
Si	0,7 - 1,4%	Pb	0,05%
Mg	0,6 - 1,1%	Sn	0,05%
Mn	0,4 - 1,0%	Cr	0,20%
Fe	0,5%	Ti + Zr	0,20%
Al	resten		

Hållfasthetsvärden Al 6061-T6 normalvärden

Sträckgräns	σ_s	250 N/mm²
Brottgräns	σ_B	300 N/mm²
Förlängning	δ_s	10 %
Hårdhet	HB	100
	Hv	100
Efter svetsning	σ_B	150 N/mm²

7075 Legeringen är mycket stark, värmehärdbar och formbar. 7075 används till bärande struktur där hög styrka erfordras. Korrosionsbeständigheten är dålig och 7075 är därför pläterad med 99% Al och 1%zink. 7075 används mycket till skalplåtar i skrov, för vingar, i stringers och andra smidda detaljer som beslag och fästen. Legeringen är dock mer känslig för spänningskorrosion än tex 2014-T6.

Legering	5,5% zink	2,5% magnesium
	1,5% koppar	0,2% krom

Hårdhet Hb - 60 för 7075-0
Hb - 150 för 7075-T6

7010 Legeringen är likvärdig med 7075 och används vid tjockare dimensioner än normalt vid 7075.

7079 Legeringen är en värmehärdbar och formbar legering med stor styrka och hårdhet. Mycket goda motståndsegenskaper mot utmattning. Används i tjocka materialsektioner.

7175 Legeringen är en värmehärdbar och formbar legering med stor styrka, seghet och goda motståndsegenskaper mot spänningskorrosion.

7475 Legeringen har mycket stor styrka, seghet och är svetsbar.

De vanligast förekommande kvaliteterna i amatörbyggen är Al 2014, Al 2024, Al 5052, Al 6061 och Al 7075. Dessa förekommer i olika tillstånd beroende på användning.

STÅL

Stål 4130 är det andra mest använda materialet i amatörbyggda flygplan där det används dels som rör i svetsade flygkroppar, som stöttor av rund eller droppformad profil samt som plåt för beslag, svetsade konstruktioner mm. Stål 4130 tillhör gruppen krom-molybdenstål legerat huvudsakligen med krom och molybden vilket ger höga hållfasthetsvärden i kombination med god svetsbarhet. Materialet kan härdas men användes oftast upplösningsbehandlat utan härdning.

Beteckningar och Legeringar

Liksom aluminium betecknas olika stålkvaliteter med en sifferkombination. Nedan följer en beskrivning av stål med beteckning enligt SAE, amerikanska beteckningar.

xxxx
Den första siffran i numret indikerar den allmänna klassificeringen, om stålet innehåller kol, nickel etc.
(Ex en 1 visar att stålet är ett kolstål).
Den andra siffran i numret indikerar den ungefärliga procenten av huvudlegeringsämnet.
De två sista siffrorna i numret indikerar den ungefärliga mängden kol i hundradels procent.
Olegerade och låglegerade stål används ej för tillverkning av delar till flygplan utan huvudsakligen för tillverkning av enkla verkstadsprodukter och hushållsprodukter varför vi ej behandlar dem här. De vanligaste legeringsmetallerna till järn för att få legeringar för användning i flygplan är nickel, krom, molybden och vanadin.

SAE 2xxx Nickelstål

Legering med nickel ökar hållfastheten samt utmattningshållfastheten. Nickelstål har vidare bra korrosionsbeständighet. Svetsbarheten är dålig och stålen användes huvudsakligen för tillverkning av bultar, skruvar och olika motordelar.

SAE 2330 med 3% nickel och 0,30% kol användes i stor utsträckning till flygplansbultar och som diverse-material.

SAE 3xxx Nickel-Kromstål

SAE 4xxx Molybdenstål

Legering med 0,1% - 1% molybden är ett mycket använt stål till flygplankonstruktioner. Molybden ökar hållfastheten och ger god svetsbarhet.

SAE 4130 Krom-molybdenstål har stor användning för tillverkning av detaljer till flygplan. Det är lätt att bearbeta och är lätt att värmebehandla. Det används mycket ofta till detaljer som skall svetsas och värmebehandlas som t ex motorfundament, landställ och styrsystem. Det är den stålkvalitet som oftast används i amatörbyggda flygplan.
Normen för stål 4130 av flygkvalitet är MIL-T-6736.

Legering stål 4130 normalvärden

C	0,23 - 0,28 %	P	- 0,2 %
Si	0,15 - 0,35 %	S	0,015 %
Mn	0,50 - 0,80 %	Cr	0,90-1,2 %
		Mo	0,15-0,25%

Hållfasthetsvärden stål 4130 normalvärden

Sträckgräns	σ_S	500 N/mm²
Brottgräns	σ_B	670 - 870 N/mm²
Förlängning	δ	13 %
	δ_{10}	11 %
Hårdhet	HB	200-260
	HV	205-270
Efter svetsning	σ_B	600 N/mm²

SAE 43xx Molybden-Krom-Nickelstål

SAE 5xxx Kromstål med 0,5% - 1,5% krom. Krom ökar korrosionsmotståndet och värmebeständigheten.

SAE 61xx Krom-Vanadinstål

SAE 8xxx innehåller många olika legeringsmetaller och används bl a som verktygsstål.

Ytterligare förhöjd hållfasthet kan fås genom en kombination av tidigare nämnda legeringsmetaller. Amerikansk beteckning på dessa är ibland HS-stål (High Steel). Dessa stål kommer dock amatörbyggaren normalt aldrig i kontakt med då de är mycket svåra att hantera.

SAE 4335 Hy-Tuf-stål med sammansättningen

1,3% mangan	1,5% kisel	0,3% krom
1,8% nickel	0,4% molybden	0,23-0,28% kol

SAE 4330 HS-stål (High strength steel) med sammansättningen

0,60-0,80% mangan	0,60-0,90% krom
1,65-2,0% nickel	0,20-0,30% molybden
0,35-0,45% kol	

Höghärdade detaljer tillverkade av stål enligt ovan är värmebehandlade till en brottgräns av 1550-1970 N/mm^2. För att nå en så hög hållfasthet är det nödvändigt med en låg anlöpningstemperatur, c:a 200° C.
HS detaljer får aldrig utsättas för högre temperatur än anlöpningstemperaturen. Fördelen med den höga härdningsgraden är bl a en betydande viktbesparing.
HS-stål är vidare känsligt för brottanvisningar, spänningskorrosion och vätesprödhet. Det är mycket viktigt att materialet skyddas mot lokala deformationer och slag. Ett slag kan leda till kritisk spänningsnivå som kan leda till materialspänningar och ge brott. Ett höglegerat stål får ej utsättas för fritt väte (förzinkning o likn). S.k vätesprödhet uppstår då vilket leder till kraftigt nedsatt hållfasthet och s.k sprödbrott vid belastning till kritisk nivå.
HS-stål är korrosionsskyddat med ett poröst lager kadmium och övermålat med primer och epoxylack. Skador i ytskiktet måste genast repareras för att undvika korrosion.
Ytterligare upplysningar om de olika HS-stålen finns i separata SAE-blad som dock ej tillhandahålls av EAA.
Rostfria stål användes i mycket liten utsträckning i amatörbyggda flygplan. Användningen kan vara i motorspant, avgasrör och andra ställen där värmetålighet är av primär betydelse. Rostfria stål är alltid höglegerade med huvudsakligen krom och nickel. Nedan listas några stål ur den amerikanska AISI-serien.
AISI 410 med 12% krom används till detaljer som skall vara korrosions- och värmebeständiga.
AISI 414 motsvarar AISI 410 med 2% nickel.
AISI 416 motsvarar AISI 410 i automatkvalitet.
AISI 301 med 17% krom och 7% nickel.
AISI 302 är det vanliga "rostfria" stålet som också kallas 18-8-stål.
AISI 303 motsvarar AISI 302 men är speciellt lättbearbetat.
AISI 304 motsvarar AISI 302 med mindre kolhalt som gör stålet svetsbart.
AISI 321 är ett värmebeständigt stål.
AISI 347 användes till avgassystem pga god svetsbarhet.
AISI 349 används likaså i avgassystem.
Rostfri plåt lagerföres i flera legeringar och hårdheter.

AISI 30321	mjuk, svetsbar
AISI 30347	mjuk, svetsbar
AISI 321	glödgad, svetsbar
AISI 347	mjuk, svetsbar
AISI 30304	mjuk, ej svetsbar
AISI 30301	1/4 hård, ej svetsbar
AISI 301	1/4 hård, ej svetsbar
AISI 301	1/2" hård, ej svetsbar
AISI 301	hård, för shims.

VÄRMEBEHANDLING AV LÄTTMETALLER

I det följande ges en beskrivning av hur värmebehandling av aluminium går till. Amatörbyggaren har emellertid sällan behov av att värmebehandla det material som används för bygget enär lämpliga kvaliteter finns att tillgå från valda materialleverantörer. Utrustningen som erfordras är ävenså omfattande och noggrannhetskraven stora varför, om det ändå erfordras en värmebehandling denna bör överlåtas till en verkstad med kunniga yrkesmän. Avsnittet om värmebehandling har medtagits mest i undervisningssyfte.

Värmebehandling av lättmetaller utföres för att åstadkomma ett för formning lämpligt tillstånd och för att ge materialet de för den avsedda användningen bästa egenskaperna. Allt efter materialets sammansättning omfattar värmebehandlingen mjukglödgning och/eller härdning. Som tidigare nämnts krävs skicklig personal och god utrustning för att få ett fullgott resultat av värmebehandlingen.

Med hänsyn till sammansättning och egenskaper uppdelas lättmetallerna i två grupper som vi tidigare sett dvs

icke härdbara och härdbara legeringar.

Som vi tidigare sett kan med små tillsatser av olika legeringsämnen brotthållfastheten hos ren aluminium väsentligen ökas från c:a 70 N/mm^2 till omkring 450 N/mm^2.

Härdning medelst värmebehandling av lättmetaller omfattar alltid två moment nämligen **upplösningsbehandling och åldring** vilket oftast fordrar uppvärmning till temperaturer över rumstemperatur; vissa åldringsprocesser kan dock ske i rumstemperatur.

Upplösningsbehandlingen tillgår så att, för ohärdad eller mjukglödgad 2024-plåt uppvärmning sker till c:a 495° C±5°C och hålls vid denna temperatur under specificerad tid. De olika legeringsämnena t ex koppar upplöses då i aluminiummetallen och bildar en fast lösning vilken genom efterföljande snabb kylning fixeras. Materialet är i detta tillstånd emellertid instabilt och en urskiljning av ytterst finfördelade kristaller av aluminium-koppar äger rum. Det stabila tillstånd som härigenom uppkommer uppnås för olika legeringar vid olika temperaturer. Man skiljer därför mellan kallåldring - åldring i rumstemperatur - och varmåldring vid förhöjd temperatur.

Al 2024 är en kallåldrad legering som får sin maximala hållfasthet efter c:a 5 dygn i rumstemperatur. Åldringshastigheten stiger med ökande och avtar med sjunkande temperatur. Al 2024 kan därför förvaras i -20°C omedelbart efter upplösningsbehandlingen och bevaras c:a en vecka utan att åldras.

Vid mjukglödgning uppvärms metallen till en temperatur emellan upplösnings- och åldringstemperaturen varvid materialet förändras från högsta hårdhet till ett stabilt tillstånd med lägsta hårdhet.

Erforderlig utrustning för värmebehandling av lättmetaller är

Ugn för uppvärmning, väl temperaturreglerad och kapabel till snabba temperaturändringar.

Kylkar för snabb avkylning. Vattnets temperatur får aldrig kunna överstiga 40°C. Max 10 sek förflyttningstid mellan ugn och kylkar.

Temperaturregleringen skall vara dimensionerad för att klara temperaturgränserna enligt tabeller för resp legerings temperatur.

Termometer för kontroll av temperatur.

Upphängningsanordningar i ugnen så att godset får en jämt fördelad uppvärmning.

Tidur för kontroll av hålltider skall finnas.

För att uppnå ett riktigt resultat av värmebehandlingen som motsvarar de krav som ställs på flygkvalitet måste godset behandlas enligt följande
- rengöring av godset dvs borttagning av fett, olja, färg, smuts o likn. Om detaljerna har beläggning av zink eller bly från tidigare behandlingar måste godset behandlas enligt speciella föreskrifter,
- inställning av rätt hålltemperatur,
- inhängning i ugnen så att godset får en jämn uppvärmning,
- behandling under rätt hålltid, samt
- svalning alt kylning enligt för godset avsett förfarande. Speciellt efter upplösningsbehandling skall kylning ske med max 5-10sek fördröjning beroende på godstjocklek samt åldring i förekommande fall enligt förfarande för resp legering.

Lättmetallegeringar kan endast värmebehandlas ett begränsat antal gånger, speciellt gäller detta pläterat material då legeringsämnena för varje gång delvis diffunderar ut i pläteringsmetallen.

Omhärdning av lättmetaller skall därför i görligaste mån undvikas.

Mjukglödgning av härdat material för lättare formning bör likaså undvikas. Det är ofta bättre att upplösningsbehandla materialet och utföra formningen i omedelbar anslutning till värmebehandlingen.

Efterföljande riktning är alltid nödvändig.

All utrustning som används för värmebehandling av lättmetaller skall vara kalibrerad enligt för utrustingen gällande föreskrifter.

Allt gods som värmebehandlats skall förutom okulärbesiktning kontrolleras på ett fackmannamässigt sätt enligt bokföring av värmebehandlingen med uppgifter om detaljnummer, antal, materialslag, art av värmebehandling, temperaturer och tider. Dessutom skall tidpunkten för värmebehandlingen anges samt skall den som utfört arbetet signera detta.

All värmebehandling skall provas 100%-igt, vid härdning speciellt av detaljer till strukturer skall provstavar sparas. Provstaven skall tas ur samma ämne som detaljen är tillverkad ifrån, vinkelrätt emot valsningsriktningen samt stämplas med detaljens nummer. Dragprov skall utföras efter åldring och resultatet noteras.

Tabeller som visar temperaturer samt kyl- och hålltider finns tillgängliga på EAAs kansli och kan av den som vill fördjupa sig i tekniken och ev själv genomföra värmebehandling fås därifrån.

Massiv nit kan ibland behöva värmebehandlas beroende på material och hantering. De för amatörbygge vanligaste nitkvaliteterna 2017D och 2117AD får sin hårdhet vid slagningen av niten och **får därför inte värmebehandlas**. De lämpar sig således mycket väl för amatörbyggaren som inte behöver bekymra sig om värmebehandling eller kylning av nitarna som används.

Nitar av Al 2024 eller A-U4G i fullt åldrat tillstånd måste upplösningsbehandlas före användningen för att undvika att de spricker vid slagningen.

Utrustning och förfarande är likartat det för värmebehandling av materialet för detaljtillverkning. Det är dock ofta inte möjligt att använda nitarna omedelbart efter värmebehandlingen. Nitarna kan därför förvaras i kylbox i 0°C under 8-10tim och i -20°C i c:a en månad. Nitning med kyld nit bör ske inom max 20min efter att dessa tagits ur kylan.

Skall nitarna förvaras i kylbox under längre tid skall nitarna efter kylning i vatten omedelbart placeras i T-sprit som håller -20°C eller lägre i min 5min. Därefter skakas spriten av och nitarna placeras i kylboxen. Förvaringstiden varierar med temperaturen enligt

max 10tim vid 0°C
max 35tim vid -10°C
max 30dygn vid -20°C.

Har nitarna förvarats längre än angiven tid måste de värmebehandlas på nytt.

BÄNKARBETEN

Nedan följer arbetsbeskrivningar av de vanligast förekommande arbetsmetoderna vid tillverkning av delar till amatörbyggda flygplan. Många av metoderna skiljer sig från det vanliga hobbysättet att behandla plåt och metall. Noggranhet och metodriktighet är A och O för ett gott resultat med hög säkerhet vid allt arbete med tillverkning av flygplansdetaljer.
De arbetsmetoder vi avser beskriva är **skärande bearbetning** med klippning, sågning, filning med gradning/putsning, svarvning/fräsning, borrning samt **plastisk bearbetning** med bockning, riktning, krympning och pressning. I vissa fall skiljer arbetssättet emellan aluminium och stål.

SKÄRANDE BEARBETNING

Klippning

Stora plåtar kapas bäst i gradsaxar eller bänksaxar hos lokal plåtverkstad. Om kapmåtten ritas på plåten skall en **mjuk** blyerts- eller spritpenna användas, **aldrig rits**! Slinter man med en rits blir det märken som senare måste slipas bort och i Alcladplåt efterbehandlas med korrosionsskyddande primer. "Feta" spritpennor skall alltid finnas till hands speciellt för märkning på plåt och aluminiumdetaljer.
Repor är alltid potentiella brottanvisningar och skall inte förekomma på detaljer i flygplan.
För att bäst utnyttja plåtmaterialet kan det vara bra att tillverka pappmallar av plåtdetaljerna och först märka ut de stora detaljerna. Tänk också på valsningsriktningen om plåten skall bockas i senare operationer. Valsningsriktningen syns som dragränder i plåten men kan vara svår att se på pläterad plåt.
Vid all klippning fås en stuk-kant och en viss deformation av plåten. Små detaljer klipps gärna med handsax men då måste kanterna alltid efterbearbetas medelst filning och gradning för att få bort all sprickbildning och deformation. Ett dåligt klippverktyg deformerar plåten och kräver efterföljande riktning som kan vara svår eller omöjlig för amatörbyggaren att åstadkomma.
Klippning av stålplåt kräver alltid kraftigare verktyg än för aluminium. 4130-plåt är mycket hård varför en bänksax klarar max 1,5mm tjocklek. Tjockare plåt sågas hellre med en bågfil.
Stuk-kanter efter klippning och sågkanter måste alltid efterbearbetas medelst filning/gradning och putsning. **Kapning medelst skärbrännare av 4130-plåt för användning i flygplansdetaljer får aldrig ske!**

Sågning

Sågning är en bättre metod för kapning av aluminium över 2mm än klippning. Lämpligt verktyg är en bandsåg eller en vanlig bågfil. För figursågning kan även en sticksåg med metallsågsblad användas. För härdad aluminium är relativt grovtandade blad att föredra. Vid sågning i bandsåg skall alltid skyddsglasögon och hörselskydd användas. Undvik att kapa aluminium med skärtrissa i handcirkelsåg. Dessa är avsedda för grovarbeten i kolstål.
Sågning av stål sker alltid bäst med bågfil. Sågkanter efterbearbetas med fil och slipduk för att få bort brottanvisningar och repor.
Vid all sågning skall arbetstycket sättas fast i lämpligt skruvstycke. Arbetsstycken av aluminium skyddas med mjuka backar av t ex aluminiumplåt.

Filning/putsning

Detta är det vanligaste arbetsmomentet vid all metallbearbetning. Även vid filning skall arbetsstycket vara väl fastsatt i lämpligt skruvstycke.
För att ett gott arbetsresultat skall uppnås är det viktigt att hantera filen på ett riktigt sätt. Filning sker endast åt ett håll, framåt ifrån operatören. Håll filen med båda händerna så att filen kan styras och undvik vågformiga rörelser. Rätt

arbetssätt är att hålla skafthandens tumme ovanpå filen och andra handens handflata eller fingrar på filens spets. Rikta filen så att den förs framåt och tillbaka - inte snett.
Lämpliga filsorter är dubbelslagen ansatsfil, enkelslagen fil, båda platta, rund- och halvrundsamt fyrkantfil. För grovfilning kan en sk pansarfil vara bra att ha tillhanda.
Det är viktigt att inte trycka filen för hårt mot arbetsstycket så att filen bågnar. Kontrollera ofta så att arbetsstycket formas rätt; använd en ställinjal för att kontrollera rakheten.
Alla filade ytor skall efterbearbetas medelst gradning av kanter, inte rundning. Vassa kanter liksom repor utgör alltid brottanvisningar. Efter gradning skall kanterna putsas med en enkel finhuggen fil som förs i en riktning och lyfts för varje filtag för att få bort kvarsittande filspån som kan ge märken i speciellt aluminium. Slutligen skall bearbetade ytor putsas med fin smärgelduk som läggs emellan filen och arbetssycket och hålls på plats med båda händerna. För höghärdade aluminiumlegeringar krävs ibland att kanterna poleras efter putsningen.

Svarvning/fräsning
Al 2024, ML12 och stål 4130, MS23 kan lätt bearbetas medelst svavning och fräsning. Hårdmetallskär bör användas för bearbetning i stål 4130. Om vanliga skärstål används skall låg skärhastighet användas tillsammans med lämplig skärvätska. För bearbetning i aluminium kan T-röd med fördel användas som skärvätska men en riktig skärpasta/vätska avsedd för resp material är alltid det bästa. Verktygen bör vidare ha större radier än vad som är normalt vid industriell bearbetning för att undvika att materialet onödigt repas.

