Dokument: SASAK-RAP-DE-AKS-KEH-0015-01

Designregler for udformning af ekstruderede profiler

SASAK
Projekt 1 - Designregler

Gert Jørgensen
Mærsk Container Industri

Niels Georg Larsen
Knud E. Hansen A/S, September 2001

Indhold

EKSTRUDERING / EKSTRUDEREDE PROFILER 3

INDLEDNING 3
EKSTRUDERINGSTEKNOLOGIER 4
Direkte ekstrudering: 4
Rørekstrudering: 5
Profiltyper: 6
Ekstruderingsdesign: 6
OCD-cirkelforhold: 6
Hvad er ekstruderingssvejsning? 7
3-D EKSTRUDERING 8
HÆRDEMEKANISMER FOR EKSTRUDEREDE ALUMINIUM PROFILER 9
Legeringer: 9
Varmehærdning / opløsningsglødning 9
Naturlig modning 10
Kunstig modning 10
Anvendelsesområder for ekstruderede aluminium profiler 11

PLADEPANELER SAMLET AF EKSTRUDEREDE PROFILER 14

INDLEDNING 14
TYPISKE PROFILER OG ANVENDELSESOMRÅDER 15
PANELER AF EKSTRUDEREDE PROFILER 15
SAMMENSVEJSNING AF EKSTRUDEREDE PROFILER 17
PRIMÆR AFSTIVNING 20

MINIMERING AF ANTALLET AF SVEJSNINGER / SVEJSEMETER 20

EKSEMPEL 20

BRUG AF EKSTRUDEREDE PROFILER I KØLECONTAINERE 22

BAGGRUND 22
T-GULV 25
SAMLING SIDE / TAG 25
DØRRAMME 25

REFERENCELISTE 27

Ekstrudering / ekstruderede profiler

Indledning

Stangpresning, eller som metoden også kaldes "ekstrudering", (afledt af det engelske extrude) er en typisk bearbejdningsmetode for ikke-jernmetaller og specielt aluminium. Materialet presses i opvarmet tilstand gennem en matriceåbning i samme form, som profilet man ønsker at fremstille.

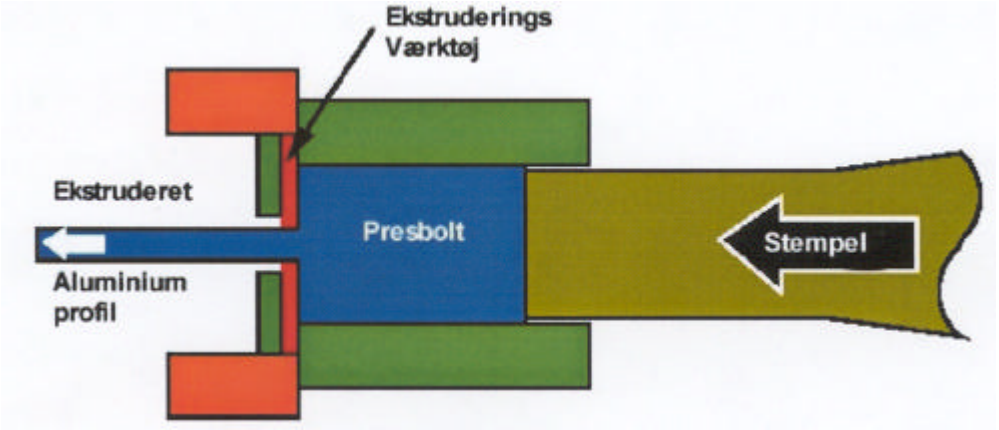
På grund af aluminiums lave smeltepunkt er aluminiumlegeringer nemme at forme allerede ved temperaturer mellem 400 og 500°C, svarende til de normale ekstruderingstemperaturer. Fordelene ved ekstrudering er, at man på en nem og billig måde kan fremstille mere eller mindre komplicerede profilformer, både åbne og lukkede. Ekstrudering er en meget anvendelig teknik, som er i stærk fremgang. Alle gængse legeringer kan anvendes til stangekstrudering, oftest benyttes dog de varmehærdende 6000 legeringer (AlMgSi-legering). Se afsnit om varmehærdning. Rør- og hulprofiler er ikke noget problem. Profilernes vægt kan variere fra under 0,03 kg/m til over 300 kg/m. Hvis metoden udnyttes rigtigt vil der ikke kun være mulighed for anselige udgiftsbesparelser i den efterfølgende bearbejdning, men også fremstilling af unikke produkter.

Under hensyntagen til de store muligheder indenfor ekstrudering med at give produkterne en næsten færdig form anvendes disse ofte som halvfabrikata. En afskæring til den rette længde er alt, der oftest behøves for at få en færdig komponent. Et betydeligt mere moderne begreb ligger derfor for hånden, nemlig *"near-net shape"*.

Da værktøjsomkostningerne ved ekstrudering er forholdsvis lave, typisk 65.000 til 225.000 kr., kan man også påtage sig at levere mindre serieproduktioner af specialprofiler. Rigtigt udnyttet er der med de mange formgivningsmuligheder store muligheder for at tilføje mange funktioner i den afsluttende produktionsfase, eksempelvis skruekanaler, forberedelse til svejsning, hængsel- og klipsefunktioner i profilet. Herved opnås der en yderligere væsentlig reduktion i udgifterne til fremstilling af det færdige produkt.