Borrning
Vid all tillverkning av flygplansdetaljer oavsett material skall hål tas upp för bult eller nit. Vad som sägs i detta avsnitt kan således gälla såväl för aluminium och stål som för andra material.
Kvalitetskraven på nit- och bulthål beror på arten av förband. Ett strukturellt förband i ex en vingbalk kräver större noggranhet och omsorg vid bearbetningen än för t ex en skyddskåpa.
Generellt gäller att ju rundare hål och noggrannare spel desto större sannolikhet för maximal hållfasthet.
Beroende på vilka krav som ställs och var i flygplanet förbandet sitter gäller att för normala bultförband och nitförband enbart borrning är tillräcklig. För strukturförband, högbelastade bultförband och noggranna nitförband fordras brotschning efter borrning.
För borrning kan följande verktyg vara lämpliga
spiralborr av snabbstål eller kolstål med spetsvinkel 118°, stigningsvinkel 24° och släppningsvinkel 12-15°. Diametrar enligt behov med toleranser enligt SMS 807. Urspetsning bakom skäret,
brotsch av snabbstål eller kolstål med rak eller spiralskurna (10°) skär, spånvinkel 5-8° och släppningsvinklar, första 4-7°, andra 15-20°. Skärvinkel 85°-91°,
luftdriven **maskin** är den lättaste och medger snabb reaktion, t ex Atlas RAB 210 el likn. En elektrisk maskin bör vara elektroniskt steglöst reglerbar och ha låg vikt. Större borrdiametrar än 5-6mm bör ej hanteras i handborrmaskin. För stora borrdiametrar gäller alltid att borrning sker i pelarborrmaskin med arbetsstycket väl fastsatt i lämpligt skruvstycke.

Utförande
Borrning i 4130-stål bör ske med lågt varvtal och erforderlig skärvätska. Vid all borrning skall givetvis väl slipade borr användas.
Vid "torr" borrning med handborrmaskin skall alltid en steglöst reglerbar maskin användas och med lågt varvtal så att inte borren avhärdas. För högt varvtal riskerar dessutom att härda stålet så att detta blir oanvändbart. Använd således alltid väl slipade borr och lågt varvtal vid borrning i 4130-stål.

Vid borrning i aluminium med handborrmaskin användes likaså lågt varvtal för att borren inte skall kasta och ge ovala eller på annat sätt orunda hål.
För att uppnå ett gott borresultat rekommenderas följande tillvägagångssätt
- välj borrdiameter med hänsyn till förbandets art enligt tabell,
- använd verktyg enligt föregående avsnitt,
- använd alltid för arbetsoperationen rätt slipad borr. Slöa eller på annat sätt utslitna borr skall slipas om eller bättre kasseras,
- använd så korta borr som borroperationen tillåter för att undvika utböjning,
- starta aldrig en borroperation med ett kastande borr,
- använd ett fjädrande borrstopp där så kan ske,
- använd aldrig glapp eller slirande borrchuck,
- borra alltid vinkelrätt mot arbetsstyckets yta,
- för borrning i aluminium används skärhastigheter mellan 20-40 m/min - 2000-3000 r/min för vanliga borrdiam,
- för brotschning i aluminium används skärhastigheter mellan 8-20 m/min - 700-2000 r/min för vanliga brotchdiam.

Några vanliga fel vid borrning är
- borrbrott som orsakas av felaktig borrform,
- glapp i borrchucken,
- utsliten maskinspindel,
- för stor matning,

borren hugger orsakas av
- otillräcklig släppningsvinkel,
- för stor matning,

för stora hål beror på
- osymmetriska borrskär,
- excentrisk urspetsning (tvärskärets mitt ligger inte i borrcentrum),
- felaktig centrering av borren,
- krokig borr,
- glappa spindellager,

repiga och såriga ytor orsakas av
- slö borr,
- krokiga skär,
- otillfredsställande urspetsning,

snabbt sliten borr orsakas av
- otillräcklig släppningsvinkel mot borrcentrum.

Nya eller väl skärpta borr gör det lätt att undvika felen som angetts ovan. Väljer man att slipa om borrar i stället för att skaffa nya måste omslipningen ske med omsorg. Maskinslipning är att föredra men handslipning kan accepteras om den är rätt utförd och kan kontrolleras på ett tillfredsställande sätt. Omslipning av borr kan dock för amatörbyggaren som inte är verktygsmakare eller van bänkarbetare vara svår att åstadkomma. Lokal mekanisk verkstad kan emellertid säkert hjälpa till med borrslipning när så erfordras. Alternativet för amatörbyggaren är att nyanskaffa borr.
Använd således aldrig slitna borr - förutom ett undermåligt arbetsresultat tar borrarbetet bara längre tid än nödvändigt
Vid omslipning av borr skall följande kriterier uppfyllas
- huvudskären skall vara symmetriska dvs ha samma längd,
- släppningsvinkeln skall vara tillräcklig och gradvis ökande in mot borrcentrum,
- tvärskärets mitt skall sammanfalla med borrcentrum,
- skären skall vara raka, skarpa och jämna samt fria från grader och slipmärken,
- borren skall vara rak.

Kontroll av borrade och brotschade hål skall ske mot

storlek	rundhet
cylindricitet	riktning
ojämnheter	ytor

Som nämnts tidigare måste hålens noggranhet och utförande bedömas mot förbandets art dvs var i flygplanets struktur hålet sitter och vad som sitter i hålet.

Tabell över rekommenderade borrdiametrar för nitning

		Borr - håldiametrar i mm					
Nom nitdiam		Normala förband		Bränsletäta förband		Cherrynit	
tum	mm	borrdiam	max håldiam	borrdiam	max håldiam	borrdiam	max håldiam
3/32	2,39	2,50	2,75	----	------	----	-----
1/8	3,18	3,25	3,55	3,00	3,35	3,00	3,35
5/32	3,97	4,10	4,40	3,80	4,15	3,80	4,15
3/16	4,76	4,90	5,20	4,60	4,95	4,60	4,95
1/4	6,35	6,50	6,80	6,20	6,60	6,20	6,60

PLASTISK BEARBETNING

Bockning

Bockning av plåt i aluminium och stål skiljer sig från ovan nämnda bearbetningsmetoder så till vida att vid bockning avverkas inget material, det förflyttas. Man kallar metoden **plastisk bearbetning** till skillnad från skärande bearbetning.

Bockning av aluminium 2024 och 6061 kan lätt göras för hand med hjälp av gummiklubba, skruvstycke och en bockmall av trä eller aluminium. Den största praktiska längden för handbockning begränsas av plåtens längd till högst 100mm för plåt upp till 2,5mm tjocklek och aldrig mer än 50mm längd för 3mm plåt. 3mm är den största tjocklek som kan handbockas i kvaliteter -T3 och -T6. Tjockare plåtar måste bockas i bockmaskin där bockningsradien kan ställas in.

All bockning måste ske likformigt över detaljen för att inte delar av plåten skall sträckas på ett oönskat sätt. Om endast en del av plåten bockas blir den tunnare i den del som finns emellan den bockade delen och den obockade. Fortsätter bockningen kommer den tunnare delen emellan bockoperationerna att "vara för stor" och kröka plåten. Att rikta plåten efter en sådan bockning är mycket svårt.

Vid klippning och sågning av plåt som skall bockas är det viktigt att detta sker med några mm övermått och att kanterna putsas till en slät yta för att undvika brottanvisningar som kan ge upphov till sprickor vid bockningen. All bockning skall göras tvärs plåtens valsningsriktning om bockningen skall göras med små radier för t ex beslag.

För stora radier vid t ex skalplåtar för vingframkanter eller roderframkanter görs bockningen längs med valsningsriktningen. Plåtens kvalitetsmärkning är alltid stämplad längs med valsningsriktningen med korta avstånd så att den skall synas även på kapade plåtar.

Vid bockningen får plåten inte bearbetas direkt med hammare eftersom detta sträcker plåten till en mer eller mindre stor bågform. Använd istället en gummi- eller plastklubba - eller använd mellanlägg av hårt trä vid bearbetning med hammare. Det är också viktigt att bockningen sker långsamt för att inte värmeutvecklingen i plåten pga inre friktion blir för stor.

Bockning av långa detaljer måste göras i ett moment vilket endast kan ske i kantbockningsmaskiner. Sådana finns hos plåtbearbetningsföretag och dessa kan säkert hjälpa till med bockning mot en mindre ersättning. Tjocka plåtar måste bockas i speciella kantbockar avsedda för just tjocka plåtar då det fordras mycket stor kraft för att bocka dessa.

Det är mycket viktigt att förklara betydelsen av rätt bockningsradie för operatören i ett verkstads företag som inte normalt sysslar med plåt till flygplandetaljer. I verkstadsindustin används oftast mjukare plåt än 2024 och 6061 varför kraven på bockningsradier inte är de samma.

Kantbockningsmaskiner har inställningsmöjligheter för olika bockradier samt bockknivar med större eller mindre radie. Bockningen kan också göras runt trämallar i en bockmaskin om så erfordras. Vid bockning av 2024- och 6061-plåt måste en överbockning om c:a 10° göras eftersom plåten fjädrar tillbaks efter bockning.

4130-stål kan bockas i kantbockmaskin i tjocklek upp till 3mm om längden inte är för stor. Vid större tjocklek än 3mm bockas plåten i rödglödgat tillstånd. Efterföljande avsvalning måste ske långsamt och får ej göras i vatten eller liknande eftersom materialet då härdar och blir glashårt och sprickbenäget.

Figur 22.4.1 på sidan 3 visar några exempel på beslag som bockats tvärs resp längs med valsningsriktningen, markerad med pilar.

Om bockning skall göras till 90° över mall måste denna tillåta överbockning 10° för att återfjädringen skall ske till rätt gradtal. Mallen kan med fördel göras med olika radier anpassade för olika plåttjocklekar. Mallens radier skall motsvaras av den bockade plåtens innerradie för olika legeringar, tillstånd och tjocklekar.

Mindre och enkla beslag och detaljer kan ibland behöva bockas i skruvstycke om lämpliga verktyg ej finns till hands. Notera då att märkningen för bockens placering på färdig detalj skall placeras några mm ovanför mallens överkant för att hamna rätt. Avståndet måste provas in beroende på material, tjocklek, mm.

Några lämpliga former på bockmallar visas i figur 22.4.2 på sidan 4.

Diagram för bestämning av erforderligt material-tillägg vid bockning 90° visas på sidan 8, samt fås erforderliga radier för bockning tvärs resp längs med valsningsriktningen ur tabeller nedan.

Formel för beräkning av erforderligt material-pålägg/avdrag fås ur exempel nedan.

I figur 22.4.3 på sidan 7 har använts symboler och måttangivelser som förekommer vid bockning till radie (r). Förkortning v vid bockning fås ur

$v=2a - b = 0,43r + 1,482 * a$

där värdet för v fås ur diagram sid 8.

För flera bockar ges några exempel i fig 22.4.3 på sidan 7.

Stålplåt bockas normalt med radien 1,5 x plåt-tjockleken.

För Al 2024-T3, -T4 och Al 6061-T6 kan följande korttabell för inner-radie användas.

För t upp till 0,8mm	r = 1,5mm
för t = 0,8mm - 1,6mm	r = 2 x plåttjockleken
för t = 1,6mm - 3,0mm	r = 3 x "
för t = 3,0mm - 6mm	r = 4 x "
för t = 6,0mm - 12mm	r = 5 x "

För övriga material används nedanstående tabell. Ex 2024 - T3 med t = 0,125". Bockningsradien är 0,56", dvs 14,2mm. Enligt korttabellen var radien 4 x 3,175 = 12,7mm. Korttabellens värden är således min-radie. Det är viktigt att inga hål borrats före bockning, speciellt nära bock-kanten då hålen kan deformeras vid bockningen.

Omvandlingstabell 1/1000" - mm

tum	mm	tum	mm
012	0,3	064	1,6
016	0,4	072	1,8
020	0,5	080	2,0
024	0,6	081	2,05
028	0,7	090	2,3
032	0,8	091	2,3
036	0,9	100	2,5
040	1,0	102	2,5
048	1,2	119	3,0
050	1,25	125	3,2
051	1,3	138	3,5
055	1,4	156	4,0
059	1,5	177	4,5
063	1,6	188	4,8

Tabell för minsta tillåtna bockningsradie i mm vid bockning **parallellt** med valsningsriktningen.

Al 2024 och Al 2014

Plåttjocklek i 1/1000"	020	025-032	040	050-063	071	080	090	100
Tillstånd - 0	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	4,0	5,0
Tillstånd 2024-T3 och 2014-T6	2,5	3,0	4,0	5,0	5,5	8,0	9,5	10,5

Al 7075

Plåttjocklek i 1/1000"	016	020	025	032	040	050	063	071	080	090
Tillstånd - 0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5
Tillstånd - T6	2,5	3,0	4,0	5,0	6,5	8,0	10,5	11,0	12,5	14,5

Al 6061

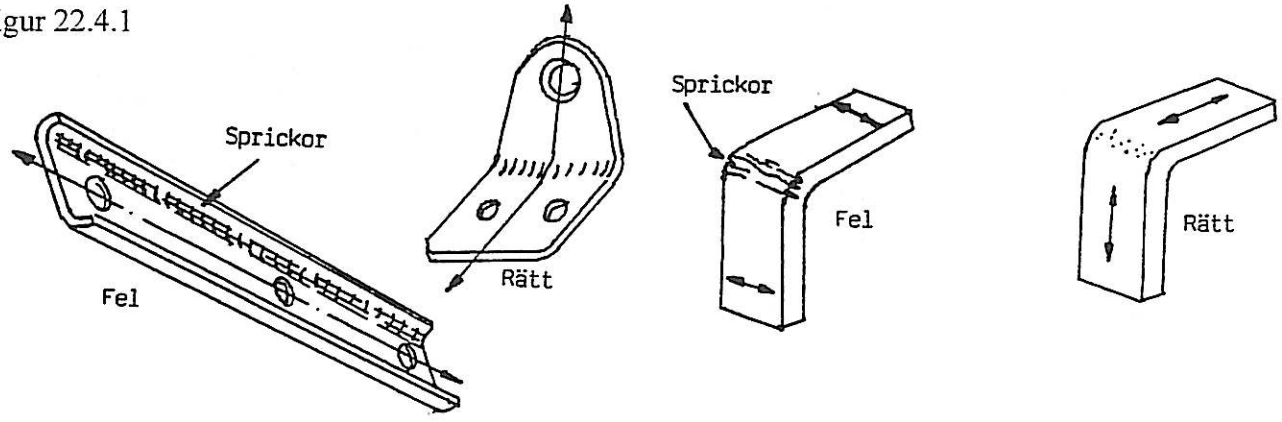
Plåttjocklek i 1/1000"	025	032	040-050	063	071-080
Tillstånd - T6	1,0	1,5	2,5	3,0	4,0

Tabell för minsta tillåtna bockningsradie i mm vid bockning **tvärs** valsningsriktningen för några vanliga Al-kvaliteter.

Plåttjocklek i 1/1000"	**5052-0 6061-0**	**2024-0 6061-T4**	**7075-0 7178-0**	**2024-T3 2024-T4 6061-T6**	**7075-T6 7178-T6**
006 - 016	1,0	1,0	1,0	1,5	2,5
016 - 020	1,0	1,0	1,0	1,5	3,0
022 - 025	1,0	1,5	1,5	2,5	3,0
028	1,0	1,5	1,5	2,5	4,0
032	1,0	1,5	1,5	3,0	4,0
036 - 040	1,5	1,5	1,5	4,0	5,0
045 - 050	1,5	2,5	2,5	5,0	6,5
056	1,5	3,0	3,0	5,5	7,0
063	1,5	3,0	3,0	5,5	8,0
071	2,5	3,0	3,0	7,0	9,5
080	2,5	4,0	5,0	8,5	11,0
090	2,5	5,0	5,0	9,5	12,5
100	3,0	5,5	5,5	11,0	16,0
112	3,0	6,5	7,0	12,5	19,0
125	3,0	6,5	7,0	14,0	22,5

Tabellerna ovan kan synas inkonsekventa med ibland angivna större minsta radier vid bockning **tvärs** valsningsriktningen. Som regel måste dock större radie användas vid bockning **längs** valsningsriktningen. Provbockning bör alltid göras med avsedd radie för att utröna spricktendensen.

Figur 22.4.1

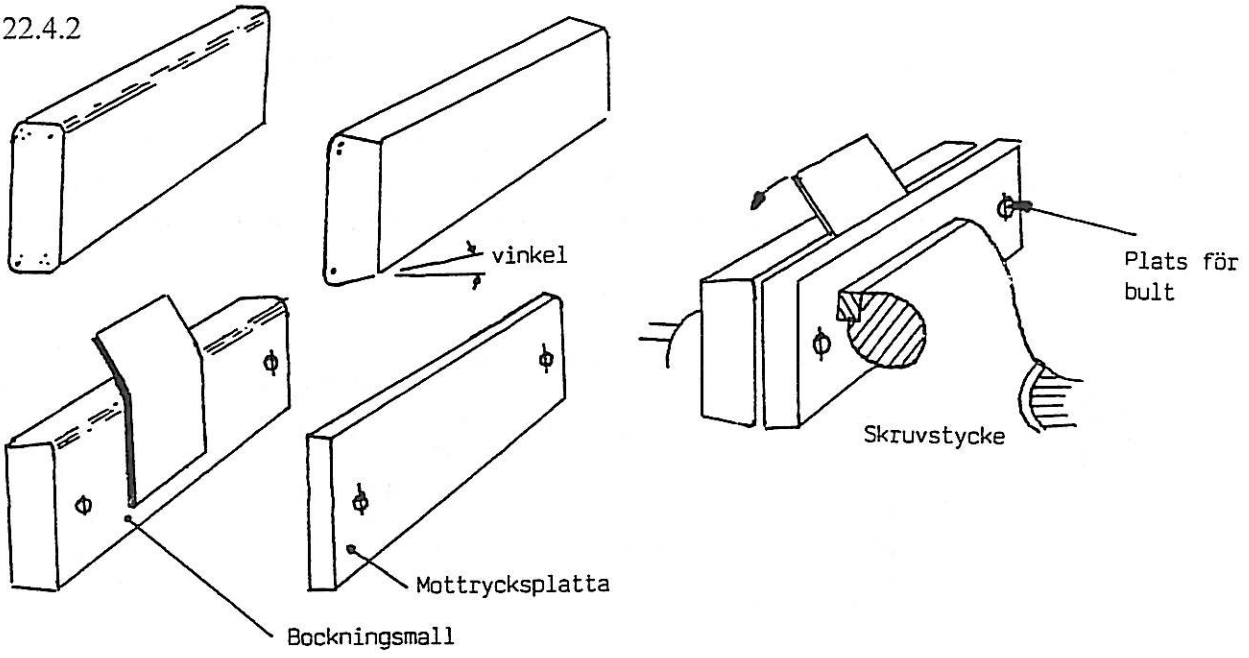


Tabell för minsta tillåtna bockningsradie i mm för **stål 4130.**

Plåttjocklek i 1/1000"	4130 mjukglödgad	4130 normal
006 - 025	1,5	1,5
028 - 032	1,5	2,5
036 - 040	2,5	3,0
045 - 050	2,5	4,0
056 - 063	2,5	5,0
071	3,0	5,5
080	3,0	6,5
090	4,0	7,0
100	4,0	8,0
112	5,0	9,0
125	5,0	9,5
140	6,5	9,5
160	6,5	11,0
180-190	9,5	12,5

Bockning av tjockare plåtar i aluminium eller stål för användning i flygplanskonstruktioner bör undvikas. För vissa detaljer som landställsben av aluminium måste materialet först normaliseras, dvs avhärdas vilket innebär att materialet efter formningen åter måste värmebehandlas till tillstånd -T3, -T4 eller -T6. Detta är svårt för amatörbyggaren att åstadkomma varför såväl bockningsarbetet som värmebehandlingen bör lämnas till verkstad som har möjligheter att utföra dessa operationer.

Figur 22.4.2



Riktning

Riktning av plåt och profiler kan göras med slag eller med krympning. Vid riktning med slag medelst hammare skall hammarhuvudet vara slätt, helst polerat så att arbetsstycket inte får märken i onödan. Detta gäller givetvis även mothållet.

Vid riktning av aluminium skall helst hammare med plast- eller aluminiumhuvud användas, men även andra mjuka material kan användas. Hammarhuvudets slagyta skall vara svagt konvext för att inte kantmärken skall uppstå i plåten.

Meningen med riktningen är att flytta materialet så att detta tunnas ut. Det är alltså inte fråga om att böja plåten medelst slag. Böjning fås genom att överskottsmaterial skjuter andra delar av arbetsstyckets material framför sig. Figur 22.4.4 på sidan 7 visar rätt och fel metod vid riktning av en vinkelprofil.

Vid riktning med krympning används ett verktyg med fyra käftar som griper tag i plåten och trycker ihop denna i planet så att plåten blir tjockare. Detta gör att plåten minskar i sidled, drar ihop sig och ändrar på så sätt form; en krokig profil blir rak och en rak plåt kan fås att bli till en bågform t ex plåten mellan vindruta och kropp. Endast aluminium låter sig bearbetas med krympning, stålplåt är alltför hårt för denna bearbetningsmetod.

Verktyg för krympning är såväl sällsynta som dyra varför de som ändå vill arbeta med ett sådant lämpligen samköper ett verktyg med andra byggare eller använder andra metoder för krympning. Figurerna i slutet av avsnittet visar dels ett krympverktyg dels en ersättning för ett sådant, en enkel träkloss formad på lämpligt sätt.

Vid riktarbete är bearbetning med hammare och krympverktyg nära förknippade med varandra. Ofta blir det för många slag med krymphammaren vilket sträcker plåten något för mycket varför efterkrympning måste göras med krympverktyget.

Krympverktyget fungerar så att käftarna pressar ihop metallen proportionellt mot kraften i handtaget. En snäv radie på en plåtlist kan formas genom att låta käftarna arbetar runt en liten yta med stor kraft i handtaget. Oftast är dock radien stor på en plåt och krökningen svag varför denna riktas med små tryckningar på handtaget och längs en stor längd utefter plåten. Man måste hela tiden vara observant på krökningen så att den sker på önskat sätt och till önskad form. Krympens käftar gör alltid märken i plåtens yta varför dessa måste slipas bort efter avslutad krympning.

Amatörbyggaren har sällan behov av att kröka plåtar till snäva dimensionstoleranser vilket kräver stor yrkesskicklighet. Dock kan varje amatörbyggare efter lite övning forma och rikta de fåtal krökta plåtar som finns i ett amatörbygge.

Figur 22.4.5 på sidan 9 visar ex på hur ett krympverktyg kan se ut.

Pressning

Dubbelkrökta ytor i lättmetall formas bäst i en tryckpress. Pressningen tillgår så att planformen för ex en sprygel skärs ut i aluminiumplåt i rätt tillstånd. Därefter upplösningsbehandlas materialet och kyls enl vad som tidigare sagts i avsnitten om värmebehandling.

Det till rätt form utskurna mjuka ämnet läggs på en form av hårt trä där plåten låses med styrstift för att inte rubbas under pressningen. Ämnet placeras i pressen och en skiva av hårt gummi (ung som gummit i en gummiklack) läggs över plåten. Gummiskivan skall vara tillräckligt stor för att kunna omsluta plåtämnet helt.

Presstrycket måste vara stort för att helt omsluta arbetsstycket och forma detta utan veck i plåten. En hydraulpress är därför det lämpligaste. De

pressade detaljerna kan sedan riktas och värmebehandlas till rätt tillstånd. Amatörbyggarens arbetsresultat med pressning skiljer sig rätt utfört inte från fabriksmässigt utförd pressning.
En enkel press för **små** detaljer kan byggas av varje amatörbyggare av järnbalkar, en stålplatta, en gummidyna och en hydraulisk domkraft. Figur 22.4.6 på sidan 10 visar hur en sådan kan byggas.
Domkraften skall klara min 5tons presskraft, gummidynan skall vara min 25cm tjock. Stålplattan skall vara c:a 20mm tjock och storleken skall vara anpassad till det material och arbetsstycke som skall pressas. Ovanpå stålplattan placeras ett par stålbalkar för att fördela trycket. Om inte bygglokalens tak är tillräckligt stabilt för att klara 5tons presskraft (kolla detta först!) måste en ram byggas runt pressen för att ta upp motkraften. Lämplig höjd i pressningsområdet kan vara c:a 1 meter med anordningar för att förflytta de undre tvärbalkarna uppåt eller nedåt beroende på arbetsstyckets höjd i förhållande till domkraftens slaglängd. Vanliga domkrafter fungerar endast i rättvänt läge med kolven uppåt.
Min erforderligt tryck för en normalstor detalj är 50bar och för ex en sprygel 500bar. Alternativet till pressning kan därför vara handknackning runt trämallar.
Följ alltid konstruktörens anvisningar om i vilket tillstånd de olika detaljerna skall pressas.

Försänkning
Försänkning i plåt kan göras antingen som borrförsänkning eller som pressförsänkning (dimpling). Vid tjocka plåtar används endast borrförsänkning både för nit och skruv. Plåtar med tjocklek under 0,8mm kan aldrig borrförsänkas, hål i dessa pressförsänks med lämpligt verktyg för detta.
Vid förband med blandad plåttjocklek - en tunn plåt nitas till en tjock - med försänkt nit kan det vara lämpligt att borrförsänka den tjocka och pressförsänka, dimpla den tunna plåten. Ett förband med pressförsänkta hål ger ett tillskott till skjuvhållfastheten om c:a 10% jämfört med ett slätt eller borrförsänkt förband. Därför skall alltid pressförsänkning användas där konstruktören så föreskriver.
Verktyg för pressförsänkning finns att köpa hos de tidigare nämnda leverantörerna av verktyg och material för amatörbygge.
Figurer nedan visar resultatet av rätt och felaktigt utförd försänkning. Vid rätt utförd försänkning, pressförsänkning och gradning ligger den tunna, övre dimplade plåten väl an mot den undre borrförsänkta tjocka plåten och förbandet förblir rakt under nitningen.
En felaktigt utförd dimpling, fel utförd borrförsänkning eller dålig gradning ger spänningar emellan plåtarna som gör att den tunna plåten reser sig vid nitningen.
Pressförsänkta hål måste alltid kontrolleras med avseende på sprickbildning i hålkanten. En provdimpling bör således göras före bearbetning av arbetsstycket.

Fig visar resultat av rätt utförd försänkning

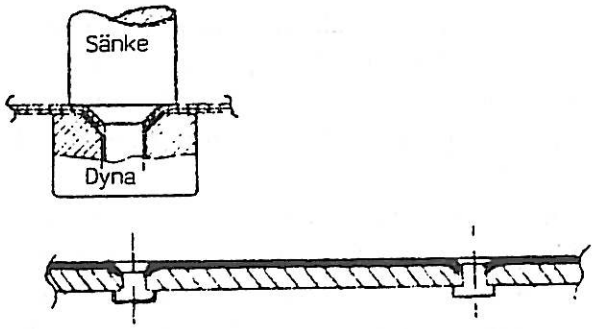
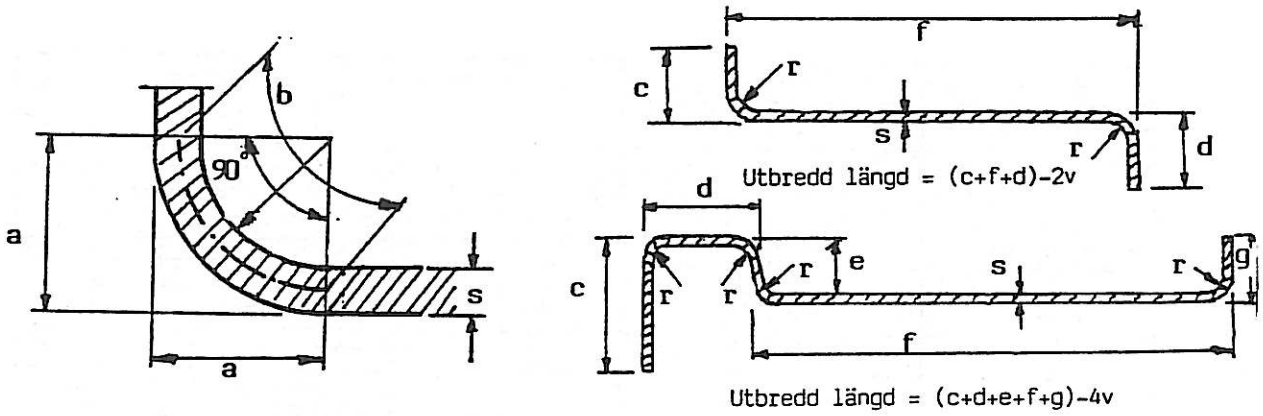


Fig visar resultat av felaktigt utförd försänkning

Figur 22.4.3 Beteckningar för utbredningsberäkning



Figur 22.4.4 Rätt och fel metod att rikta en vinkelprofil

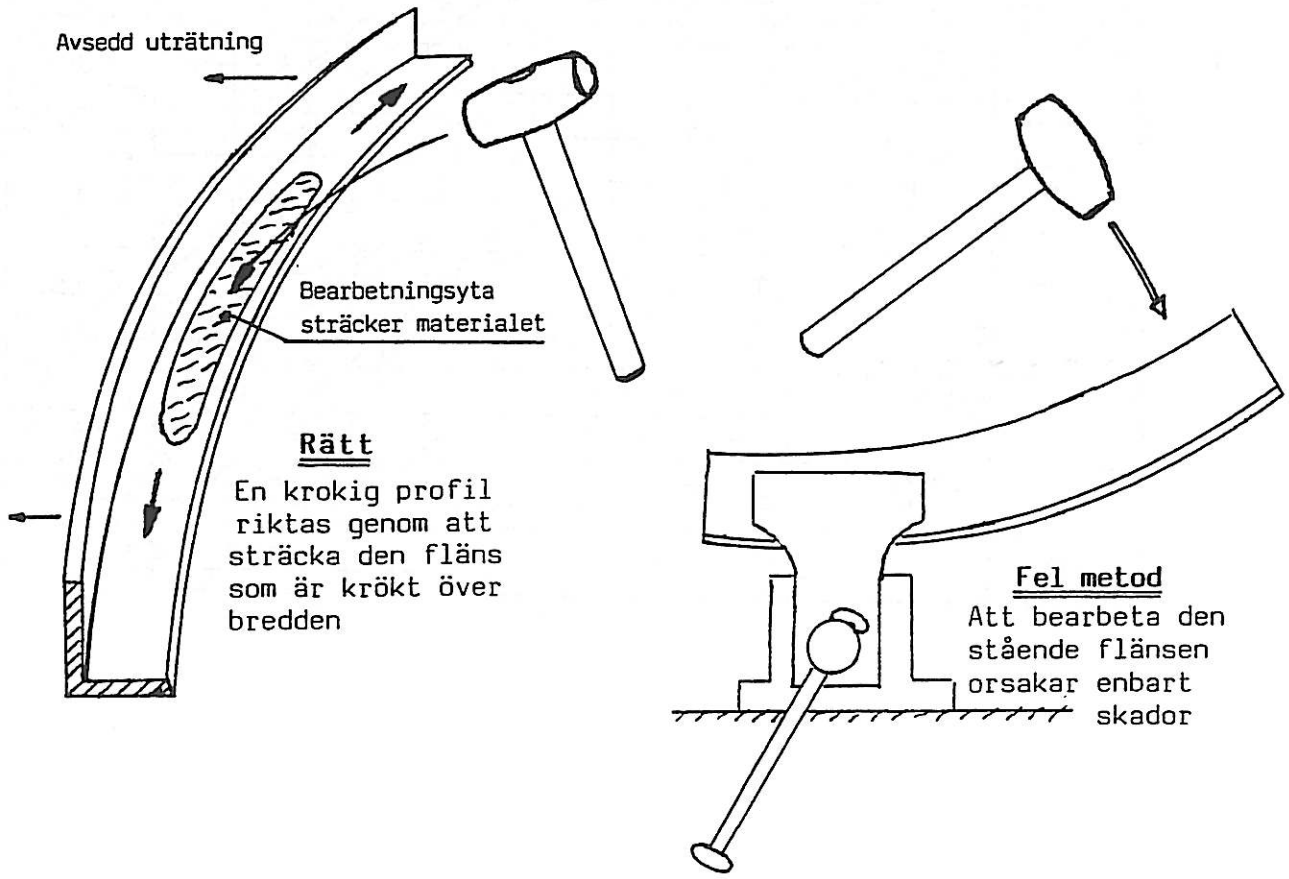
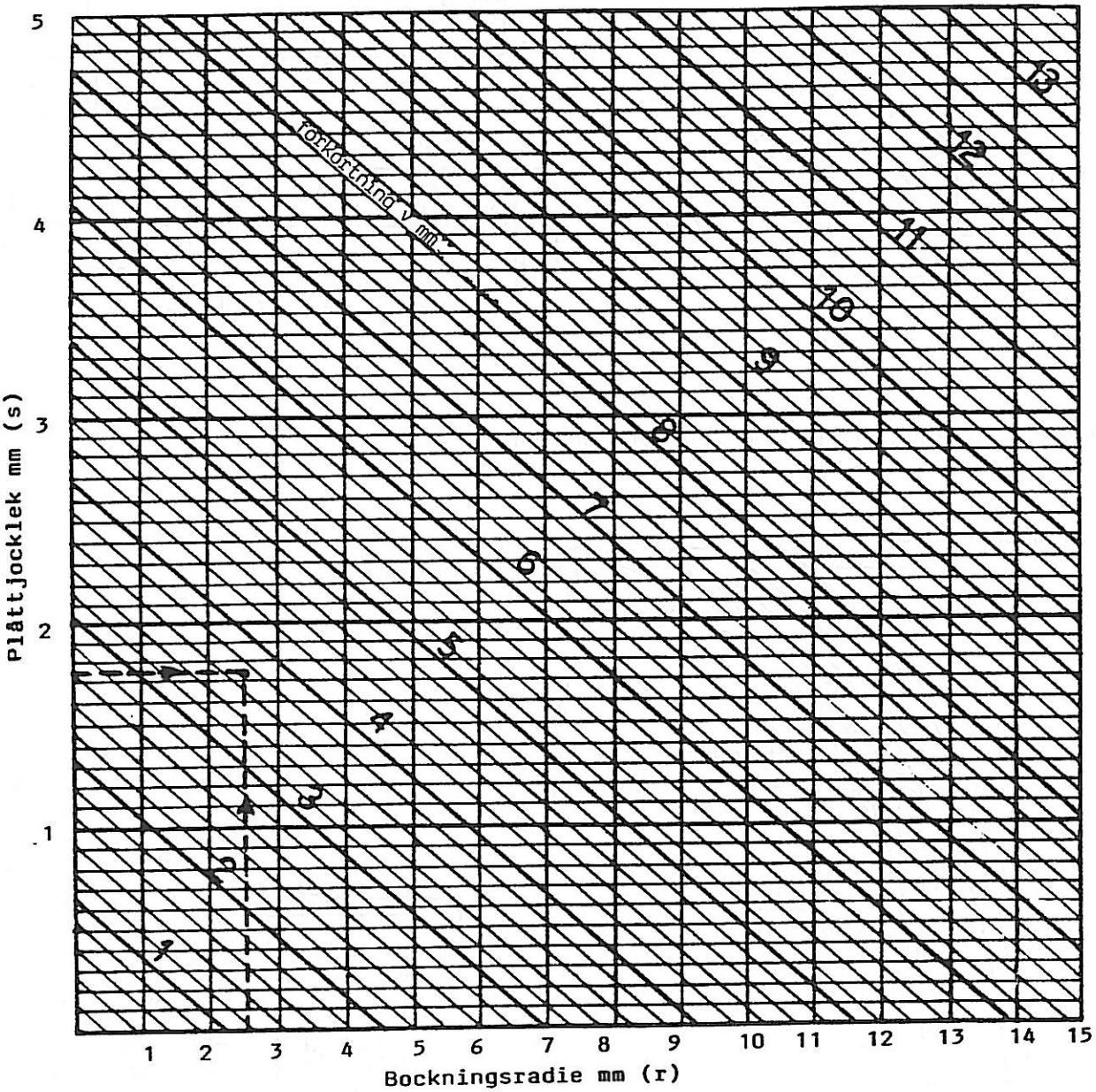
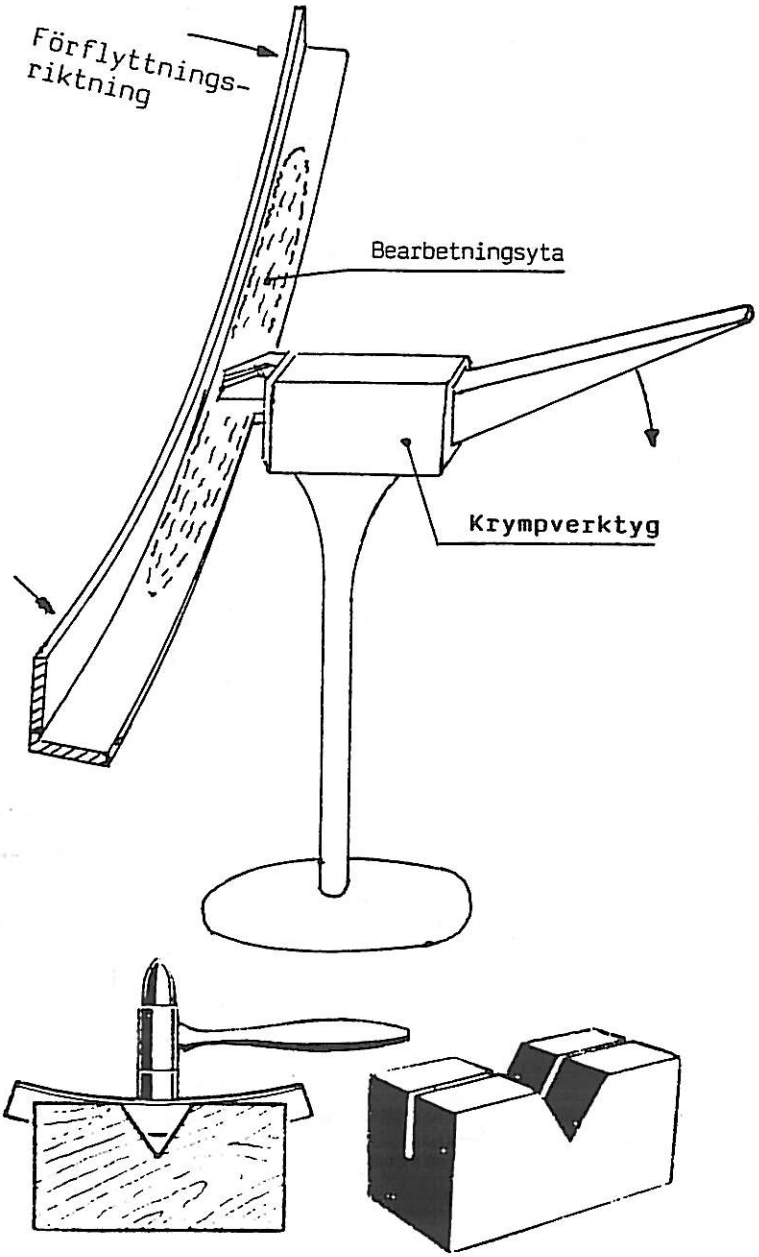


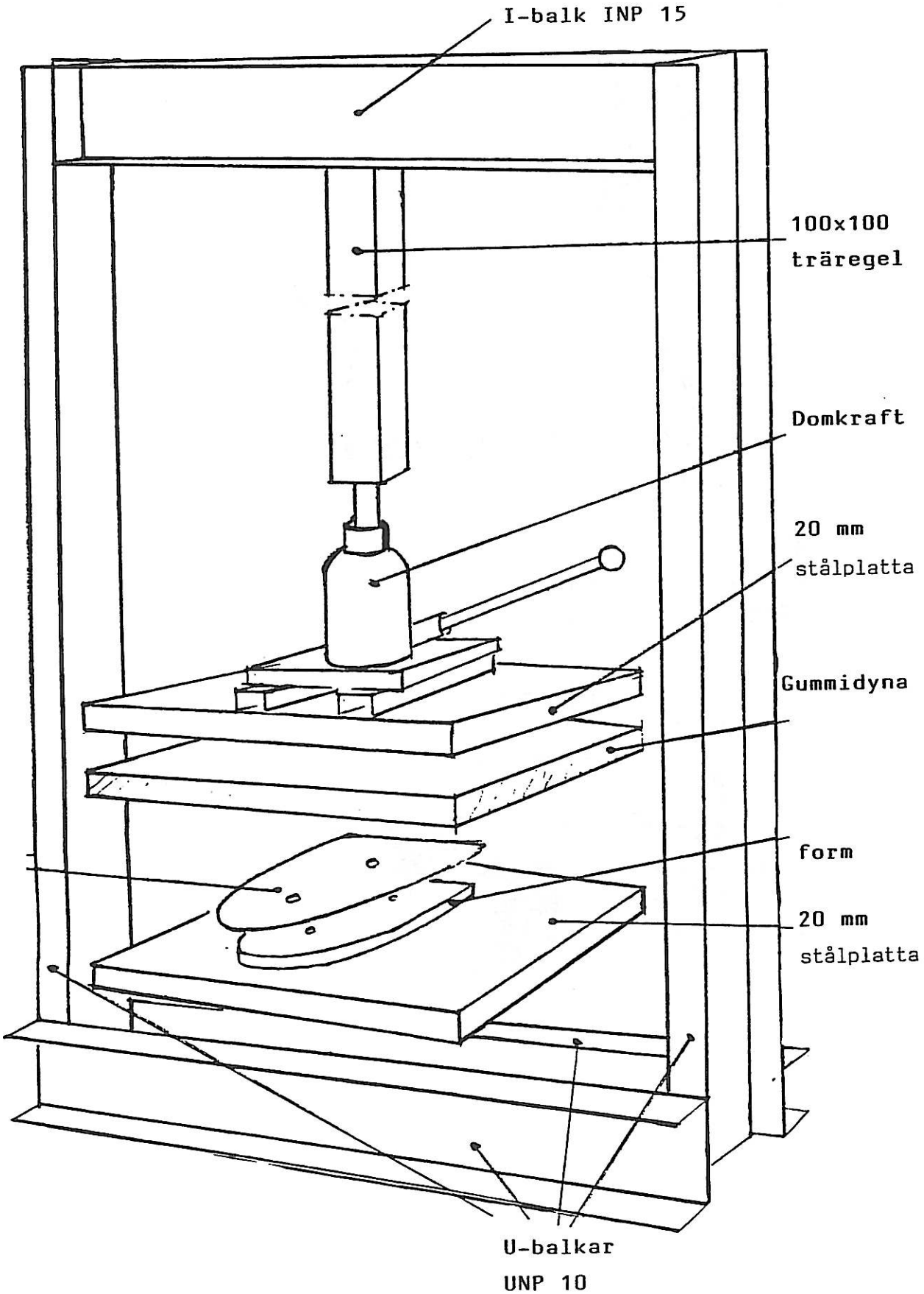
Diagram för bestämning av materiallängd (förkortning) vid bockningsradie 90°.