Ekstruderingsteknologier

Direkte ekstrudering:



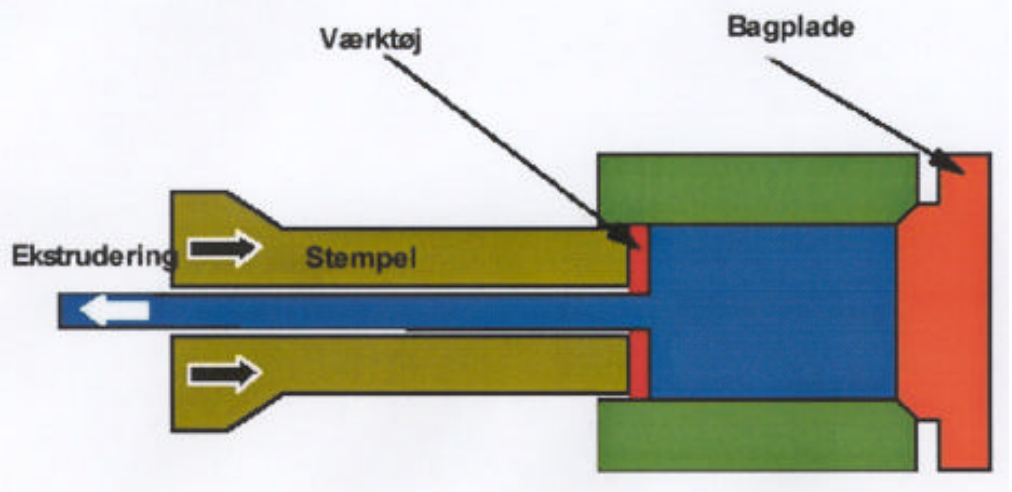
Figur 1. Direkte ekstrudering

Fordel: Billig proces. Billetresten indeholder billets overfladeurenheder.
Billet = presbolt (rå-materialet)

Ulempe: Der er stor friktionskraft imod containervæggen (liner).

Den mest anvendte metode til ekstrudering.

Indirekte ekstrudering:

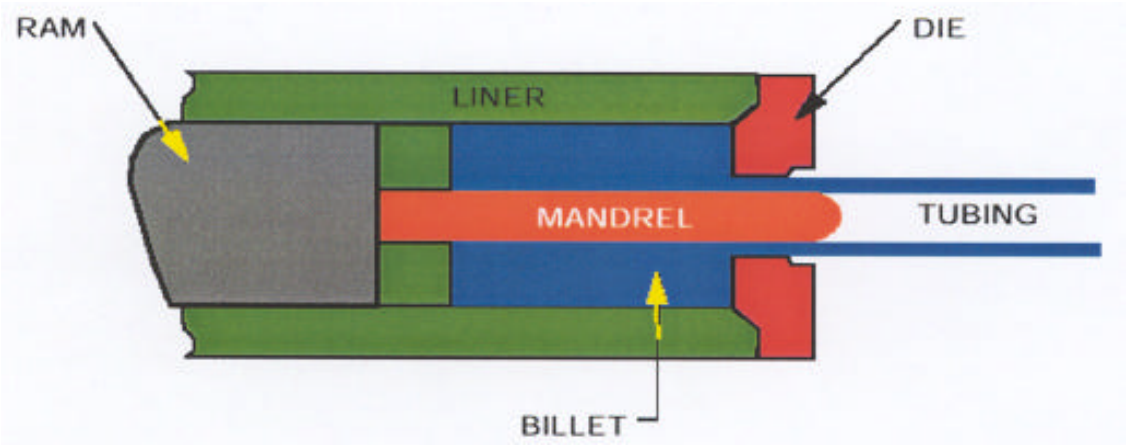


Figur 2 Indirekte ekstrudering

Fordel: Stor specifik kraft overført fra stempel til materiale på matricen, da der ingen friktionskraft er imellem containervæg og billet, som skal overvindes.

Ulempe: Dyr proces med enten et langt stempel eller kun korte billets (presbolte) med tidskrævende ilægning.

Rørekstrudering:

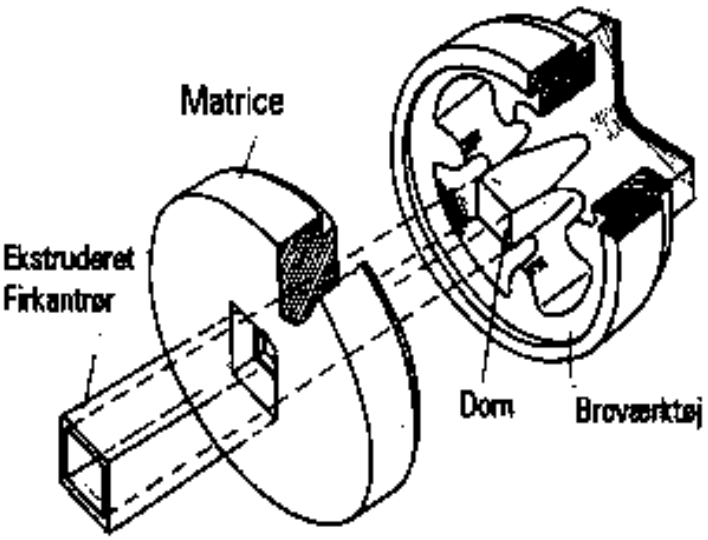


Figur 3 Rørekstrudering

Der skelnes mellem 2 forskellige former, som begge er affødt af direkte ekstrudering – se Figur 3.

1) **Broværktøjsmetoden**, hvor der sker en svejsning af rå-materialet, som løber omkring broen, der fastholder dornen. Dette er den mest almindelige type til fremstilling af ekstruderede rør og hulprofiler se Figur 4 Ekstruderings matrise.