Figur 22.4.5 Enkla krympverktyg



Figur 22.4.6 En enkel press för formning av små detaljer.



SAMMANFOGNING

Sammanfogning av ett flygplans olika delar utförda i metall eller stål sker medelst nitning, bultförband eller svetsning. Svetsning användes uteslutande för detaljer utförda i stål och kommer inte att behandlas under bygghandbokens metalldel då området i sig är alltför omfattande samt kräver speciell behörighet av utövaren.
Svetsning och nitning hänförs till odemonterbara förband medan bultförband är demonterbara förband.

FASTA FÖRBAND

Allmänt

Ett flygplan byggt i aluminium sammanfogas medelst nitning till den största delen, ibland förekommer även limning samt en kombination av nitning och limning. Avsnittet omfattar nitning med fullnit, nitning med Cherrynit samt erforderliga försänkningsarbeten som måste göras vid försänkt nit. En del av det som avhandlas i detta avsnitt kan för amatörbyggaren te sig något främmande men har ändå tagits med i undervisningssyfte.
Det är viktigt att följa konstruktörens anvisningar om vilken nittyp och kvalitet som skall användas. I avsnittets olika tabeller förekommer en mängd olika beteckningar för nit varför ritningens anvisningar om nitbeteckning alltid i första hand skall följas.
Nitar av olika typ och kvalitet framgår av tabell i slutet av detta avsnitt där nitbeteckningarna angivits med MS-nummer där motsvarande AN-nummer är de tre sista siffrorna i MS-numret. Sista siffrorna anger nitskallens form. För att särskilja nit av olika materialkvaliteter har nittillverkarna infört mekanisk märkning på nitskallarna i form av körnslag, ringar, kryss o likn. Fransktillverkad nit saknar denna mekaniska märkning och förekommer i mm-dimensioner till skillnad från amerikansk nit som har tum-dimensioner. Denna nitsort, av typen RM-DA är därför grönfärgad.
Tabeller på sidan 4 visar koder, utseende och material för nitar av fransk, tysk och amerikansk tillverkning.

Nitar betecknas med MS- eller AN-nummer, en sifferserie,bokstavsbeteckning för material, siffra för diameter samt siffra för längd enligt ex
MS20426 DD 4-6 där
(AN426)

6-------längd i 1/16"
4---------diameter i 1/32"
DD----------materialet i niten (2024)
AN426 ---------- nittyp enligt normer med 100grader försänkt skalle

Nomogrammet på sidan 3 ger god hjälp att bestämma rätt nitlängd i förhållande till varierande klämlängder och nitdiametrar.

Avståndet mellan två närbelägna nitar får ej vara mindre än 3 x nitdiametern enligt (se fig22.5.1 på sidan 22.5.2 - 4)

nitdiameter	min delning
3/32"	7,5mm
1/8"	9,5mm
5/32"	12mm
3/16"	14,5mm
1/4"	19mm
5/16"	24mm
3/8"	29mm

Avståndet till närmsta kant får ej vara mindre än 2 x nitdiametern vid kullriga nit och 2,5 x nitdiametern vid försänkta nit enligt (se fig 22.5.1 på sidan 22.5.2 - 4)

nitdiameter	min kantavstånd	
	kullrig	försänkt
3/32"	5mm	6mm
1/8"	6,5mm	8mm
5/32"	8mm	10mm
3/16"	9,5mm	12mm
1/4"	12,5mm	16mm
5/16"	16mm	20mm
3/8"	19mm	24mm

Nitning med fullnit

Att sammanfoga plåtar med fullnit kan för den oinvigde förefalla svårt men efter att ha slagit ett 25-tal nit har den händige amatörbyggaren förstått hur nitdragaren och mothållen skall hanteras. För allt fler av de moderna byggsatserna till flygplan i lättmetall används fullnit - en RV 6 t ex innehåller c:a 15000st! Ett väl och noggrant genomfört nitarbete väcker alltid betraktarens beundran.

Följande instruktion är i första hand en sammanställning av rekommendationer och kvalitetskrav som påverkar nitresultatet. Beroende på nitförbandets placering ställs olika krav på detta och för att fylla dessa används olika nitmetoder. Vid nitning av ex tankar gäller att samtidigt som hållfasthetskraven skall uppfyllas få ett tätt förband. Vid nitning av ex skalplåtar till vinge och flygkropp gäller att få en slät och aerodynamiskt gynnsam yta samtidigt som hållfasthetskraven skall uppfyllas.

På flygplanverkstäder och reparationsverkstäder användes ofta fasta nitmaskiner där nitens stukskalle formas med några få slag eller dras niten med en pressnitmaskin under kraftig press i ett moment. Amatörbyggaren har sällan tillgång till sådana maskiner annat än handdrivna presstänger eller stativ där nitdragaren kan sättas fast. För amatörbyggaren är därför handnitning den vanligaste arbetsmetoden oavsett om arbetsstycket är fäst i skruvstycke eller nitningen sker på vingar eller kropp i resp jigg.

Det bästa resultatet vid nitning medelst handnitning får man med en luftdriven nitdragare inställd så att nitningen sker med få men kraftiga slag. Därför måste nitdragaren vara rätt dimensionerad för resp nitstorlek. Är nitdragaren för klen blir slagantalet stort och bearbetningstiden lång varvid niten blir kallbearbetad närmast ytan, sprickor uppstår lätt och nitresultatet otillfredsställande.

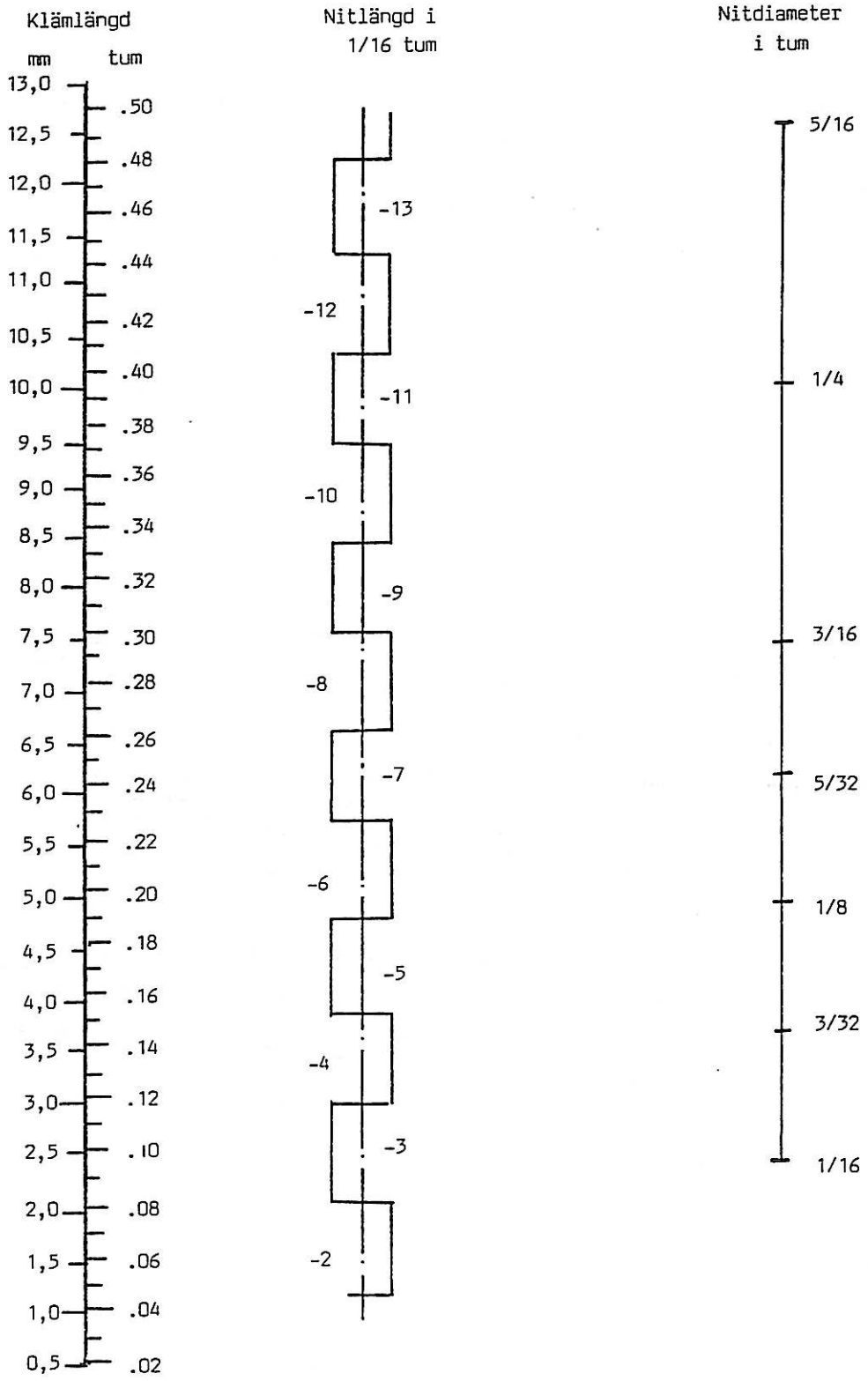
Lika viktigt som en rätt dimensionerad nitdragare är mothållets storlek. Detta varierar naturligtvis med arbetsstyckets placering och dess orientering. Ofta är orsaken till ett dåligt nit- resultat ett för klent tilltaget mothåll. Härdad lättmetallnit nitas således med hög slageffekt, lågt slagtal och kort tid. En nitdragare med c:a 13 - 15cm^3 och en slagfrekvens om c:a 1600 slag/min är optimalt för nitning av 1/4" nit.

För ett gott nitresultat är följande faktorer av stor betydelse

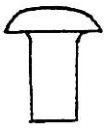
- nithålen skall vara runda och ha fina ytor,
- spelet mellan nit och hål skall vara det som angivits i tabeller i kapitel 22.4,
- niten skall vara lämplig för förbandet vad avser typ, material, ytfinhet och dimensioner,
- nithammaren skall ha rätt storlek och slageffekt för använda nittyper, -material, och -dimensioner,
- nitstansar skall vara av rätt typ och dimension, ha tillräcklig hållfasthet, hårdhet och ytfinhet, vara raka och utan skarpa kanter som kan skada intilliggande plåtar,
- mothållen skall ha rätt vikt, polerad anslagsyta, vara plana och fria från skarpa kanter.

Dragstansar skall användas då det finns risk att plåtarna kan separera under nitoperationen eller där spel finns mellan plåtarna.

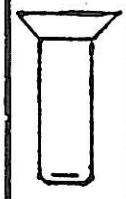
Nomogram för bestämning av erforderlig nitlängd.
Placera en linjal så att den skär staplarna för klämlängd och nitdiameter vid aktuella värden. Skärningspunkten med nitlängdstapeln anger lämplig nitlängd i 1/16". Hamnar måttet mitt emellan två längder, välj den längre.



Tabeller för fransk, tysk och amerikansk nittyp.

Form	Material typ	Fransk beteckning	Part nr fransk nit				Märkning
			Försänkt 90°	Försänkt 100°	Försänkt 120°	Lågkullrig	
Försänkt	Dural	AU4O	RM98DA	RM91DA	RM99DA	RM9ODA	grön
Lågkullrig 	Monel	Monel	RM98BW	RM91BW	RM99BW	RM9OBW	Ingen
	Olegerat stål	A56-3e	RM98AT	RM91AT	RM99AT	RM9OAT	Ingen

USA	TYSKLAND	FRANKRIKE	HUVUD	kp/mm² Brottgräns	Namn	Legering
2017	3.1324	A-U4G	◎	σ_s = 22,5	D	Al-CuMg1
2117	3.1124	A-U4G	◉	σ_s = 18	AD	Al-CuMgO,5
2024	3.1364	A-U4G1	⊖	σ_s = 26,3	DD	Al-CuMg2
ASM						
7233B	2.4360.1	NU 30	Ⓡ	= 35-45 hb		Ni-Cu-Cr
T-45	3.7034.1	T 40	Ⓣ	= 40 hb		Ti
T 45	3.7034.1	T 40	Ⓥ	= 40 hb		Ti

Form	Material typ	Material-beteckning	Partnummer		Märkning	
			Försänkt 100°	Lågkullrig	Mekanisk	Färg
Försänkt nit 	Aluminium	1100	MS20426A	MS20470A	○ Ingen märkning	Anodoxidering
	Hydronalium	5056	MS20426B	MS20470B	⊕ Upphöjt kors	Anodoxidering
	Dural	2117-T4	MS20426AD	MS20470AD	⊙ Körnslag	Anodoxidering
		2017-T4	MS20426D	MS20470D	⊙ Upphöjd punkt	Anodoxidering
		2024-T4	MS20426DD	MS20470DD	⊖ 2 upphöjda streck	Anodoxidering
	Monel	QQ-N-281	MS20427M	-	○ Ingen märkning	-
		QQ-N-281	-	MS20615-M	⊖ 2 försänkta punkter	-
Låg-kullrig nit	Olegerat stål	STD66 C1010-C1015	MS20727-C	-	△ Försänkt triangel	-
	Olegerat stål	STD 66 C1005-C1015	-	MS20613-P	△ Försänkt triangel	-
	Rostfritt stål	STD66 300	MS20427	-	⊖ Försänkt streck	-
		STD 66 300	-	MS20613-C	○ Ingen märkning	-
		A286	NAS 1199	NAS 1198	⊙ Upphöjd punkt	-

En perfekt stukad nit skall helt fylla ut hålet och nit- och stukhuvuden skall vara utformade med mått enligt gällande normer. I praktiken fås allt som oftast avvikelser från det perfekta. För stora eller orunda hål, ojämna hålytor, felaktigt nitmaterial, olämpliga verktyg samt dåligt utfört nitarbete ger sneda och krökta nitar, otillräckligt stukade nitar, snedslagna stukhuvuden, skadade eller spruckna nit- och stukhuvuden, mm. I avsnittet "godkännbara nitar" skall vi närmare se vad som kan accepteras av de ovan uppräknade felaktigheterna utan att ge avkall på hållfastheten.

Amatörbyggaren finner ofta ett flertal inköpsställen för verktyg för nitarbete, ex Aircraft Spruce, US Tools, Avery Enterprices m fl amerikanska verktygshandlare samt i Sverige Arigo Teknik, Atlas Copco och andra. Nedan anges några lämpliga storlekar på nitdragare och mothållsvikter, mm.

Nithammare av fabrikat Atlas Copco

Maskin typ	Max nit diam mm		Vikt kg	Slag/ min	Slag-volym cm^3
	Al	Stål			
RRN11	3,2	-	1,1	4000	7,1
RRN21	6,0	4,0	2,0	1500	13,3
RRN31	8,0	6,0	3,0	1300	32,9
RRN41	10,0	8,0	3,4	1100	45,7

De i tabellen angivna storlekarna på Atlas maskiner motsvaras av ex Chicago Pneumatics 2X - 6X. Dessa kan köpas som reconditioned dvs restaurerade efter avslutad tjänst hos Boeing och McDonnell. Dessa nitdragare är ofta billigare i inköp än de svenska och lämpar sig väl för amatörbygge.

Nitstansar

Nitstansar väljs för använd maskintyp. Amatörbyggaren har ofta ett behov av många olika storlekar och utföranden. Många av de ovan nämnda leverantörerna har satser lämpade för amatörbyggare.

Lämpligt material i nitstansar är kromvolframstål enligt SS 2710, härdat till 51-51 Rc.

Mothåll

Tabellen nedan anger minsta tillåtna resp lämplig vikt för mothåll

nitdiam	alum nit	stålnit	lämplig vikt
3mm	0,4kg	0,7kg	2,0kg
4mm	0,7kg	1,1kg	2,3kg
6mm	1,3kg	2,0kg	3,0kg

Trimningsverktyg

Det kan i vissa fall vara lämpligt och tillåtet att trimma försänkta nit för att få ett snyggare resultat.

Ett lämpligt verktyg kan då vara en fräs av fabr Pfhaler, typ Shego modell 33 med

skärvinkel 73°
spånvinkel 10°
släppningsvinkel 7°
spetsvinkel 179°

Materialleverantörerna ovan har ofta lämpliga trimfräsar.

Erforderlig nittyp och dimension fås ur ritningsunderlag eller annat godkänt underlag. De vanligast förekommande nittyperna fås ur tabeller på sidan 11 samt fås lämplig nitlängd ur nomogrammet på sidan 22.5.1 - 4.

NITFÖRBAND

Nitning med luftdriven nitdragare kan göras genom att ansätta antingen hammaren eller mothållet mot nitskaftet. Det vanligaste är att hammaren sätts mot nitskallen då den är väl styrd av nitskallen eller satt mot plåten vid försänkta skallar. Hammaren mot skaftet innebär risk för att verktyget glider av niten och skadar plåten intill denna.

Niten sätts i hålet och nithammaren hålls med ett stadigt tryck mot nitskallen. Nitaren "fäster" så niten med två eller tre slag sedan mothållaren sagt att han/hon är klar. Att först fästa niten

underlättar för båda att kontrollerat dra niten med rätt fart och till rätt mått. Mothållaren styr mothållet väl på nitskaftet och ökar succesivt trycket när nitaren "drar på" hammaren till fullt pådrag. Det är fördelaktigt att dra niten i en följd till färdigt mått; detta minskar risken för att stukskallen spricker vid andra stukningen. I början av ett nitpass kan det vara lämpligt att kontrollera stukskallens mått så att rätt antal slag, rätt hastighet och rätt mothållskraft används under nitpasset.

Trimning

Är försänkningen för försänkt nit utförd för grund kan det vara nödvändigt att fräsa skallen jäms med plåten. Detta är en kritisk arbetsoperation som bör undvikas; bättre är att vara omsorgsfull vid försänkning/dimpling av plåten så att rätt djup erhålles.

Skall avfräsning göras rekommenderas förfarandet enligt

- använd endast skarp fräs med rätt vinklar enligt tabell på föregående sida,
- välj en fräs som är 1,5 gånger större än nitskallen,
- använd en styrhylsa som ger fräsen ett spel om c:a 1,5mm i övre läget,
- se till att fräsen inte kastar och är stadigt infäst,
- justera med styrhylsan in skärdjupet på en provbit så att det blir just i plåtytan utan bearbetningsmärken; justera därefter fram fräsen ett 1/4 varv ytterligare,
- håll verktyget stadigt med ett jämt tryck mot arbetsstycket.

Noggranhet och varsamhet är viktigt för att inte skada plåten, kör hellre fräsoperationen flera gånger.

Tabellen nedan anger nitskallens minsta tillåtna diameter i mm efter fräsningen.

Nitdiameter	3/32"	1/8"	5/32"	3/16"	1/4"
Min diam D	4,0	5,1	6,7	8,4	11,2

Kontroll och övervakning

För att uppnå ett optimalt resultat skall verktygen vara i gott skick. Drivluften för tryckluftverktygen skall ha ett tryck om 6-7 bar och vara ren och torr. Nitmaskiner skall vara rengjorda och väl smorda enligt tillverkarens anvisningar samt skall nitstansar och mothåll vara utförda enligt anvisningar i avsnittet ovan.

Nitförbandets utförande kontrolleras med avseende på

- nithålens storlek, form, riktning samt ytbeskaffenhet och gradfrihet,
- nitarnas typ, dimension och placering (läge, delning, kantavstånd och antal i förbandet),
- stukhuvudens deformationer, snedhet, excentricitet, sprickor enligt anvisningar i avsnitt godkännbara nitar,
- att plåtar, spant, profiler mm är fria från sprickor och onormala bucklor, stansskador samt har rätt anliggning.

Godkännbara nitar

Det perfekta stukhuvudet är svårt att tillverka varför det erfarenhetsmässig har satts upp dimensioner och utseenden på tillåtna avvikelser på stukhuvuden och nitskador. Det är emellertid viktigt att de allra flesta nitarna i ett förband är utförda till ett så nära perfekt utförande som är möjligt.

Följande tabeller anger mått på stukhuvudets dimensioner vid kullrig och försänkt nit.

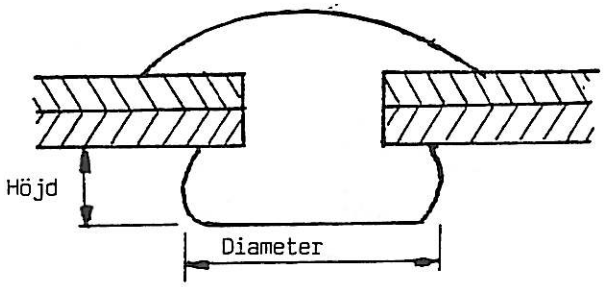
Tabell för stukhuvudets dim vid "D", "Monel", "Olegerat stål" och "A-286" - nitar.