2) **Ekstrudering over dorn**, hvor der er en dorn på det bevægelige stempel. Dornen går med igennem matricen. Ulempen er, at produktiviteten er ca. 50% lavere end broværktøjsmetoden, metoden er derfor ikke særlig udbredt.



Figur 4 Ekstruderings matrise

Profiltyper:

Der skelnes mellem 3 forskellige profiltyper:

1) **Lukkede profiler:** Massive stænger med tilfældig udvendig form og ingen kritiske tungeforhold.

2) **Halvåbne profiler:** I princippet et massivt profil, men kritiske tungeforhold. Forholdet mellem arealet på kammeret og kvadratet på åbningen i profilet afgør om profilet er et massivt eller et hulprofil.

3) **Hulprofil:** En tilfældig form, men materiale hele vejen rundt, så værktøjet kræver en broopbygning, hvorved der opstår en svejsning (seam weld).

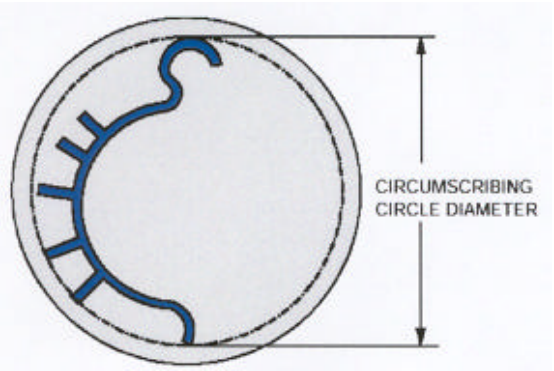
Ekstruderingsdesign:

Et tværsnit er nemmere at ekstruderer hvis det:

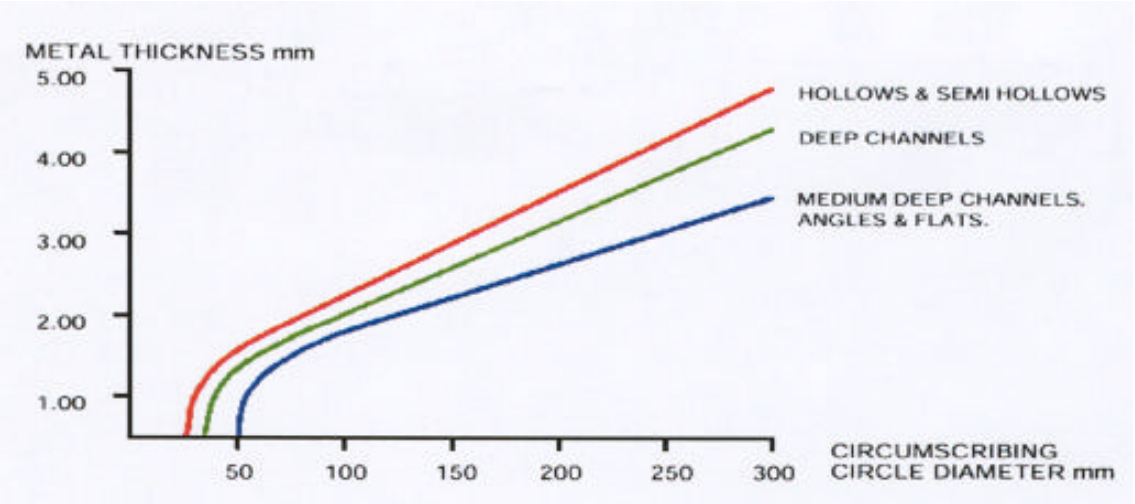
- har identiske vægtykkelser
- har simple bløde former – rundt i stedet for skarpe vinkler
- er symmetrisk
- har en lille omskreven cirkel
- ikke har dybe og smalle fordybninger

OCD-cirkelforhold:

Omskreven cirkeldiameter - OCD, er et udtryk for profilets størrelse og virker derfor bestemmende for valg af godstykkelse, tolerance og prisfastsættelse. Det er idag muligt at ekstrudere profiler fra OCD 2 mm op til ~800 mm, alt efter valg af pressestørrelse.



Figur 5 OCD-cirkelforhold



Figur 6 Forhold mellem min. tykkelse og den omskrevne diameter

Hvad er ekstruderingssvejsning?

Ekstruderingssvejsning er en sammenføjning af to berøringsoverflader i ekstruderingsprocessen. Svejsningen sker udelukkende via de højtryk der opstår og de efterfølgende store deformeringer, der opstår i matricerne, uden at metallet smelter.

Der findes to former for ekstruderingssvejsninger:

1) "Charge weld"

Charge weld er svejsning af to på hinanden følgende billets, som dannes af det resterende metal i værktøjet efter afskæring af billet-resterne og den nye billet. Svejsningen påbegyndes, når profilet er kommet et stykke forbi stopmærket. På grund af det uhomogene metalflyd i værktøjet vil der ske en udstrækning langs profilet. Charge weld opstår både i lukkede og åbne ekstruderinger.

Egenskaber ved "charge welds":

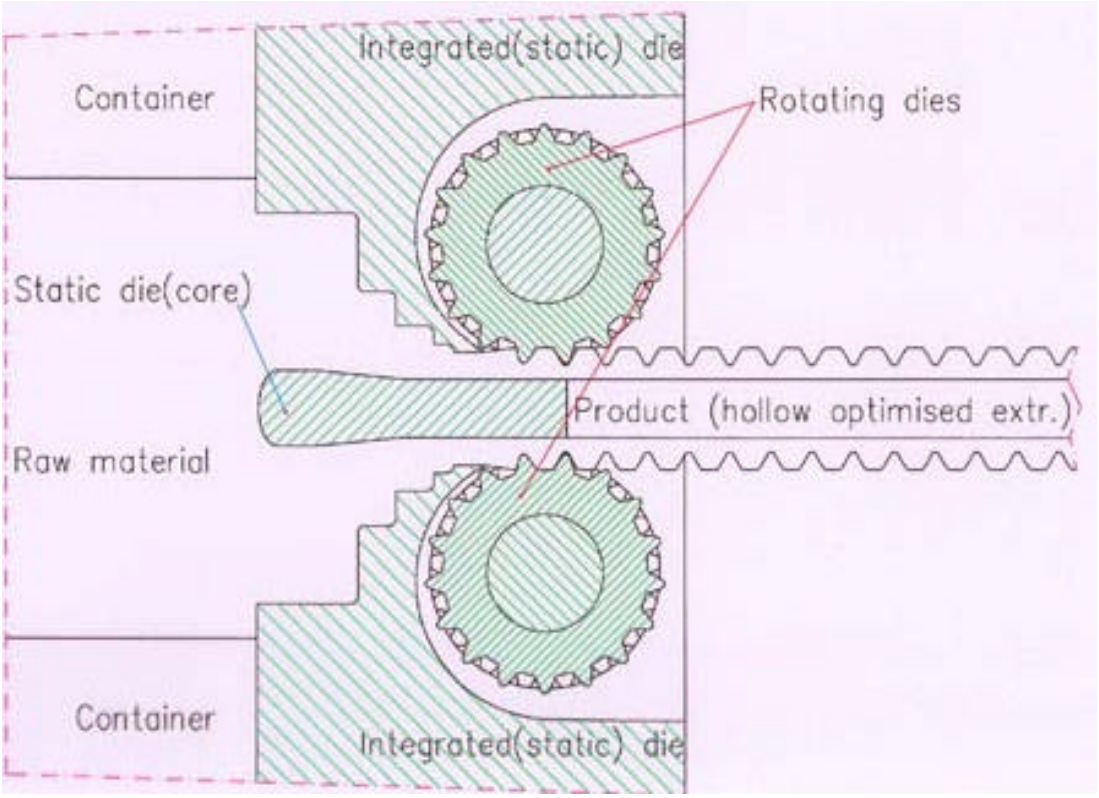
I en "charge weld" svejsning kan der forekomme reducerede egenskaber i en vis afstand langs profilet. I specielle tilfælde er det derfor nødvendigt at skrotte en del af CW-området. De forskellige egenskaber påvirkes til en vis grad af anvendelsen af "charge welds". Mens den maksimale brudstyrke kun reduceres periferisk, påvirkes egenskaber såsom modstandsevne mod dynamisk udmatning.

Afhængigt af profilanvendelsen skal de forskellige ekstruderingslængder, der indeholder reducerede "charge weld" egenskaber, fraskæres. Normalt fraskærer man ikke "charge weld" området, hvis profilet udelukkende er statisk belastet.

2) "Seam weld"

"Seam weld" – sømsvejsning opstår, når der ekstruderes over et broværktøj. "Seam welden" løber over hele ekstruderingslængden.

3-D Ekstrudering



Figur 7 3-D ekstrudering efter Markram metoden

Et nyt tiltag indenfor ekstruderings teknologien er den såkaldte 3D ekstruderingen, hvor der anvendes et system af henholdsvis roterende og faste matricer.

3-D ekstrudering arbejder med roterende matricer i den fase, hvor ekstruderingen kun er delvis defineret, de roterende matricer færdiggør i samarbejde med de faste ekstruderingen i den ønskede form.

Hærdemekanismer for ekstruderede aluminium profiler

Der skelnes imellem varmehærdbare og ikke varmehærdbare legeringer.

Legeringer:

Af varmehærdbare legeringer er de mest anvendte AA6000 og AA7000. Af legeringer som ikke kan varmehærdes, men udelukkende deformationshærdes, kan nævnes AA1000 serien, AA3000 serien og AA5000 serien.

Varmehærdning / opløsningsglødning

Opløsningsglødning er første step i en modningshærdning. Med terminologien opløsningsglødning menes varmebehandling (opvarmning) af et metal med det formål at få et meget stort antal små partikler fordelt jævnt i matrixen (basismetallet), efterfulgt af en nedkøling, således at materialet forbliver i en én-fase tilstand. Dette sker ved at opvarme materialet til en temperatur over opløsningstemperaturen for de aktuelle partikler og holde temperaturen for en given tid.

En af fordelene ved ekstrudering af 6000-legeringer er, at legeringen kan blive ekstruderet ved en temperatur over opløsningstemperaturen for Mg2Si. Man vil opnå maksimal temperatur, idet metallet presses ud gennem værktøjet. Minimum opløsningstemperatur (ekstruderingstemperatur) afhænger at legeringsforholdet, men vil variere mellem 470°C og 530°C. Bliver temperaturen for høj, vil der opstå lokal smeltning og dermed rivninger i profilet. Er temperaturen for lav, opnås der ikke en optimal opløsningsglødning, hvilket vil reducedre de mekaniske egenskaber.

Kølesensitivitet

Forskellige legeringer har forskellige krav til nedkølingshastigheder efter ekstrudering, så materialet forbliver i en én-fase tilstand. Således stiger kølehastigheden med koncentrationen af legeringselementer.