Nitdiam	Stukhuvudets dim i mm			
tum	H min	H max	D min	D max
3/32	1,2	1,6	3,2	3,6
1/8	1,6	2,0	4,0	4,8
5/32	2,0	2,8	5,2	6,0
3/16	2,4	3,2	6,0	7,1
1/4	3,2	4,4	7,9	9,5
5/16	4,0	5,2	9,9	11,9
3/8	4,8	6,4	11,9	14,3

Tabell för "A", "AD", "DD" och "B" - nitar.

Nitdiam	Stukhuvudets diam i mm			
tum	H min	H max	D min	D max
3/32	0,8	1,6	3,2	4,0
1/8	1,2	2,0	4,0	5,2
5/32	1,2	2,8	5,2	6,8
3/16	1,6	3,2	5,0	8,0
1/4	2,0	4,4	8,0	10,7
5/16	2,8	5,2	9,9	13,1
3/8	3,2	6,4	11,9	15,9

H = stukhuvudets höjd, D = stukhuvudets diam.



Tillåtna avvikelser på slagna nitars stuk- och sätthuvuden framgår av figurer på sidan 6. Avvikelserna får dock endast förekomma på en liten del av nitarna i ett förband. Blir antalet allt för stort, fler än 5-8% av nitantalet i förbandet måste dessa borras ur och nitas om.

Stukhuvud med sprickor längs kanten kan godkännas om sprickorna inte ligger så att mellanliggande del av stukhuvudet kan sprängas bort vid belastning. Om så är fallet skall niten kasseras.

Tillåtna värden på stukhuvudets sprickor
- sprickdjup max 1/8 av nitdiametern (M)
- sprickbredd max1/16 av nitdiametern (W)
- sprickor får ej finnas inom ett område 1,1 x nitdiametern (A).

Sätthuvudets (Fabrikshuvudets) formförändring

Sprickor i sätthuvudets omkrets är inte tillåtet. Dock tillåts viss deformation enligt fig 22.5.2.Skadorna får inte vara djupare än 1/4 av skallhöjden. På försänkta nitars skallar är skador ej tillåtna.

Tillplattade sätthuvuden

Tillplattade sätthuvuden förorsakade av en plan nitstans eller ett mothåll kan godkännas om den slagna höjden inte underskrider måttet för stukhuvudet på resp nitdimension. På lågkullriga nitar är tillplattade nithuvuden ej tillåtna. Se figur 22.5.3.

Försänkta nitars huvuden får ej ligga under ytan varken före eller efter slagningen. Nitskallar mer än 0,1mm över plåtytan bör trimmas jäms med ytan efter slagningen (se tabell ovan).

Koncentricitet

Se figur 22.5 4.

Stukhuvud med ansats

Se figur 22.5.5.

Höjden H1 är stukhuvudet normalmått som ej får underskridas.

Snedslagna stukhuvuden

Exempel på tillåtna och icke tillåtna felaktigheter se figur 22.5.6.

Höjden H2 får inte understiga 1/3 av nitdiametern. Stukhuvudets diameter skall vara inom angiven tolerans för avsedd nittyp.

Sprickor i stukhuvudet

Exempel på tillåtna och icke tillåtna felaktigheter.

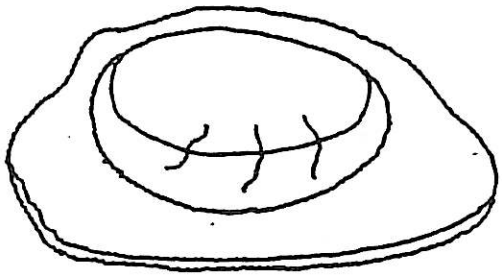
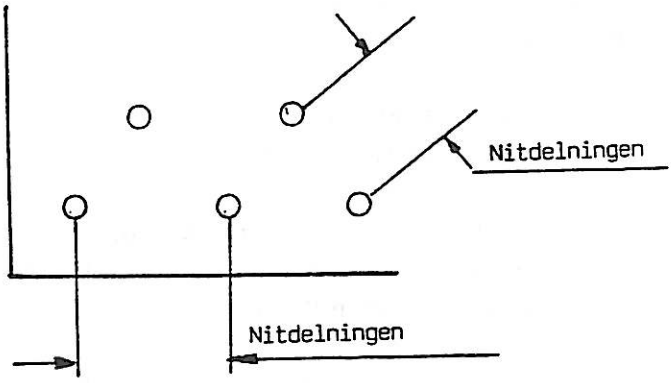


Fig 22.5.1 Nitdelning och kantavstånd



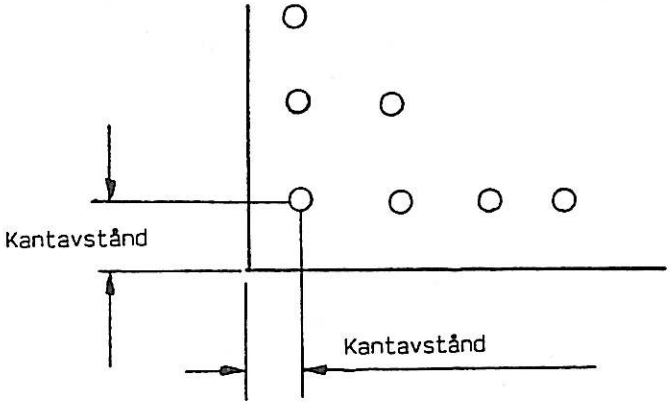
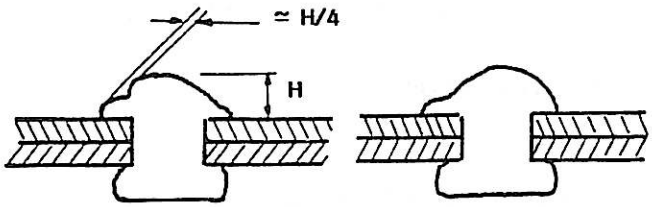


Fig 22.5.2Formändrat sätthuvud

Fig 22.5.3 Tillplattat sätthuvud



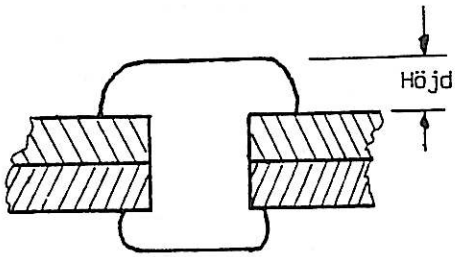
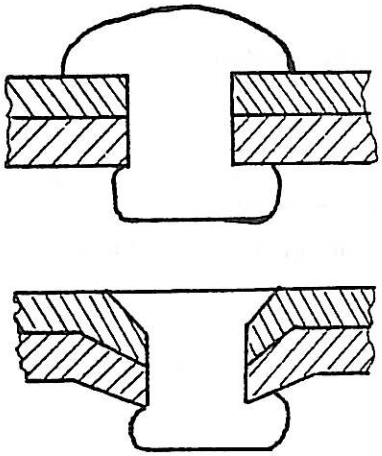


Fig 22.5.4 Koncentricitet

Fig 22.5.5 Snedslagna stukhuvuden



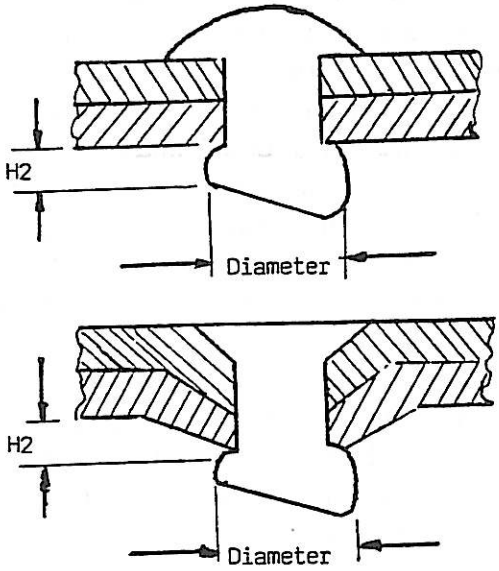
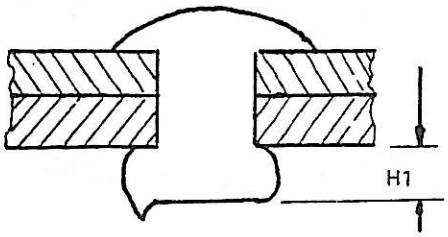


Fig 22.5.6 Stukhuvud med ansats



Borttagning av slagna nitar

Hur noggrann nitaren och mothållaren än är blir en del nitar slagna så att de inte uppfyller villkoren ovan för godkännbara nitar. Dessa måste då borras ur och ersättas med nya. Nedan anges tillvägagångsättet att borra bort dels korta, normala nitar och dels förfarandet för att borra bort långa nitar.

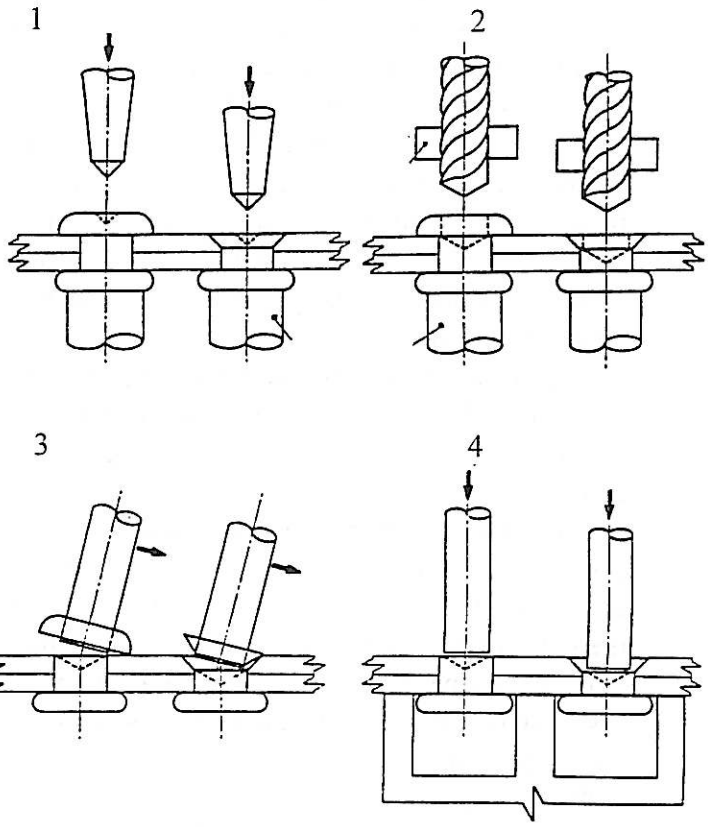
Korta nitar borras bort enligt

Steg 1 - Märk nitens centrum med ett körnslag som markering för borrspetsen.

Steg 2 - Borra ett hål i sätthuvudet så djupt att hålbotten precis går igenom skallen. Använd gärna ett borrstopp på borren. Borrdiameter c:a 0,4mm mindre än nitskaftet.

Steg 3 - Bryt bort nitskallen med en passande dorn eller liknande (se fig).

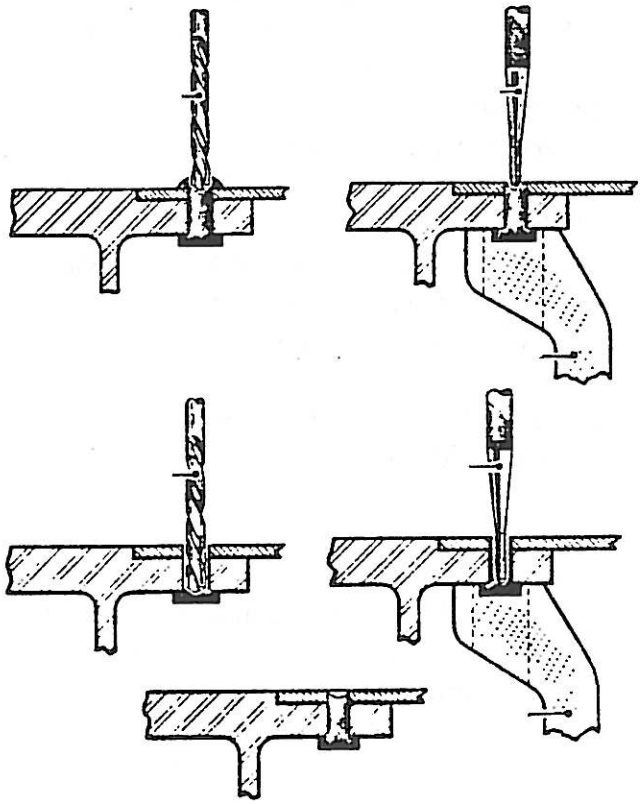
Steg 4 - Driv ut niten med en dorn som har en något mindre diameter än niten. Använd ett mothåll för att inte deformera plåten vid urslagningen.



Långa nitar borras bort på likartat sätt; två sätt kan användas enligt

Metod 1 - Märk centrum på nithuvudet med ett körnslag och borra bort nithuvudet med ett borr som är c:a 0,4mm mindre än nitskaftet.
Driv ut niten med en dorn. Använd ett understöd under plåten så att den inte deformeras.

Metod 2 - Använd denna metod för att borra ur långa nitar då metod 1 inte fungerar. Borra ner i nitskaftet, efter märkning med körnslag, med en borr 0,4mm mindre än nitskaftet.
Driv ut niten med en dorn. Använd ett stödblock under plåten för att inte deformera denna.



Nitning med Cherrynit

Följande avsnitt behandlar nitning med självpluggande Cherrynit, deras beteckningar och verktyg som erfordras för nitarbetet. Avsnittet ger inte en fullständig information om Cherrynitar och dess användning. Den amatörbyggare som i sitt bygge har mycket Cherrynit bör rekvirera tabeller och annan specialinformation som erfordras från EAAs kansli, materialleverantörer, mfl.

Cherrynit får endast användas där ritningar eller annat underlag så föreskriver. Fullnit kan aldrig ersättas med Cherrynit utan att berörda nitförband beräknas om.

Att använda Cherrynit gör det möjligt att nita från utsidan där det inte går att komma åt arbetsstället från insidan. Niten dras till sättläge med ett dragverktyg som med hjälp av en i niten befintlig kärna (dragstång) dels drar ihop och utvidgar det ihåliga nitskaftet som pressas mot hålväggen dels utformar ett stukhuvud på förbandets insida.

Cherrynitar finns av ett flertal olika typer. Dessa finns samlade i tabeller omfattande ett flertal sidor vilka av den intresserade kan beställas från EAAs kansli, se litteraturförteckningen i början.

Utrustning

- Cherry nitverktyg med tillhörande draghuvud och dragbultar. Erforderliga dimensioner fås ur nittabeller.
- Cherry vinkelstycke nr G-6AA eller likvärdig.
- Cherry mätsticka eller likvärdig.
- Cherry håltolkar eller likvärdiga.
- Avbitare 7" vid behov.
- Handfräs, typ "Shego Rivet Shaver" eller likvärdig, vid behov.

Nitbeteckningar

Val av nittyp, -material och lämplig dimension görs enligt gällande ritningsunderlag eller annat godkänt underlag. Av tabeller framgår att Cherrynit finns i två lättmetallkvaliteter, Al 5056 och Al 2117. I arbetsstycken där niten går igenom magnesium skall alltid kvalitet Al 5056 användas.

Cherrynitar betecknas enligt ex

CR2163 - 4 - 4 där

4----klämlängd (grip), dvs lämplig förbandstjocklek i 1/16". För CR100, CR300 och CR500-serien gäller 1/32".

4--------nominell nitdiameter i 1/32"

CR2163----------nittyp och material, vilket framgår ur tabeller.

Nitar ur CR100, CR300 och CR500-serien m fl har nitkärna med huvud, sk "knob stem".

Nitar ur CR2000 (Cherrylock) och CR9000-serien har räfflad kärna, sk "serrated stem".

Vissa av ovanstående Cherry-nittyper kan ha utgått ur leverantörers sortiment. Kontakta konstruktör eller konsultera annat godkänt underlag innan utbyte mot annan nittyp görs.

För att möjliggöra identifiering av nitar ur CR2000-serien är dessa märkta på huvudet enligt

För materialkod M = monel

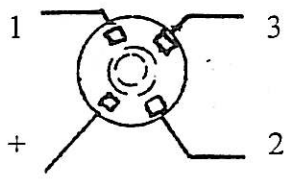
1 C = A286
X = Inconel X-750
I = Inconel 600
ingen kod = Aluminium där färgen anger gällande legering vilket fås ur tabeller.

För kärna + = kärna av Inconel 600

2 Klämläng i 1/16"

3 Beteckning för tillverkare

Obs att materialkod och tillverkarbeteckning kan vara omkastade.



Ur tabell fås även standard för Cherrynit enligt MS- och NAS. Dessa beteckningar anger följande, ex

Beteckning enligt MS (Military Standard)

MS20600 AD 4 K 4

- 4--klämlängd i 1/16"
- K---- K för nitkärna med huvud (knob stem)
  W för räfflad nitkärna (serrated stem)
- 4------- nominell nitdiameter i 1/32"
- AD----------material
  AD för Al 2117
  B för Al 5056
  M för monel
  MP för monel kadmiumpläterad
  P för kadmiumpläterad
- MS20600----------grundbeteckning enligt tabeller.

Beteckning enligt NAS (National Aerospace Standard)

NAS1738E 5 - 1

- 1--- klämlängd i 1/16"
- 5--------nominell nitdiameter i 1/32"
- NAS1738E----------grundbeteckning, nittyp, nitmaterial och nithuvud enligt tabeller.

Beteckning enligt Olympic

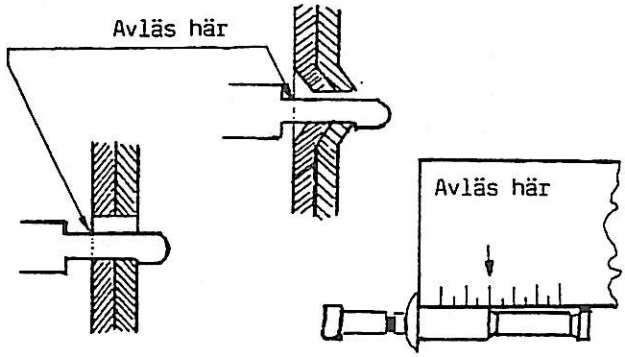
RV200-4-2

- 2---------klämlängd i 1/16"
- 4----------nominell nitdiameter i 1/32"
- RV200---------- grundbeteckning enligt tabeller.

Nitar enligt Olympic har en större del av nitkärnan räfflad och ett annat verktyg än för CR-nitar kan därför erfordras för dragning av dessa.

Utförande

Det är viktigt att välja rätt nitlängd (klämlängd) i förhållande till förbandets tjocklek vilken framgår av ritningar eller annat godkänt underlag. Vid pressförsänkta förband inräknas även försänkningen i förbandstjockleken. Med hjälp av Cherry mätsticka kan förbandstjockleken och nitens erforderliga klämlängd kontrolleras.



Nitarna leveraras smorda med ett specialsmörjmedel som inte får avlägsnas. Nitarna får inte förvaras i pappers- eller tygpåsar vilka kan absorbera smörjmedlet. Smutsiga, blandade eller skadade nitar får ej användas.

Hålen borras till rätt diameter enligt tabell. Som tidigare för fullnit gäller att hålen borras rakt och vinkelrätt mot plåten samt att borrspån och grader avlägsnas efter borrningen.

För försänkta Cherrynitar gäller att överdimension skall användas av aktuell nit. Hålen borras till rätt överdimension efter försänkningen, detta gäller speciellt CR100, -300, och -500-serien.

Borrförsänkningen görs på samma sätt som för nit MS20426 och till samma dimension.

Nitning

Nitning av nittypen "knob stem"

- kontrollera hålens diameter med Cherry håltolk,
- placera niten i hålet och grip med nittångens dragbult om nitkärnans huvud. Nitkärnan skall vara helt införd i dragbultens spår, tryck tången mot nitskallen så att nit och plåtar pressas väl ihop samt

- håll tången vinkelrätt mot plåten. Det är viktigt att rätt dimension av draghuvud och dragbult används,
- tryck ihop tångens handtag med ett jämt och stadigt grepp tills kärnan brister. Håll tången stilla i sidled och så parallellt som möjligt med nitaxeln,
- kärndelen som blir kvar skall vara lika lång på alla nitar i förbandet. Skiljer längden måste orsaken till detta undersökas (fel hål eller nitdimension),
- tag bort den överskjutande kärndelen med en avbitare och trimma kärnan till i plan med nithuvudet.
  Var försiktig så att inte kärnan lossnar.
- nitkärnan får inte vara lös efter dragningen; kontrollera detta med ett max tryck om c:a 40N,
- kontrollera stukhuvudet där så är möjligt, se fig 22.5.7 på sidan 5 för rätt utformat stukhuvud,
- en kullrig skalle får ha max 0,1mm spel till plåten på en del av dess omkrets om minst hälften av nithuvudet har kontakt med plåtens yta. Små deformationer orsakade av spåret i draghuvudet är tillåtna.