Det er vigtigt, at legeringerne bliver kølet hurtigt igennem det kritiske temperaturinterval, fra 500 til 250°C, for at undgå udskillelse af Mg2Si partikler. Dette betyder, at medens legering AA 6060 kan blive kølet med luft på udløbsbordet, må en legering som AA6082 køles med vand straks efter pressen. De mekaniske egenskaber efter modningshærdning er stærkt afhængige af at køleintervallerne er overholdt. Hurtig afkøling kan dog give problemer med termiske deformationer i profilet.

Kølesensitivitet for nogle 6000 legeringer:

Tabellen viser, hvilken brudstyrke (Rm) som kan opnås for nogle 6000-legeringer som funktion af kølehastigheden ned til 250°C.

Legering	Maks. køletid til 250°C	Brudstyrke (Rm)
AA6082.50	1 minut	F31 (310 MPa)
AA6005.40	2 minutter	F27 (270 MPa)
AA6063.60	3 minutter	F25 (250 MPa)
AA6060.35	4 minutter	F 21 (210 MPa)

Kølehastigheden for 6082 og 6005 betyder, at disse legeringer i de fleste tilfælde skal vandkøles.

Modningshærdning

Terminologien modningshærdning refererer til udskillelsen af hærdeelementer i de hærdbare aluminiumlegeringer.

Modningshærdeprocessen som foregår efter opløsningsglødning ved stuetemperatur kan opdeles i to hovedgrupper. Sker hærdningen ved lagring i stuetemperatur kaldes processen for *koldmodning* eller *naturlig modning*. Sker processen derimod ved opvarmning, kaldes den *varmmodning* eller *kunstig modning*.

Naturlig modning

De hærdbare legeringer ændrer deres mekaniske egenskaber, når de bliver lagret ved stuetemperatur efter opløsningsglødning og bratkøling. Dette kaldes "*naturlig modning*". Tiden, hvormed legeringerne ændrer mekaniske egenskaber, varierer ikke blot fra legeringsgruppe til legeringsgruppe, men også inden for de enkelte legeringsgrupper. Tiden for den naturlige modning og indtil stabil tilstand opnås kan variere fra få dage til flere år. For nogle 7000-legeringer er denne type hærdning meget udpræget og for enkelte legeringer i denne legeringsgruppe kan den maksimale styrke opnås efter en måned i stuetemperatur.

Kunstig modning

Ved at opvarme *opløsningsglødet* materiale til en temperatur over stuetemperatur, og holde det der, accelereres udskillelsesprocessen og styrken kan yderligere øges sam-

menlignet med den *naturlige hærdning* (med deraf følgende drop i forlængelsen). Denne proces kaldes *kunstig modning* og sker ved temperaturer op til 200°C (for 6000-legeringer normalt mellem 160°C og 200°C).

I løbet af hærdningen ved en specifik temperatur stiger de mekaniske egenskaber op til et maksimum ved en specifik hærdetid. Overskrides denne hærdetid begynder styrken at aftage. Dette kaldes *overhærdning* og skyldes, at udskillelserne til sidst omdannes til krystaller uden kohærens med Al-gitteret.Under denne proces samles endvidere mange små udskillelser til færre og større krystaller.

Hærdetid og temperatur

Forskellige kombinationer af hærdetid og temperatur giver forskellige mekaniske egenskaber. For 6000 legeringer ligger hærdetemperaturen normalt mellem 175°C og 195°C med en holdetid mellem 2 og 8 timer. For de fleste legeringer findes der hærdekurver, hvor man kan aflæse de mekaniske egenskaber (Rm, Rp0,2 og A5) ved forskellige kombinationer af tid og temperatur.

Anvendelsesområder for ekstruderede aluminium profiler

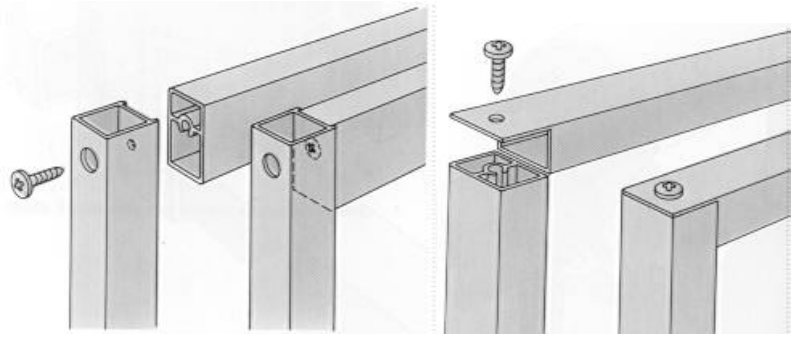
Ekstruderingsprocessen frembyder mange muligheder for former og funktioner. Ekstruderede aluminium profiler anvendes derfor også i mange forskellige produkter og industrisegmenter:

Byggeindustrien til døre, vinduer facader og glastage m.m samt markiser, flagstænger, stiger, indretningsdetaljer og møbler.

Elektronikbranchen bruger ekstruderede aluminiumprofiler til køleprofiler, indkapslinger og frontpaneler.

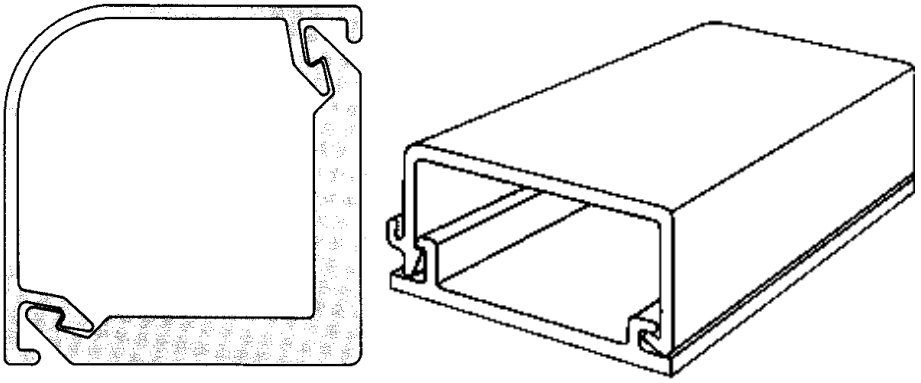
Fritidssektoren finder man profiler anvendt til bl.a fodboldmål og andre redskaber til udendørs idræt, tennis, golf og fritidsbåde.

Transportindustrien er et stort segment, her findes profiler til lastbiler, busser, personbiler, tog, offshoreindustrien og skibe, netop her vil forbruget af ekstruderede aluminium profiler stige i takt med kravene om lettere køretøjer med lavere energiforbrug.



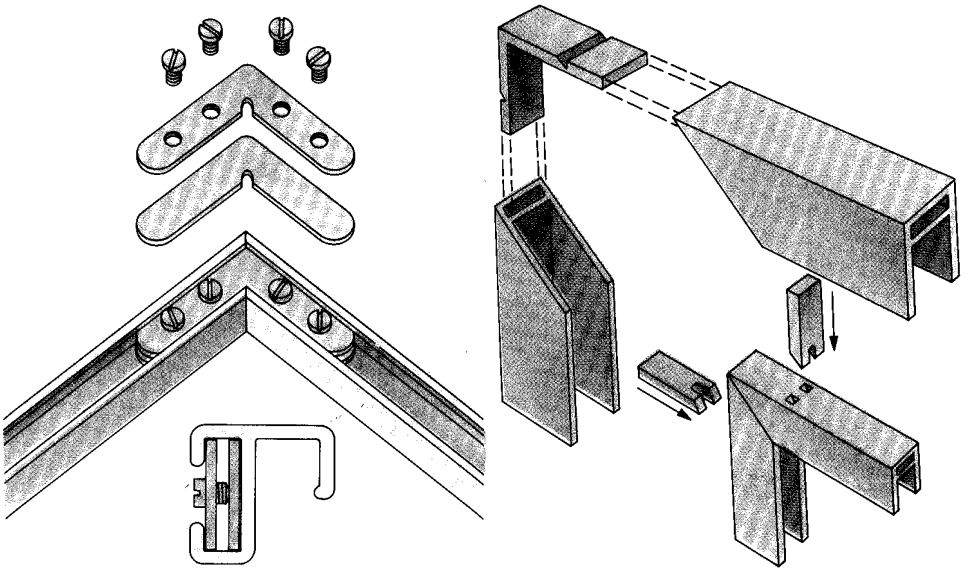
Figur 8 Skruespor

Skruespor er et egnet konstruktions element for opbygning af eksempelvis hjørne-forbindelser. Billedet viser nogle eksempler på hvorledes der er indlagt skruespor i profilet. Det modstående profil er udført med et spor så ledes at de ikke kan vride sig i forhold til hinanden. Man får altså i tilgift en vridningsstiv forbindelse med bare een skrue. Skruen er en selvskærende pladeskrue, det er derfor ikke nødvendigt et skære gevindhullet. Dette er medvirkende til at forenkle monterings arbejdet, og dermed medvirke til et billigere produkt.



Figur 9 Klipsesamling

Snapplås eller klipsesamling, er en anden måde at opbygge en profil konstruktion på. Det sker ved at udnytte aluminium materialets gode elastiske egenskaber. Således kan et låg lægges på en kabelbakke. Ved at opbygge kabelballen som vist kan den klipses sammen uden nogen form for skruer eller anden form for sammenføjnings metode. Klipse løsninger kan udformes på mange forskellige måder, afhængigt om de skal kunne fungere som fleksible sammenføjninger eller ej.



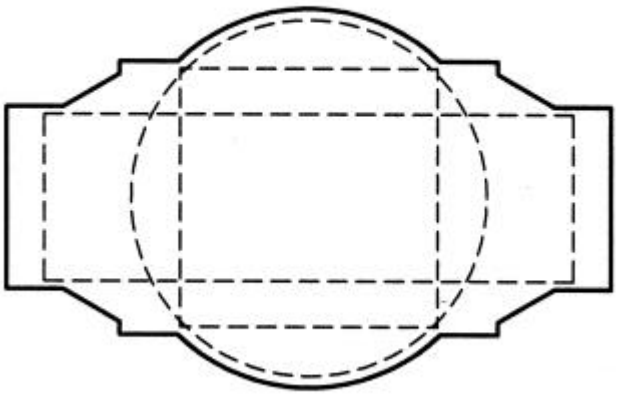
Figur 10 Hjørneforbindelse

Ved lidt kraftigere hjørneforbindelser kan man anvende forskellige former for hjørne-klodser. Her er vist en løsning er et afkortet specialprofil. De i gering skårede profiler bliver så ført ind over disse. Hjørneprofilerne kan selvfølgelig have forskellige udform-ninger, alt efter hvad de skal bruges til. For en simpel tavle ramme kan vinkler udført i plademateriale være tilstrækkelig.

Pladepaneler samlet af ekstruderede profiler

Indledning

Afhængig af valg af aluminiums leverandør vil der optræde nogle begrænsninger i udformningen af et ekstruderede profil både hvad angår den ydre geometri og hvad angår størrelsen af eventuelle hulrum i ekstruderingen.