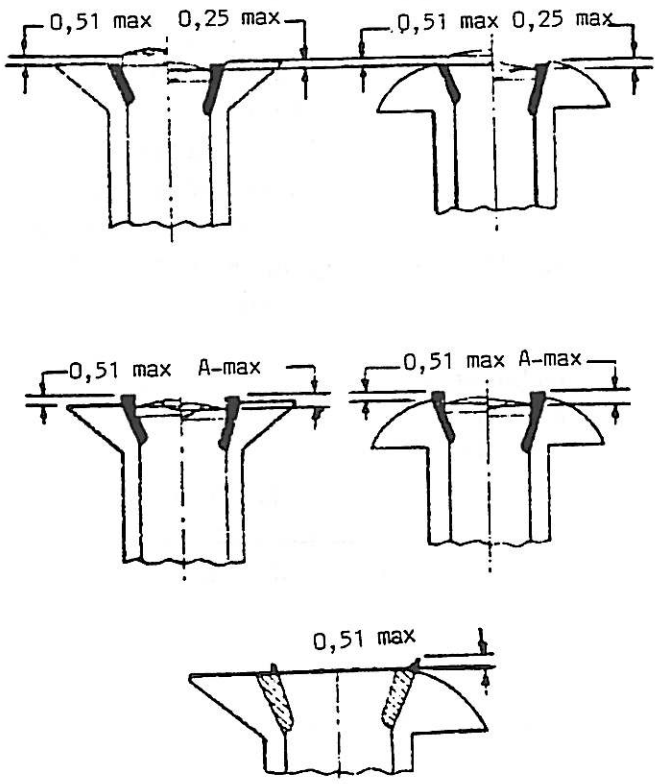
Figur 22.5.7 visar exempel på rätt och fel dragna Cherrynitar.

Nitning av nittypen "serrated stem".

- kontrollera hålens diameter med Cherry hål-tolk,
- placera niten i hålet utan att tvinga i den. Obs att Du använder rätt verktyg och draghuvud,
- före nitningen får niten sticka upp ovanför plåten enligt "BK"-värdet som kan fås ur tabeller som anger min-måttet för att nitningen skall bli rätt utförd,
- sätt verktyget (ex G-684A) på nitskaftet med ett lätt tryck och håll verktyget i linje med niten.
  När verktyget dras utåt trycks nitskallen mot plåten varvid nitkärnan slits av strax ovanför nitskallen. Släpp verktygets avtryckare, tag bort verktyget och den avbrutna delen kastas ut,
- verktyget G-684A avpassas till rätt klämlängd medelst ett vred på draghuvudet. Ett varvs vridning korrigerar brottytan med 0,9mm,
- kontrollera nitkärnan och låsringen enligt fig och tabell nedan.

En liten deformation av låsringen kan accepteras inom angivet mått.
Som vid all nitning bör ett provförband göras för att ställa in rätt verktygsvärden.

Nitdiam	-4	-5	-6	-8
A-max mm	0,38	0,31	0,64	0,76



Urborrning av Cherrynit

Cherrynit kan liksom fullnit behöva borras ur.

1 slå ur nitkärnan med en dorn. Vid tunna plåtar kan dessa skadas varför kärnan först borras ur med en liten borr och därefter en större för att förstöra nitkärnan,

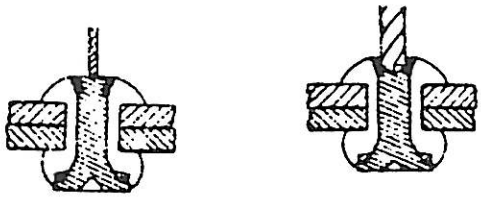
2 tag bort låskragen med en dorn,

3 borra bort nithuvudet med en borr med nitens diameter, borra inte helt igenom nithuvudet. Borra inte helt igenom hålet då detta gärna blir förstorat,

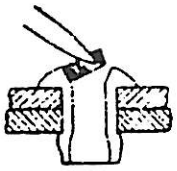
4 bryt av huvudet med en dorn,

5 slå ut resten med en dorn som har nitens diameter.

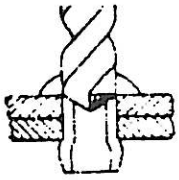
1



2

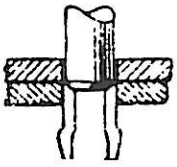


3

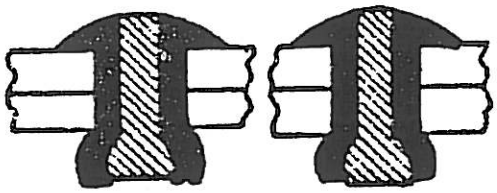


4

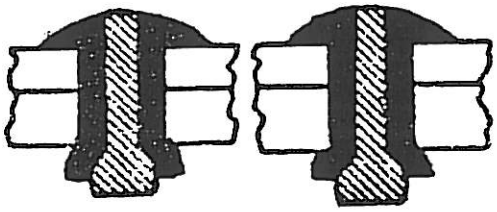
5



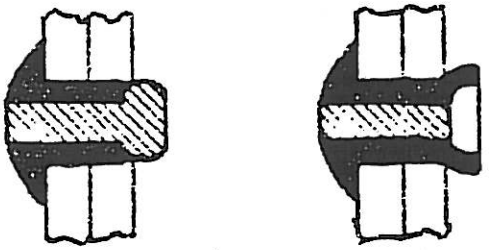
Figur 22.5.7 Rätt och fel dragna Cherry-nitar



Godkänd nitning



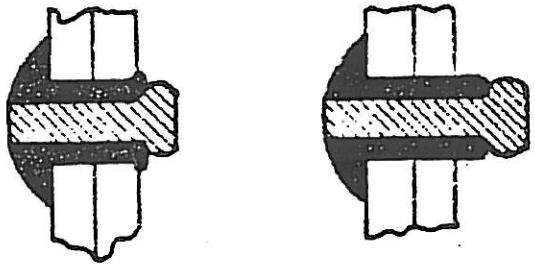
Godkänd nitning



För kort klämlängd

överdimensionerat nithål.

Ej godkänd nitning



För kort klämlängd

Underdimensionerat nithål

Ej godkänd nitning

Nitning med "Pop"-nit

Dragnitar finns i ett flertal utföranden som ex Cherry Aerospace Rivets, Cherryloc, Cherrymax, Rivnuts mfl.

Amatörbyggaren använder gärna "pop"-nit som är betydligt billigare än Cherrynit. Popnit kan dessutom dras med en vanlig popnittång som finns att köpa hos alla verktygshandlare. Olika dragnittyper kan dock inte ersätta varandra varför det är viktigt att följa konstruktörens anvisningar om avsedd nittyp.

Popnit finns med såväl lågkullrig skalle som med försänkt skalle. Det finns en mängd olika utföranden vad avser material som ex ten av stål i Al-nit, ten av alum med Al-nit osv. Det finns trycktäta eller öppna nit där de trycktäta medger större skjuvkrafter eftersom tenen sitter kvar efter dragningen.

Popnit betecknas enligt
första bokstaven anger material i niten där
A = Al 5052 B = Al 5056 C = Rostfritt stål
S = Stål U = Koppar M = Monel

andra bostaven anger material i tenen där
A = Al 7178 S = Stål C = Rostfritt stål

tredje bokstaven anger skallens form där
P = låg skalle L = stor skalle C = 120gr försänkt skalle

första siffran anger diametern i 1/32" där
-4 = 4/32" = 1/8" ex.
andra siffran anger max klämlängd i 1/16" där
-6 = 6/16" = 3/8" ex.

Tabell över hållfasthet i N för Cherry N nitar, likvärdiga med USM Popnitar

Diam	BS		MS		CC	
tum	Al-nit stålten		Monelnit stålten		Rostfri nit Rfr stålten	
	skjuv	drag	skjuv	drag	skjuv	drag
3/32	550	750	900	1350	1000	1250
1/8	900	1500	1600	2350	2000	2700
5/32	1500	2000	2700	4100	3400	4500
3/16	1800	2500	3400	4900	4500	5800
¼	2500	4600	6500	9500	7650	10250

För utförliga uppgifter om aktuella dimensioner, hållfasthet mm kontakta ex EMHART Teknik Box 203, 701 44 Örebro

Verktyg

Som vid allt arbete med flygplandetaljer går arbetet lättare och blir resultatet bra om lämpliga och riktiga verktyg används. Här beskrivs några för plåtarbeten bra verktyg, dessa kan köpas från samma leverantörer som nämnts tidigare.

Plåthållare typ Cleco Fasteners

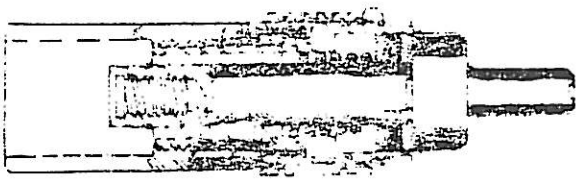
För att hålla samman skalplåtar till spryglar och spant och andra motsvarande arbeten är en uppsättning Clecos av olika dimensioner ovärderlig. För att hålla skalplåtarna till ex en RV6-vinge åtgår c:a 500 Clecos av minsta dimensionen.
Vid all samborrning av plåtar är det viktigt att dessa håll väl samman
Plåthållare finns i följande dimensioner

Dim	Färgkod
3/32"	Stål
1/8"	koppar
5/32"	svart
3/16"	brons

Clecos med tillhörande tång köps billigast direkt från verktygsleverantörer i USA för mindre än en halv $/st och tången för c:a $10.

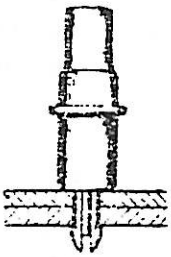
Microstopp för borrförsänkning

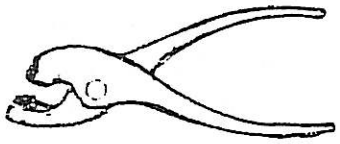
För borrförsänkning är en Microstop ett bra verktyg. Detta kan ställas in till mycket noggrant mått. erforderlig försänkning ställs först in på en provbit innan arbetsstycket försänks.
Verktyget används bäst i en pelarborrmaskin men kan även med fördel användas i en steglöst reglerbar handborrmaskin.
Microstop kostar c:a $20/st



Övriga verktyg

Förutom ovan nämnda verktyg och de special-verktyg som nämnts tidigare klarar sig amatör-byggare med normala hobbyverktyg som bågfil, skruvtvingar, tänger av olika slag, kulhammare, o likn. Generellt gäller att ju bättre verktyg som används ju lättare går arbetet.





LÖSBARA FÖRBAND

I alla flygplansbyggen förekommer bultförband av olika slag. Detta avsnitt om bult- och skruvförband berör således alla amatörbyggare oavsett material i flygplanet.

Allmänt

Varje land hade i gamla tider länge sin egen speciella standard för gängor, bultdimensioner mm. Skruven uppfanns som så mycket annat i Asien och Egypten. Materialet i de första skruvarna var trä.

Den första egentliga gängstandarden skapades på 1840-talet i England i och med att Whitworts gängsystem infördes som standard i industrin. Bultarna var grova och oftast försedda med fyrkantiga skallar varför gängan länge kallades smedgänga. I och med industrialiseringen blev det praktiskt med bultar med sexkantiga skallar. För att begränsa konkurensen emellan olika tillverkare av maskiner hade dessa ofta olika gängsystem men även olika länder hade länge olika gängsystem - samordningen var helt obefintlig.

England använde ursprungligen Whitworts gängsystem medan USA föredrog Sellers system - båda är tumbaserade men gängornas form och stigning skiljer. I slutet av 1800-talet kom så ytterligare ett gängsystem baserat på mm. Detta system - SI-systemet - använder Sellers gängsystem med 60° grundprofil medan Whitwortsystemet har 55° profil. I samband med andra världskriget standardiserades de tumbaserade systemen och ett nytt för England och USA gemensamt system skapades baserat på Sellerssystemet men med mindre stigning. Det europeiska mm-systemet förändrades också till ett helt mm-baserat system - ISO-gängsystemet.

Två gängsystem är således den standard som gäller idag - tumgängor och mm-gängor.

- Tumgängor kallas även Unifiedgängor (UNF) som använder ISO gängprofil men har tumdimensioner som ex UNC - grovgänga, UNF - fingänga samt UNEF eller UN - extra fingänga. Gängans stigning anges i antal gängor per tum gänglängd. Skaftdiametern bestämmer antal gängor/tum, ex UNF 1/4-20 betyder 1/4" skaftdiameter med 20 gängor/tum gänglängd.
- Metriska gängor använder likaså ISO gängprofil men har mm-dimensioner. Standard omfattar gängstigning från 0,2mm till 8mm och mer. Dock kan ex en M8-bult ha fler olika stigningar varför även gängstigningen bör anges, ex M8x1,5 där 8 står för skaftdiametern och 1,5 står för gängstigning 1,5 mm.
- Dessutom finns ett otal avarter av gängsystem för olika speciella användningsområden, ex rörgängor, cykelgängor, gasgängor, m fl.

För tum- resp mm-gängsystemen finns ett flertal benämningar enligt nedan

Tumgängor:	USA	ANSI Bl. 1
	England	BS 1580 Part 1,2,3
	ISO	ISO 263, SS 1713 (Sverige)
mm-gängor:	USA	AMSE B1
	England	BS Part 1
	Tyskland	DIN 13
	ISO	ISO 68, SS 1701 (Sverige)

Bult eller skruv - vad är skillnaden?

I Europa skiljer vi normalt inte mellan bult och skruv, men till vardags brukar man ändå göra så. Ofta sägs att en skruv är en helgängad bult med skalle för mejselspår, kryss eller rakt medan en bult är en skruv med delvis gängat skaft och sexkantskalle. I tumländerna görs bestämt skillnad på bult och skruv (bolt and screw).

I flygplan finns en mängd olika användningsområden för skruv och bult. En indelning i fyra huvudområden görs därför enligt

- gängtyp
- bultform (skallform)
- hållfasthet
- ytbehandling

Gängtyp

För flygplan används uteslutande utförande enligt ISO-M för mm-gängor och ANSI B1.1 för tumgängor typ UNF. I flygplan tillverkade i Europa används ofta en blandning av mm och tum eftersom ursprunget vanligen är amerikanskt och därför från början har tumgängor i bult och skruv.

För amatörbyggaren gäller oftast tumgängor i UNF-systemet då de flesta konstruktioner kommer från USA. Dock finner man tumgängor även i europeiska konstruktioner då ex gängstigningen tillåter rätt momentansättning, har goda friktionsegenskaper (skakar inte loss) och har lämplig form på bult- och mutterskallar.

Bultform (skallform)

Bultar har oftast sexkant skallform medan skruv har runda skallar med spår för mejsel, kryss eller någon form av insex. Standard sexkantskalle är olika för tum- och mm-gängor varför olika nyckelvidder gäller.

Hållfasthet

Detta är en viktig faktor för både bult och skruv. Äldre standard angav hållfasthetsklasser D60, D80, osv där koden angav hållfasthetsklasserna och var instämplat i skallen.

Senare standard angav både brottgräns och sträckgräns för materialet i bulten med två siffror enligt ex 8.8 instämplat i bultskallen. Den första siffran angav således brottgränsen till 800 N/mm^2, andra siffran angav sträckgränsen i % av brottgränsen, således 80% av 800 N/mm^2 = 640 N/mm^2. Märkningen 12.9 anger alltså 1200 N/mm^2 i brottgräns och sträckgräns 1080N/mm^2. Hållfasthetsmärkningen används för UNC-bultar tillverkade i Sverige.

För Unified-bult används vanligen märkning enligt

P.....	540 N/mm^2
S.....	770 N/mm^2
T.....	850 N/mm^2
V.....	1000 N/mm^2
X.....	1160 N/mm^2

Det kan förekomma bult med ovanstående märkning som inte uppfyller hållfasthetskraven enligt flygkvalitetskrav. Amatörbyggaren måste således förvissa sig om att inköpta bult tillverkats för användning i flygplan och därmed uppfyller kraven.

De bultbeteckningar som amatörbyggaren oftast stöter på är

AN.....	US Army/Navy Standard
MS.....	Military Standard
NAS.....	National Aerospace Standard

Dessutom finns

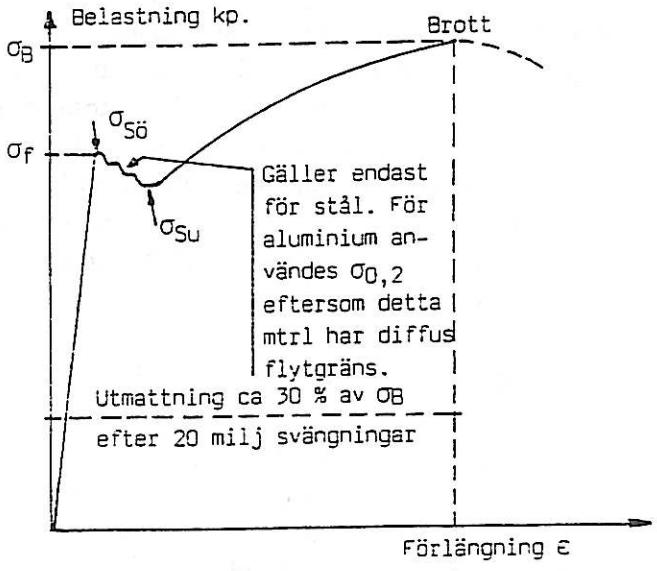
AC.....	Air Corps Standard
NAF.....	Naval Aircraft Factory Standard

Bultar som är tillverkade enligt ovanstående standarder håller rätt hållfasthetsvärden, varför amatörbyggaren väljer bult ur dessa standarder.

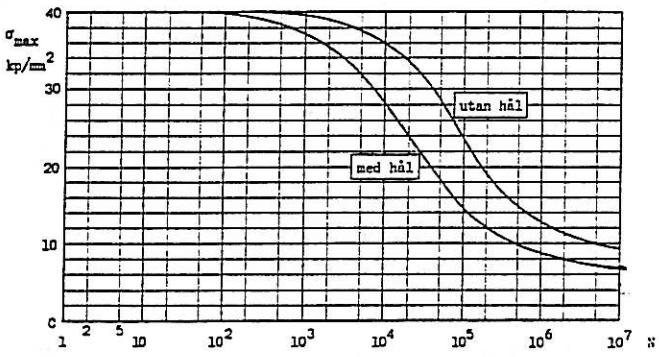
Bult av AN-typ med X-märkning på skallen är tillverkade av nickelstål med hållfasthetsvärden typiskt 125000 lb/tum^2, motsvarande 880N/mm^2 Hållfastheten varierar dock med diametern varför värden på drag- resp skjuvhållfasthet i N lämpligen tas ur tabell nedan.

AN	Diam	Brott hållf	Skjuv hållf	Flyt hållf
-3	3/16"	10020	9630	7660
-4	1/4"	18500	16690	14190
-5	5/16"	29480	26080	22580
-6	3/8"	45810	37550	35100
-7	7/16"	61680	51020	47300
-8	1/2"	83910	66670	64360
-9	9/16"	107040	84820	82090
-10	5/8"	136530	104320	104680
-12	3/4"	154220	150360	152990

Andra material i flygplanbult kan vara aluminium, fosforbrons och rostfritt stål där alla har lägre hållfasthet än bultar i nickelstål.
Skruv tillverkade enligt AN- eller NAS-standard har vanligen lägre hållfasthetsvärden än bult i samma dimension, typiskt värde 90000 lb/tum^2, varför dessa inte kan ersätta bult i förband med hög belastning som ansätts med högt moment.
Bultar enligt AN- eller NAS-standard inom diameterområdet AN3 - AN20 tillverkas med tre olika mått-tolerans grupper.
En bult får aldrig belastas till mer än dess flytgräns. Vid högre belastning inträffar en förändring i materialet som ger en formförändring av bulten. I nedanstående diagram visas hur bulten förändras vid ökande belastning upp till och över flytgränsen. Bultens förlängning är proportionell mot belastningsökningen upp till sträckgränsen, därefter sker en kraftig förlängning för en liten ökning av belastningen och vid materialets brottgräns brister bulten.



Belastningsdiagrammet ovan visar hur bulten beter sig vid rent statisk belastning. Dynamiska och växlande laster vid motorfästen ex där stötkrafter vid varje tändimpuls belastar bulten helt annorlunda och ger en utmattning av materialet i bulten varför hållfastheten då kan bli så låg som 30% av statisk brottlast ex. Denna typ av belastning är vanlig på många ställen i ett flygplan och utsätter såväl bultförband som andra förband och materialet i sig för utmattning, något som amatörbyggaren skall vara observant på.
En s.k Wöhlerkurva visar hur materialets förmåga att ta upp laster förändras med antalet växlande laster det utsätts för. Hål och andra förändringar av den rena detaljen sänker den tillåtna belastningen avsevärt (se kurvor nedan). För att inte riskera att materialet brister bör man dimensionera förbandet så att belastningen aldrig överstiger c:a 30% av max tillåten belastning.



I en bult utsatt för draglast är gängorna den lastöverförande delen varför dessa måste utföras med omsorg. Industribult har oftast skurna gängor med vassa kanter och därmed brottanvisningar som sänker bultens hållfasthet till c:a hälften av vad materialet medger. Bultar avsedda för användning i flygplan har därför rullade gängor vilket medför att materialet komprimeras vid tillverkningen och gör detta starkare samt ger runda gängtoppar och därmed minskade brottanvisningar. En nackdel är dock den krage som bildas där gängan slutar. Vid grova bultdiametrar är det därför nödvändigt att slipa bort denna där det krävs god passning av bulten i hålet.
Rullpressning av gängor kan medföra sprickbildning i materialet varför det kan vara nödvändigt att spricktesta bultar som skall användas

Bult av industri- och handelskvalitet är ofta elförzinkade vilket inte är tillräckligt i flygplan då ytbehandlingen snabbt försvinner på grund av galvanisk korrosion.
Vid montering av flygplansbult kan det ibland vara fördelaktigt att olja in bulten. Olja får dock inte finnas på gängorna då momentansättningen skall ske med torra gängor vad avser självlåsande muttrar med nylon- eller metallstopp.
Flygplansbultar får aldrig svetsas, kapas eller gängas med gängsnitt.