Figur 11 Eksempel på begrænsningskurve for ekstrudering

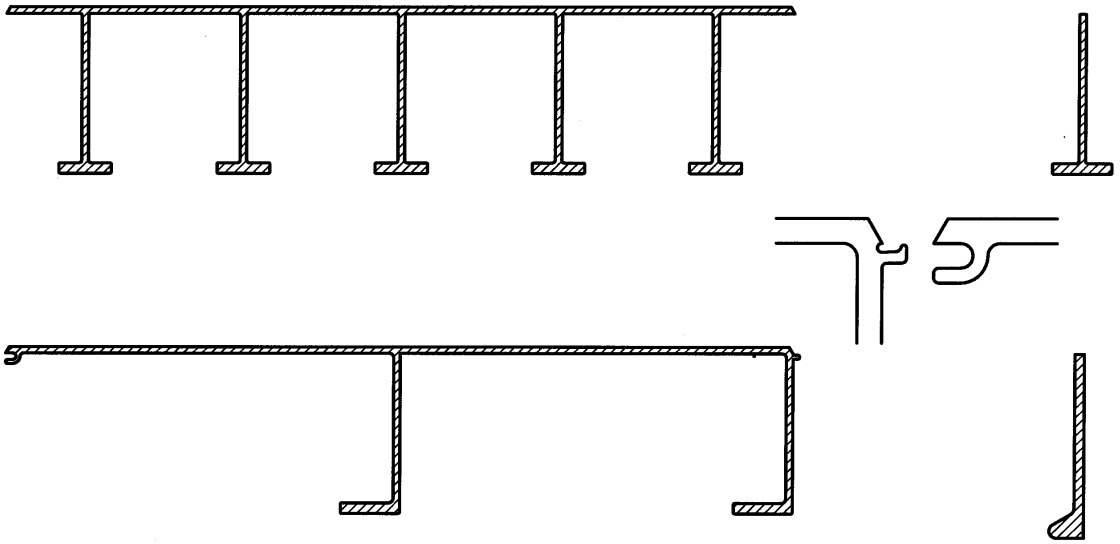
I Figur 11 Eksempel på begrænsningskurve for ekstrudering vises et eksempel på en begrænsningskurve fra en aluminiums leverandør til brug ved udformning af et konkret tværsnit. Omridset angiver den maksimale mulige ydre geometri af en extrudering, de interne linier i samme figur angiver den maksimale. størrelse af mulige indre hulrum i en extrudering af henholdsvis cirkulær, kvadratisk eller rektangulær form.

Når designet fastlægges vil det således være nødvendigt at tage hensyn til både belastningen på og funktionen af den konstruktion som extruderingen indgår i samt de teknologiske begrænsninger ved extrudering af det specifikke tværsnit.

Det er også vigtigt under planlægningen af et ekstruderede panel nøje at overveje, hvorledes den belastning som panelet udsættes for overføres videre ud i den konstruktion, som det er en integreret del af.

Typiske profiler og anvendelsesområder

De forskellige aluminiums leverandører har hver især et vist standard program af ekstruderede profiler / paneler, der umiddelbart vil kunne bestilles.



Figur 12 Eksempler på ekstruderede profiler til skibsbygning,

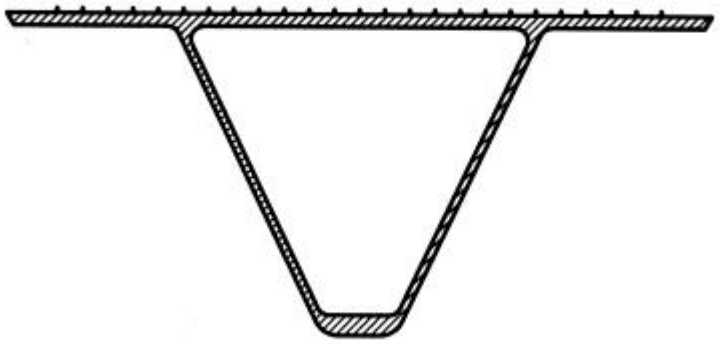
Alternativt kan disse eksempler på meget forskellige typer af ekstruderinger danne basis for inspiration for designeren i hans udformning af et optimalt tværsnit for et konkret problem. Den valgte udformning af ekstruderingen bør efterfølgende forelægges for og diskuteres med leverandøren for at sikre, at det er muligt at udforme en matrice til det aktuelle tværsnit uden for stor økonomisk omkostning.

Paneler af ekstruderede profiler

Ved udformningen af et panel baseret på sammensvejsning af ekstruderede profiler er det vigtigt at have fokus på både den konstruktion, som panelet skal indbygges i, samt på fremstilling- og indbygningsprocessen for panelet. Det planlagte tværsnit skal derfor have en sådan udformning at det tilgodeser både ekstruderingsprocessen, selve sammensvejsningen af de ekstruderede profiler samt den endelige funktion.