Flygplanbult - Industribult
Det kan ibland vara lockande för amatörbyggaren att använda bult av industrikvalitet. **Detta är ej tillåtet!** Dessa bultar är ej tillverkade till samma noggranna hållfasthetskrav och -toleranser som flygplanbult, deras ytbehandling är oftast förzinkning som ej är acceptabelt i flygplan samt är gängorna skurna i stället för rullade som hos flygplanbult.

i högbelastade förband i ex rotorhuvuden, vinginfästningar o likn.

Ytbehandling
Alla bultar som används i flygplan är ytbehandlade för att inte snabbt angripas av rost och förstöras. AN- och NAS-bult och skruv är kadmiumpläterade enligt amerikansk norm QQ-P-416A typII, klass 3. Denna ytbehandling ger ett säkert skydd mot korrosion under lång tid så länge ytskiktet är oskadat. Man undviker oftast att måla bultar i ett flygplan om de inte sitter på oåtkomliga ställen, inuti vingar, roder osv. Bult och skruv som inte är ytbehandlade med kadmium måste däremot målas för rostskydd. Rostfria bultar får aldrig användas annat än i förband som består av enbart rostfritt material då annars spaltkorrosion snabbt förstör förbandet.
Flygplanbult ger fördelen av hög hållfasthet mot drag- och skjuvbelastning vilket möjliggör användande av klena bultdimensioner för låg vikt, god ytbehandling, mm. För ex en bult belastad med skjuvlast, rätt monterad med skjuvlasten verkande mot det ogängade skaftet och monterad så att erforderlig momentansättning ej kan göras, genom ett rör ex så kan en avsevärt klenare bult användas än för en bult av industrikvalitet. Dessutom är risken för att muttern vibrerar loss mindre hos UNF-gängor än hos grovskurna industrigängor.

Beteckningskoder för flygplansbult
På varje ritning och i varje manual finns angivet storlek och dimension för avsedd bult i resp förband. Bultarnas dimensioner anges för flygplanbult i form av en kod som beskriver bultens diameter, dess längd, vilken typ av låsning som gäller, mm. Omvänt således, om vi känner till diameter, förbandets klämlängd och hur bulten/muttern skall låsas så kan vi lätt hitta rätt bult ur tabeller.

För en bult betecknad enligt nedan innebär koden

AN 6 - H 20 (A)

---Ingen bokstav anger bult med hål borrat för saxsprint

A--anger bult utan hål

20--------Bultens totallängd från undersida av bultskallen i 1/10" = gängad del + ogängad del

H---------- Bokstaven anger hål borrat för låstråd i bultskallen. Ingen bokstav anger oborrad skalle

6----------Bultens diameter

AN----------Bultens tillverkningsnorm

- Bultens norm anges i AN, MS, NAS, NAF eller AC.
- Bultens diameter anges med en siffra för resp diameter i 1/16" enligt

AN-nr	Diam i tum	Diam i mm	Gängor/tum
-3	3/16"	4,7625	NF 1032
-4	1/4"	6,3528	28
-5	5/16"	7,8375	24
-6	3/8"	9,5250	24
-7	7/16"	11,1125	20
-8	1/2"	12,720	20
-9	9/16"	14,2875	18
-10	5/8"	5,875	18

- Bokstaven H anger att bultskallen är borrad för låstråd. Ingen bokstav anger oborrad skalle.
- Siffran anger bultens totala längd under skallen dvs gängad del + ogängad del (klämlängd). Den gängade delen varierar med bultens diameter som framgår av tabeller. Siffran anger bultens totallängd i 1/10", således 20 = 2".

Var alltid noga med att montera rätt typ av bult med avseende på vilken låsmetod som skall användas för bultförbandet. Ex skall bult med kronmutter vara borrad i skaftet, bult med Ny-Loc (mutter med nylonstopp) mutter skall vara oborrad och bult i gängat hål skall vara borrad i skallen för låstråd. Avvikelser från detta kan förekomma och anges alltid på ritning. Obs att bult med hål för saxpinne aldrig får användas med nylonstoppmutter. Det är däremot tillåtet att borra hål för saxpinne förutsatt att detta placeras rätt emot kronmutter samt att bultens gängor gradas väl så att muttergängorna inte skadas vid monteringen.

En omfattande tabell för förekommande skruvdimensioner finns i slutet av detta avsnitt. Dessutom finns en tabell för att snabbt få fram rätt bultlängd för avsett förband.

- Mät förbandets tjocklek med ett skjutmått, måttet är bultens klämlängd.
- Öka det uppmätta måttet med bultdiameterns gänglängd som anges längst ned i resp kolumn.
- Mät från den övre linjen i tabellen (som visas med bulten till höger) och avläs koden för rätt längd.
- Om den avlästa längden hamnar mitt emellan två streck, välj då den längre bulten om inte en något för kort bult med en tunn mutterbricka kan användas i stället för standardbricka.

Brickans mått är inräknad i klämlängden så en liten minskning kan ibland vara motiverad. En standard AN-bricka är 1,5mm tjock och en tunn bricka hälften, 0,75mm.

Ett rätt utfört bultförband har

- en planbricka under muttern, vid förband av aluminiumplåt kan även en bricka under bultskallen vara nödvändig,
- 1 - 3 gängvarv stickande ut ovanför muttern,
- förbandet är ansatt med rätt moment för resp bultdiameter (se tabeller).

För förband i eftergivliga material som trä och komposit bör brickor med stor diameter användas både under mutter och under bultskalle.

BULTFÖRBAND

Allmänt

Flygplanbultar som inte är slipade eller svarvade har en relativt låg toleransklass för såväl diameter som längd. För bultförband med stora krav på passning kan det vara nödvändigt att mäta bultarna för att passa dessa i avsedda borrade hål. Vid nytillverkning av bulthål skall dessa alltid borras med underdimension och brotschas till rätt passningsmått, fingertopps presspassning. Grova bultar kan ha en krage som pressats upp vid gängrullningen. Denna måste slipas bort före monteringen i hål med snäv passning.

I mjuka förband av ex aluminium eller plast bör onödiga demonteringar av bultar undvikas då detta kan förstora hålet till oacceptabel dimension. Detta gäller speciellt vid tunna plåtar och profiler. Ett för stort hål kan medföra att förbandet vibrerar och därmed utsätts för oönskade krafter och till slut brister.

AN-brickor

Ett komplett bultförband har en planbricka under muttern. Denna har till uppgift att fördela trycket från muttern till omgivande plåtar. S.k fjäder- och tandbrickor får aldrig användas mot mjuka material då de äter sig ner i materialet och släpper ansättningen. Om planbrickan sätter sig i underliggande material är ansättningen för stor eller brickan för liten.

Planbrickor finns i två tjocklekar för att i viss mån göra det möjligt att anpassa bultlängden i ett förband. Ett rätt dimensionerat förband har en bricka under muttern och vid mjuka material även en bricka under bultskallen. För att i viss mån kompensera en bult med för lång klämlängd kan två brickor accepteras under muttern. Dock gäller att 1-3 gängor skall finnas utanför muttern.

Planbrickor för användning i flygplan är tillverkade av stål 4130 och kadmierade på samma sätt som bultar och muttrar. Beteckningen för en standard AN-bricka är AN-960 med tilläggsnummer på samma sätt som för bultar med -3 för AN3, -4 för AN4, osv. Tjockleken på en AN-960 bricka är 0,063" = 1,6mm och för AN-960L 0,032" = 0,8mm. Brickor med stora diametrar betecknas AN-970 och på samma sätt följt av ett nummer för storleken. Dessa är avsedda att användas mot mjuka material som trä och plast.

AN-muttrar

Muttrar finns av olika typer och höjder avsedda att användas vid olika typer av belastning. Höga muttrar används om förbandet är utsatt för dragkrafter, låga används vid enbart skjuvlaster, kronmuttrar används vid rörliga förband samt värmebeständiga muttrar för förband i hög temperatur (motorutrymme ex). Muttrar med nylonstopp är den vanligaste typen och används där låsning med sprint eller låstråd inte krävs. Mutter med nylonstopp kan ersättas med mutter med metallstopp som har en stukad krage som klämmer ihop gängorna och ger ökad friktion.

AN-365 betecknar en hög mutter med nylonstopp. Denna är den vanligast förekommande typen i amatörbyggda flygplan. Den kan ersättas med AN-364 och betecknar motsvarande låg mutter som används i förband med enbart skjuvbelastning. Motsvarande muttrar med metallstopp betecknas enligt AN-364/MS20364 (hög) och MS210042 för låg/lättvikt.

Muttrar som skall låsas med saxsprint eller låstråd betecknas AN310 (hög) resp AN320 (låg) och används företrädesvis vid rörliga förband. Mutter utan någon låsning betecknas AN316 och används som kontramutter för ex öglebultar och motsvarande.

Ankarmuttrar med beteckning AN366F används i förband där muttern sitter dold utan åtkomst för mothåll vid ansättningen. Dessa nitas fast i underliggande plåt. AN363 betecknar nitmutter för hög temperatur.

Figur i slutet av avsnittet visar några exempel på muttrar i olika utföranden.
Utöver dessa finns ett antal specialmuttrar för olika användningsområden. Leverantörskataloger ger god hänvisning om beteckningar och utseende av dessa. Fullständig beteckning på AN/ MS-muttrar fås ur tabell nedan.

Tilläggsnr	Avsedd för bult	Gängor/tum
-1032	AN-3	32
-428	AN-4	28
-524	AN-5	24
-624	AN-6	24
-720	AN-7	20
-820	AN-8	20

Ex en mutter för en AN-4-bult kan ha nummer enligt AN364-428 eller MS20364-428.

Momentansättning av bultar och muttrar
Som regel gäller att ett bultförband skall fungera som en homogen enhet tillsammans med övrigt material i förbandet. Detta innerbär att bultarna måste ansättas med ett moment som är avpassat för intill-liggande material så att friktionen mellan delarna hindrar dessa att röra sig i förhållande till varandra. Bultens ideala förspänning är till 80% av dess flytgräns. Detta kan åstadkommas endast i undantagsfall. Oftast är materialet mjukt eller förbandet utformat så att detta inte kan uppnås. Det är således viktigt att ha kontroll över mutterns ansättning i förbandet. Detta kan endast uppnås genom att ansätta förbandet med en momentnyckel som anbringas på muttern. Utan kontroll av ansättningen kan denna bli så stor att flytgränsen uppnås och bulten demoleras. Många förband i ett flygplan utsätts för dynamiskt varierande laster och i dessa är rätt ansättning speciellt viktig. Med för hög ansättning kan bulten överbelastas och brista varvid förbandet havererar.
För låg ansättning innebär att den beräknade friktionen i förbandet inte uppnås varvid delarna kan röra sig i förhållande till varandra och bulthålen blir förstorade.
Vid förband med ihåliga profiler ansätts förbandet till trög rörlighet, dvs muttern ansätts så hårt att bulten med svårighet kan roteras i hålet. Rörliga förband med kronmutter ansätts så att bulten kan roteras utan att glapp finns i förbandet. Generellt gäller att det är svårt att definiera hur hårt ett icke homogent förband skall ansättas.
Propellerbultar i träpropellrar utgör ett specialfall av icke homogena förband där för hård ansättning innebär att träet kan spräckas och för låg ansättning innebär att propellern kan röra sig i förhållande till bultarna varvid träet värms upp med propellerexplosion som följd. Det är därför viktigt att följa propellertillverkarens uppgifter om lämplig ansättning av propellerbultar.
Homogena förband ansätts alltid med momentnyckel för att få kontroll över förbandets ansättning. Momentnycklar kan vara utförda med antingen en spärr som löser ut vid inställt värde eller vara försedd med en skala som anger erhållet värde. En momentnyckel får aldrig dras "baklänges", detta ändrar inställningen och kan skada nyckeln.
Som för alla mät- och kontrolldon gäller att även momentnyckeln skall vara kalibrerad mot likare.
Rätta värden för momentansättning av homogena förband fås ur nedanstående tabell.
Momentansättningen skall normalt göras på muttern eftersom bulten, beroende på passningen i hålet, ger en viss friktion som minskar ansättningen. Vid momentansättningen sker antingen en försträckning av bulten till max 80% av flytgränsen eller en deformation av plåten runt bulten. Hur stor deformationen blir beror av momentet och gängans stigning där antalet förspända varv på muttern ger en sträckning = antalet gängor/tum dividerat med 25,4mm.

Standardmoment för AN/MS-bult fingänga UN-AN10-32 och UNF-AN/MS4 - 8

	Mutter MS20365 AN365 AN310 AN315	Mutter MS20364 AN364 AN320 AN316
Bult diam	lb-tum	lb-tum
3/16-32	20 - 25	12 - 15
1/4-28	50 - 70	30 - 40
5/16-24	100 - 140	60 - 85
3/8-24	160 - 190	95 - 110
7/16-20	450 - 500	270 - 300
1/2-20	480 - 690	290 - 410
9/16-18	800 - 1000	480 - 600
5/8-18	1100 - 1300	660 - 780
3/4-16	2300 - 2500	1300 - 1500

Vissa momentnycklar kan vara graderade i lb-fot varför ovanstående värden divideras med 12.
För att sedan få värden i Nm kan med fördel omvandlingstabell på sidan 5 användas.
Vid allt arbete med flygplanbult skall hylsor och nycklar av rätt dimension användas. Skiftnycklar hör inte hemma i flygplan!

Låsning av bultförband

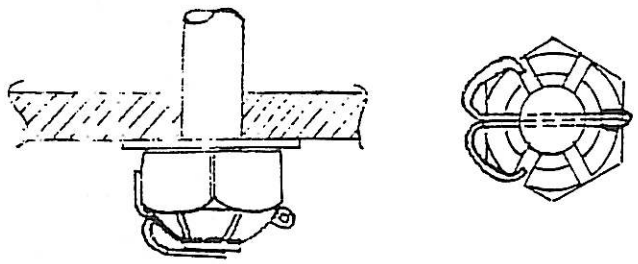
Två komponenter används huvudsakligen för låsning av bultförband i flygplan - saxsprintar och låstråd.
Saxsprintar används huvudsakligen för låsning av kronmuttrar, för säkring av Clevispinnar tillsammans med planbricka för säkring av linhjul o likn. Materialet i saxsprintar är stål med ytbehandling kadmiering. Saxsprintar av rostfritt stål får endast användas tillsammans med bult och mutter av rostfritt stål.

Figuren på sidan 4 visar två sätt att låsa en kronmutter med saxsprint. Figur till vänster visar "billåsning" där vikningen dels kan ge rivskador på händer men också medger att muttern rör sig och kan skaka loss.
Låsning enligt figuren till höger rekommenderas att användas och ger förutom en säker låsning ett "professionellt" intryck.
Saxsprintar betecknas med AN380- och en siffra för storleken, se tabell nedan.

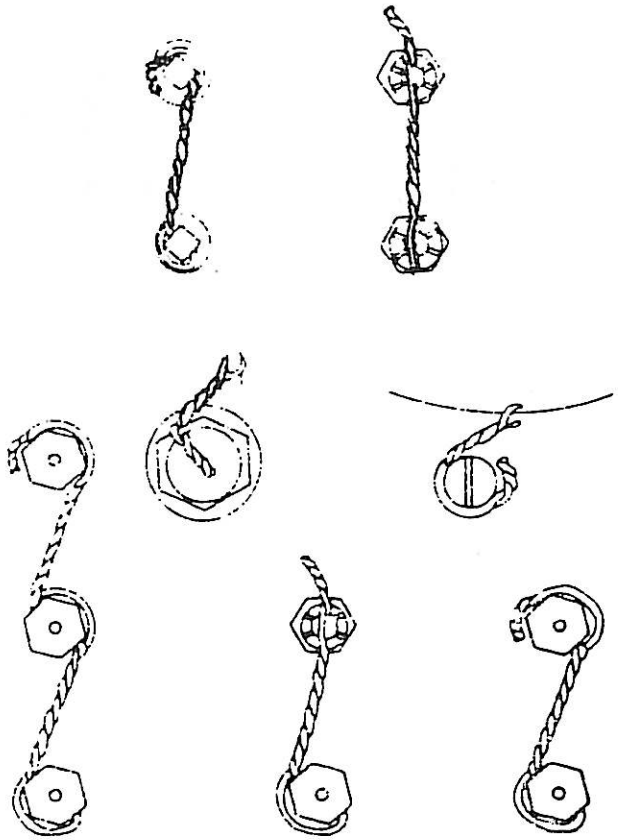
Tilläggsnr	Gängdiam	Beteckning
-3	3/16-1032	AN380-2-2
-4	1/4-24	-2-2
-5	5/16-24	-2-2
-6	3/8-24	-3-3
-7	7/16-20	-3-3
-8	1/2-20	-3-3
-9	9/16-18	-4-4
-10	5/8-18	-4-4
-12	3/4-16	-4-5

Låstråd används huvudsakligen för att säkra bultskallar men kan även ersätta saxsprintar vid kronmuttrar. Flera bultar kan med fördel låsas tillsammans. Låstråden skall appliceras så att den förhindrar bulten att vridas loss pga vibrationer eller likn.
Tråden skall tvinnas lagom tät. Den fria slutänden viks in mot bultskallen för att minska risken för rivskador på händerna. En väl utfört bultlåsning ger ett "professionellt" intryck av utfört arbete och bör eftersträvas.
Låstråd förekommer huvudsakligen i tre diametrar, 0,5mm med beteckning MS20995-C20, 0,8mm med beteckning MS20995-C32 och 1mm med beteckning MS20995-C41.

Fel och rätt utförd låsning med saxsprint



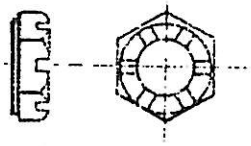
Några exempel på låsning med låstråd



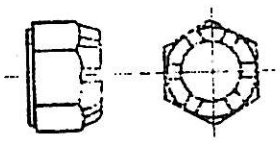
Tabell för omvandling pound-fot till Nm.

fot-lb	Nm	fot-lb	Nm
1	1,4	51	69
2	2,7	52	70,5
3	4,o	53	72
4	5,5	54	73
5	6,5	55	74,5
6	8,0	56	76
7	9,5	57	77
8	10,5	58	78,5
9	12	59	80
10	13,5	60	81,5
11	15	61	82,5
12	16	62	84
13	17,5	63	85,5
14	19	64	86,5
15	20,5	65	88
16	21,5	66	89,5
17	23	67	91
18	24,5	68	92
19	25,5	69	93,5
20	27	70	95
21	28,5	71	96
22	30	72	97,5
23	31	73	99
24	32,5	74	100,5
25	34	75	101,5
26	35	76	103
27	36,5	77	104,5
28	38	78	105,5
29	39,5	79	107
30	40,5	80	108,5
31	42	81	110
32	43,5	82	111
33	44,5	83	112,5
34	46	84	114
35	47,5	85	115
36	49	86	116,5
37	50	87	118
38	51,5	88	119
39	53	89	120,5
40	54	90	122
41	55,5	91	123,5
42	57	92	124,5
43	58	93	126
44	59,5	94	127,5
45	61	95	128,5
46	62,5	96	130
47	63,5	97	131,5
48	65	98	133
49	66,5	99	134
50	67,5	100	135,5

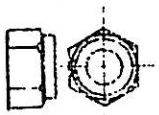
Exempel på muttrar förekommande i amatörbyggda flygplan



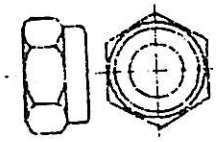
AN320-



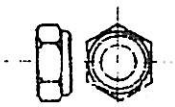
AN310-



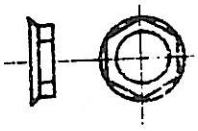
AN365-
(MS20365)



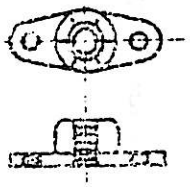
AN363-
Hög-temp



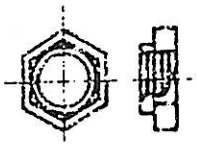
AN364-
(MS20364)



MS210042
Lättvikt



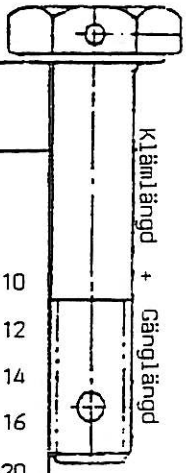
AN366F-
(MS21078)



NAS679

Tabell för att enkelt finna rätt klämlängd då förbandets tjocklek är känd.

Öka förbandets tjocklek med resp bultdiameters gänglängd, längst ned i resp kolumn.
Mät från tabellens översta linje och läs av värdet i resp kolumn för avsedd diameter.
Välj närmast högre värde. Obs att en brickas tjocklek är inräknad i mätvärdet.



3/16-32	1/4-28	5/16-24	3/8-24	7/16-20	1/2-20	9/16-18	5/8-18	
3 — 4	3 — 4	— 4						
5 —	5 —	5 —	5 —	5 —				
— 6	— 6	— 6	— 6	— 6	— 6			
7 —	7 —	7 —	7 —	7 —	7 —	7 — 6	7 —	
— 10	— 10	— 10	— 10	— 10	— 10	— 10	— 10	
11 —	11 —	11 —	11 —	11 —	11 —	11 —	11 —	
— 12	— 12	— 12	— 12	— 12	— 12	— 12	— 12	
13 —	13 —	13 —	13 —	13 —	13 —	13 —	13 —	
— 14	— 14	— 14	— 14	— 14	— 14	— 14	— 14	
15 —	15 —	15 —	15 —	15 —	15 —	15 —	15 —	
— 16	— 16	— 16	— 16	— 16	— 16	— 16	— 16	
17 —	17 —	17 —	17 —	17 —	17 —	17 —	17 —	
— 20	— 20	— 20	— 20	— 20	— 20	— 20	— 20	
21 —	21 —	21 —	21 —	21 —	21 —	21 —	21 —	
— 22	— 22	— 22	— 22	— 22	— 22	— 22	— 22	
23 —	23 —	23 —	23 —	23 —	23 —	23 —	23 —	
— 24	— 24	— 24	— 24	— 24	— 24	— 24	— 24	
25 —	25 —	25 —	25 —	25 —	25 —	25 —	25 —	
— 26	— 26	— 26	— 26	— 26	— 26	— 26	— 26	
27 —	27 —	27 —	27 —	27 —	27 —	27 —	27 —	
— 30	— 30	— 30	— 30	— 30	— 30	— 30	— 30	
31 —	31 —	31 —	31 —	31 —	31 —	31 —	31 —	
— 32	— 32	— 32	— 32	— 32	— 32	— 32	— 32	
33 —	33 —	33 —	33 —	33 —	33 —	33 —	33 —	
— 34	— 34	— 34	— 34	— 34	— 34	— 34	— 34	
35 —	35 —	35 —	35 —	35 —	35 —	35 —	35 —	
— 36	— 36	— 36	— 36	— 36	— 36	— 36	— 36	
37 —	37 —	37 —	37 —	37 —	37 —	37 —	37 —	
— 40	— 40	— 40	— 40	— 40	— 40	— 40	— 40	
41 —	41 —	41 —	41 —	41 —	41 —	41 —	41 —	
— 42	— 42	— 42	— 42	— 42	— 42	— 42	— 42	
43 —	43 —	43 —	43 —	43 —	43 —	43 —	43 —	
— 44	— 44	— 44	— 44	— 44	— 44	— 44	— 44	
45 —	45 —	45 —	45 —	45 —	45 —	45 —	45 —	
— 46	— 46	— 46	— 46	— 46	— 46	— 46	— 46	
47 —	47 —	47 —	47 —	47 —	47 —	47 —	47 —	
— 50	— 50	— 50	— 50	— 50	— 50	— 50	— 50	
AN3	AN4	AN5	AN6	AN7	AN8	AN9	AN10	AN Nr
9,5 mm	11 mm	12 mm	16 mm	16 mm	19,5 mm	21,5 mm	22,5 mm	Gäng-längd

Tabell över AN bult - klämlängder och totallängder.

AN Dia	AN3 3/16" = 4,7625 mm				AN4 1/4" = 6,35 mm				AN5 5/16" = 7,8375 mm			
Dash Nr	Grip		Length		Grip		Length		Grip		Length	
	Tum ± 1/64	mm	Tum +1/32 -1/64	mm	Tum ±1/64	mm	Tum +1/32 -1/64	mm	Tum ±1/64	mm	Tum +1/32 -1/64	mm
3	1/16	1,6	15/32	11,9	1/16	1,6	15/32	11,9	-		-	
4	1/8	3,2	17/32	13,5	1/16	1,6	17/32	13,5	1/16	1,6	19/32	15,1
5	1/4	6,35	21/32	16,7	3/16	4,8	21/32	16,7	3/16	4,8	23/32	18,3
6	3/8	9,5	25/32	19,8	5/16	7,9	25/32	19,8	5/16	7,9	27/32	21,4
7	1/2	12,7	29/32	23	7/16	11,1	29/32	23	7/16	11,1	31/32	24,6
10	5/8	15,9	1 1/32	26,2	9/16	14,3	1 1/32	26,2	9/16	14,3	1 3/32	27,8
11	3/4	19,1	1 5/32	33,3	11/16	17,5	1 5/32	26,9	11/16	17,5	1 7/32	31
12	7/8	22,3	1 9/32	32,5	13/16	20,6	1 9/32	32,5	13/16	20,6	1 11/32	34,1
13	1	25.4	1 13/32	35,7	15/16	23,8	1 13/32	35,7	15/16	23,8	1 15/32	37,3
14	1 1/8	28,6	1 17/32	38,9	1 1/16	27	1 17/32	38,9	1 1/16	27	1 19/32	40,5
15	1 1/4	31,8	1 21/32	42,1	1 3/16	30,2	1 21/32	42,1	1 3/16	30,2	1 23/32	43,7
16	1 3/8	35	1 25/32	45,2	1 5/16	33,3	1 25/32	45,2	1 5/16	33,3	1 27/32	46,8
17	1 1/2	38,1	1 29/32	48,4	1 7/16	36,5	1 29/32	48.4	1 7/16	36,5	1 31/32	50
20	1 5/8	41,3	2 1/32	51,6	1 9/16	39,7	2 1/32	51,6	1 9/16	39,7	2 3/32	53,2
21	1 3/4	44,5	2 5/32	54,8	1 11/16	42,9	2 5/32	54,8	1 11/16	42,9	2 7/32	56,4
22	1 7/8	47,6	2 9/32	58	1 13/16	46	2 9/32	58	1 13/16	46	2 11/32	59,5
23	2	50,8	2 13/32	61,1	1 15/16	49,2	2 13/32	61,1	1 15/16	49,2	2 15/32	62,7
24	2 1/8	54	2 17/32	64,3	2 1/16	52,4	2 17/32	64,3	2 1/16	52,4	2 19/32	65,9
25	2 1/4	57,2	2 21/32	67,5	2 3/16	55,6	2 21/32	67,5	2 3/16	55,6	2 23/32	69,1
26	2 3/8	60,3	2 25/32	70,6	2 5/16	58,7	2 25/32	70,6	2 5/16	58,7	2 27/32	72,2
27	2 1/2	63,5	2 29/32	73,8	2 7/16	61,9	2 29/32	73,8	2 7/16	61,9	2 31/32	75,4
30	2 5/8	66,7	3 1/32	77	2 9/16	65,1	3 1/32	77	2 9/16	65,1	3 3/32	78,6
31	2 3/4	69,9	3 5/32	82,1	2 11/16	68,3	3 5/32	82,1	2 11/16	68,3	3 7/32	81,8
32	2 7/8	73,1	3 9/32	83,3	2 13/16	71,4	3 9/32	83,3	2 13/16	71,4	3 11/32	84,9
33	3	76,2	3 13/32	86,5	2 15/16	74,6	3 13/32	86,5	2 15/16	74,6	3 15/32	88,1
34	3 1/8	79,4	3 17/32	89,7	3 1/16	77,8	3 17/32	89,7	3 1/16	77,8	3 19/32	91,3
35	3 1/4	82,6	3 21/32	92,9	3 3/16	81	3 21/32	92,8	3 3/16	81	3 25/32	96
36	3 3/8	85,7	3 25/32	96	3 5/16	84,1	3 25/32	96	3 5/16	84,1	3 27/32	97,6
37	3 1/2	88,9	3 29/32	99,2	3 7/16	87,3	3 29/32	99,2	3 7/16	87,3	3 31/32	101
40	3 5/8	92,1	4 1/32	102	3 9/16	90,5	4 1/32	102	3 9/16	90,5	4 3/32	104
41	3 3/4	95,2	4 5/32	106	3 11/16	93,7	4 5/32	106	3 11/16	93,7	4 7/32	107
42	3 7/8	98,4	4 9/32	109	3 13/16	96,5	4 9/32	109	3 13/16	96,8	4 11/32	110
43	4	102	4 13/32	112	3 15/16	100	4 13/32	112	3 15/16	100	4 15/32	114
44	4 1/8	105	4 17/32	115	4 1/16	103	4 17/32	115	4 1/16	103	4 19/32	117
45	4 1/4	108	4 21/32	118	4 3/16	106	4 21/32	118	4 3/16	106	4 23/32	120
46	4 3/8	111	4 25/32	121	4 5/16	109	4 25/32	121	4 5/16	109	4 27/32	123
47	4 1/2	114	4 29/32	125	4 7/16	113	4 29/32	125	4 7/16	113	4 31/32	126
50	4 5/8	117	5 1/32	128	4 9/16	116	5 1/32	128	4 9/16	116	5 3/32	129
51	4 3/4	121	5 5/32	131	4 11/16	119	5 5/32	131	4 11/16	119	5 7/32	132
52	4 7/8	124	5 9/32	134	4 13/16	122	5 9/32	134	4 13/16	122	5 11/32	136
53	5	127	5 13/32	137	4 15/16	125	5 13/32	137	4 15/16	125	5 15/32	139
54	5 1/8	130	5 17/32	140	5 1/16	128	5 17/32	140	5 1/16	128	5 19/32	142
55	5 1/4	133	5 21/32	144	5 3/16	132	5 21/32	144	5 3/16	132	5 23/32	145
56	5 3/8	136	5 25/32	147	5 5/16	135	5 25/32	147	5 5/16	135	5 27/32	148
57	5 1/2	140	5 29/32	150	5 7/16	138	5 29/32	150	5 7/16	138	5 31/32	152
60	5 5/8	143	6 1/32	153	5 9/16	141	6 1/32	153	5 9/16	141	6 3/32	155

OBS. Samtliga mm-mått är avkortade till 1 decimal under 100 mm och jämna mm över 100 mm länd. Vid "kritisk" länd göres exakt omräkning.

Tabell över AN bult - klämlängder och totallängder.

AN Dia	AN 6 3/8" = 9,525 mm				AN7 7/16" = 11,1125 mm				AN8 1/2" = 12,7 mm			
Dash Nr	Grip		Length		Grip		Length		Grip		Length	
	Tum ±1/64	mm	Tum +1/32 -1/64	mm	Tum ±1/64	mm	Tum +1/32 -1/64	mm	Tum ±1/64	mm	Tum +1/32 -1/64	mm
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	1/16	1,6	45/64	17,8	1/16	1,6	23/32	18,2	-	-	-	-
6	3/16	4,8	53/64	21	3/16	4,8	27/32	21,4	1/16	1,6	27/32	21,4
7	5/16	7,9	61/64	24,2	5/16	7,9	31/32	24,6	3/16	4,8	31/32	24,6
10	7/16	11,1	1 5/64	27,4	7/16	11,1	1 3/32	27,8	5/16	7,9	1 3/32	27,8
11	9/16	14,3	1 13/64	30,5	9/16	14,3	1 7/32	30,9	7/16	11,1	1 7/32	30,9
12	11/16	17,5	1 21/64	33,7	11/16	17,5	1 11/32	34,1	9/16	14,3	1 11/32	34,1
13	13/16	20,6	1 29/64	36,9	13/16	20,6	1 15/32	37,3	11/16	17,5	1 15/32	37,3
14	15/16	23,8	1 37/64	40,1	15/16	23,8	1 19/32	40,5	13/16	20,6	1 19/32	40,5
15	1 1/16	27	1 45/64	43,3	1 1/16	27	1 23/32	43,7	15/16	23,8	1 23/32	43,7
16	1 3/16	30,2	1 53/64	46,4	1 3/16	30,2	1 27/32	46,8	1 1/16	27	1 27/32	46,8
17	1 5/16	33,3	1 61/64	49,6	1 5/16	33,3	1 31/32	50	1 3/16	30,2	1 31/32	50
20	1 7/16	36,5	2 5/64	52,8	1 7/16	36,5	2 3/32	53,2	1 5/16	33,3	2 3/32	53,2
21	1 9/16	39,7	2 13/64	56	1 9/16	39,7	2 7/32	56,4	1 7/16	36,5	2 7/32	56,4
22	1 11/16	42,9	2 21/64	59,1	1 11/16	42,9	2 11/32	59,5	1 9/16	39,7	2 11/32	59,5
23	1 13/16	46,1	2 29/64	62,3	1 13/16	46,1	2 15/32	62,7	1 11/16	42,9	2 15/32	62,7
24	1 15/16	49,2	2 37/64	65,5	1 15/16	49,2	2 19/32	65,9	1 13/16	46,1	2 19/32	65,9
25	2 1/16	52,4	2 45/64	68,7	2 1/16	52,4	2 23/32	69,1	1 15/16	49,2	2 23/32	69,1
26	2 3/16	55,6	2 53/64	71,8	2 3/16	55,6	2 27/32	72,2	2 1/16	52,4	2 27/32	72,2
27	2 5/16	58,5	2 61/64	75	2 5/16	58,7	2 31/32	75,4	2 3/16	55,6	2 31/32	75,4
30	2 7/16	61,9	3 5/64	78,2	2 7/16	61,9	3 3/32	78,6	2 5/16	58,7	3 3/32	78,6
31	2 9/16	65,1	3 13/64	81,4	2 9/16	65,1	3 7/32	81,8	2 7/16	61,9	3 7/32	81,8
32	2 11/16	68,3	3 21/64	84,5	2 11/16	68,3	3 11/32	84,8	2 9/16	65,1	3 11/32	84,8
33	2 13/16	71,5	3 29/64	87,7	2 13/16	71,5	3 15/32	88,1	2 11/16	68,3	3 15/32	88,1
34	2 15/16	74,6	3 39/64	91,7	2 15/16	74,6	3 19/32	91,3	2 13/16	71,5	3 19/32	91,3
35	3 1/16	77,8	3 45/64	94,1	3 1/16	77,8	3 23/32	94,5	2 15/16	74,6	3 23/32	94,5
36	3 3/16	81	3 53/64	97,2	3 3/16	81	3 27/32	97,6	3 1/16	77,8	3 27/32	97,6
37	3 5/16	83,9	3 61/64	100	3 5/16	83,9	3 31/32	101	3 3/16	81	3 31/32	101
40	3 7/16	87,3	4 5/64	104	3 7/16	87,3	4 3/32	104	3 5/16	84,1	4 3/32	104
41	3 9/16	90,5	4 13/64	107	3 9/16	90,5	4 7/32	107	3 7/16	87,3	4 7/32	107
42	3 11/16	93,7	4 21/64	110	3 11/16	93,7	4 11/32	110	3 9/16	90,5	4 11/32	110
43	3 13/16	96,9	4 29/64	113	3 13/16	96,9	4 15/32	113	3 11/16	93,7	4 15/32	113
44	3 15/16	100	4 37/64	116	3 15/16	100	4 19/32	117	3 13/16	96,9	4 19/32	117
45	4 1/16	103	4 45/64	119	4 1/16	103	4 23/32	120	3 15/16	100	4 23/32	120
46	4 3/16	106	4 53/64	122	4 3/16	106	4 27/32	123	4 1/16	103	4 27/32	123
47	4 5/16	109	4 61/64	125	4 5/16	109	4 31/32	126	4 3/16	106	4 31/32	126
50	4 7/16	113	5 5/64	129	4 7/16	113	5 3/32	129	4 5/16	109	5 3/32	129
51	4 9/16	116	5 13/64	132	4 9/16	116	5 7/32	132	4 7/16	113	5 7/32	132
52	4 11/16	119	5 21/64	135	4 11/16	119	5 11/32	135	4 9/16	116	5 11/32	135
53	4 13/16	122	5 29/64	138	4 13/16	122	5 15/32	138	4 11/16	119	5 15/32	138
54	4 15/16	125	5 37/64	141	4 15/16	125	5 19/32	142	4 13/16	122	5 19/32	142
55	5 1/16	128	5 45/64	144	5 1/16	128	5 23/32	145	4 15/16	125	5 23/32	145
56	5 3/16	131	5 53/64	147	5 3/16	132	5 27/32	148	5 1/16	128	5 27/32	148
57	5 5/16	135	5 61/64	151	5 5/16	135	5 31/32	152	5 3/16	131	5 31/32	152
60	5 7/16	138	6 5/64	154	5 7/16	138	6 3/32	155	5 5/16	135	6 3/32	155

OBS. Samtliga mm-mått är avkortade till en decimal under 100 mm och jämna mm över 100 mm längd. Vid "kritisk" längd göres exakt uträkning.

ÖVRIG MATERIEL

Wire med låsning

Huvudsaklig användning av Wire i moderna flygplanskonstruktioner är som överföring mellan pedalställ och sidoroder. Andra användningsområden kan givetvis förekomma.
Wire för användning i flygplan skall vara av flygkvalitet enligt tabell nedan med diameter minst 3/32". Dessa finns som 7x7-trådig och 6x19-trådig av galvaniserat stål eller rostfritt stål. Vanligast är rostfritt material med 7x7-trådig eller, för extra böjlighet 7x19-trådig.
Tillverkningsnorm för Wire 7x7 eller7x19 av flygplanskvalietet är för
galvad...MIL-W-83420 (=MIL-W-1511A)
rostfri... MIL-W-83420 (=MIL-W-5424B)
För oflexibel styv wire 1x19-trådig
galvad...MIL-C-6940
rostfri... MIL-C-5693

Tabell för hållfasthet vajer 7x7 och 7x19-trådig

Diam	Tråd	Hållfasthet N	
		galvad	rostfri
3/32"	7x7	4100	4100
3/32"	7x19	4500	4100
1/8"	7x19	9000	8000
5/32"	7x19	12600	10800
3/16"	7x19	19900	16700
1/4"	7x19	31500	29000

Presshylsor

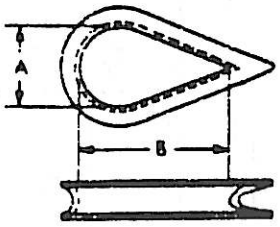
Presshylsa sk NICO-press används för att låsa wire runt kausen. Hylsan pressas med en speciell tång, NICO-press-tång eller ett enklare sk Swaging Tool. Med NICO-press-tång fås ett pressmönster enligt figur sidan 2, med ett Swaging Tool ser pressningen något annorlunda ut. Både tången och verktyget skall ansättas till stopp för att pressningen skall bli rätt utförd vilket är väsentligt för hållfastheten i pressningen.

Kaus

För amatörbyggaren är tillverkning av öglor på Kaus det vanligaste arbetet med wire, övriga arbeten kräver oftast tillgång till specialmaskiner som finns hos flygverkstäder eller verkstäder som tillverkar segelbåtsmateriel. Hos dessa kan specialarbeten med fördel beställas.
Kaus används alltid som öglebas för wire. Dessa tillverkas av stål med kadmiumplätering alternativt av rostfritt stål enligt MIL-T-5677. Vid montering av kausändar till ex pedalställ används en rördistans med stor bricka på varje sida av kausen.

Kaus betecknas enligt tabell nedan

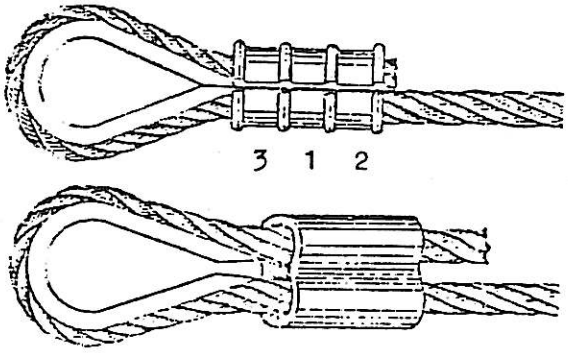
Kolstål	Rostfritt	Wiredim	Kausdim	
			A	B
AN100-3	AN100-C3	1/16-5/64"	0,35"	0,70"
AN100-4	AN100-C4	3/32-1/8"	0,35"	0,70"
AN100-5	AN100-C5	5/32"	0,40"	0,80"
AN100-6	AN100-C6	3/16"	0,50"	1,00"

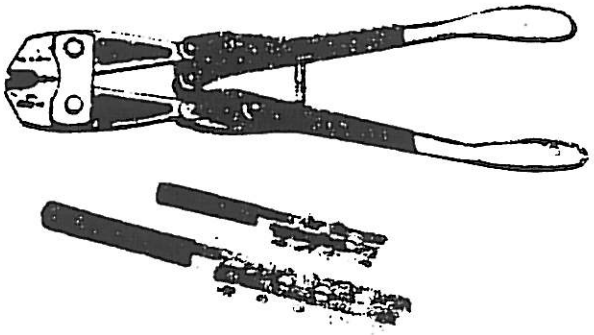


Beteckningen för NICO-press Sleeves fås ur tabell nedan

koppar	zinkpläterad	wirediameter
18-1-C	28-1-C	1/16"
18-2-G	28-2-G	3/32"
18-3-M	28-3-M	1/8"
18-4-P	28-4-P	5/32"
18-6-X	28-6-X	3/16"
18-10-F6	------	1/4"

Figur visar pressad och opressad NICO-press Sleeve.



Pressning av Sleeves sker i ordning 1, 2, 3 som visas i figur ovan.

Figur visar NICO-press tång resp Swaging Tool.