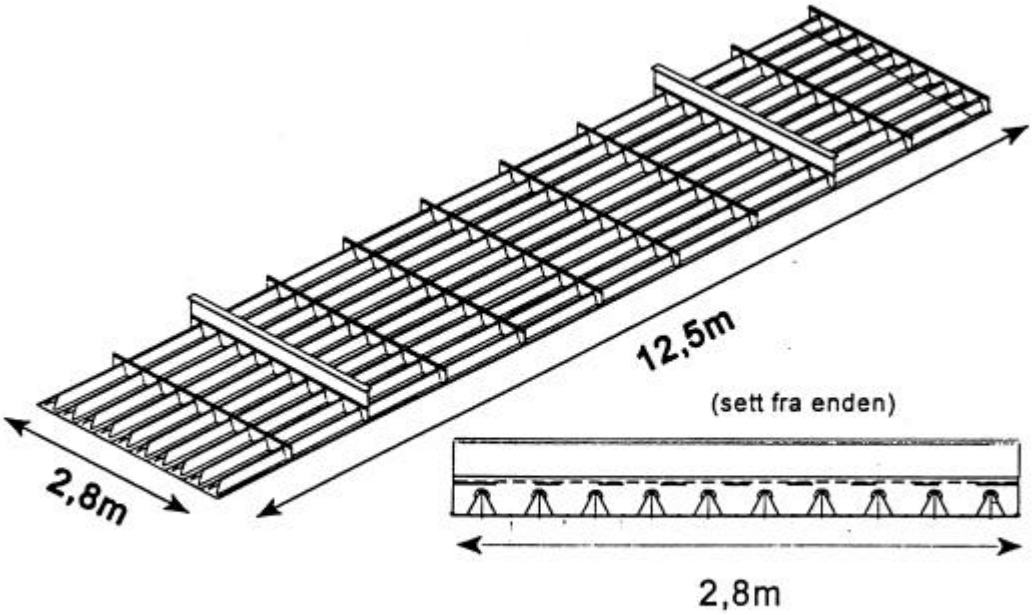
Ved standardisering af profilet er det muligt at industrialisere fremstillingen, noget som medfører kortere produktionstid, mere ensartet kvalitet og lavere omkostninger. Det endelige design bliver således et kompromis mellem hvad der er optimalt angående design og legeringsvalg og hvad der er optimalt rent fremstillingsmæssigt.

Det er vigtigt at udforme panelløsninger på et tidligt stadium i projekteringen for at kunne tilpasse øvrige del af konstruktionen til den valgte panelløsning.



Figur 13 Typisk vogndæksprofil fra en katamaran

I ovenstående profil er tværsnittet optimeret således tykkelsen er øget, hvor der er behov, f.eks. af dækspladen og bundflangen, endvidere er overfladen tilføjet riller for at sikre en passende friktion mellem aluminiumsdækket og hjulene på bilerne.



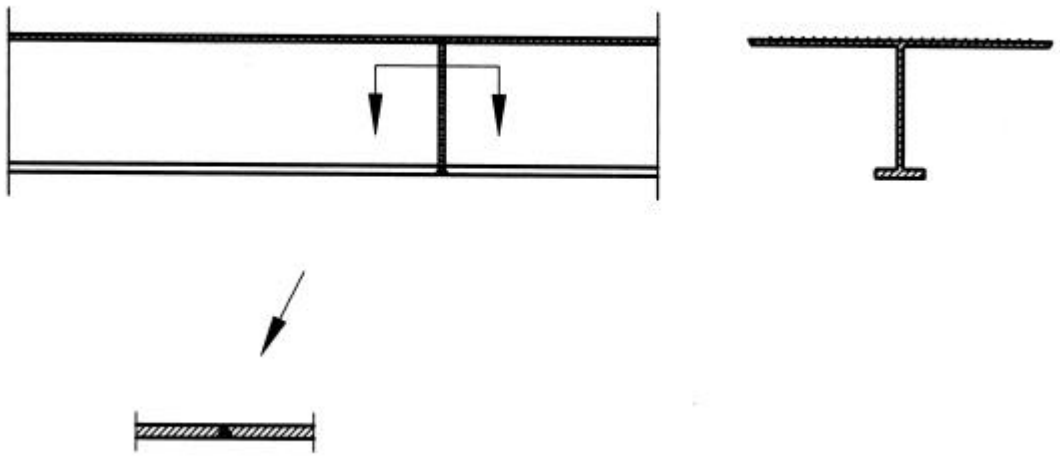
Standard modularisert panel system for DANYARD Seajet 250 (sett fra undersiden).

Figur 14 Typisk vogndækspanel fra en katamaran

Af hensyn til den videre transport fra fremstillingsværksted til byggested samt håndteringen ved opstillingen er det nødvendigt at påsvejse dele af den primære afstivning for at sikre en passende stivhed af panelet.

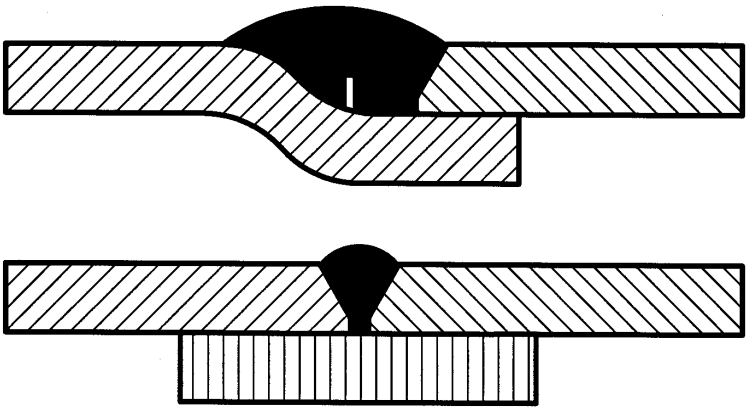
Sammensvejsning af ekstruderede profiler

Ved sammensvejsning i længderetningen af paneler opbygget af ekstruderede profiler vil der afhængig af om der er anvendt åbne eller lukkede tværsnit til ekstruderingen være nødvendigt at anvende helt forskellige løsninger. Endvidere bør den tværgående svejsesøm placeres således at HAZ-zonen bliver anbragt i et område, hvor bøjningsspændingerne i den sekundære afstivning er så tæt på nul som muligt.



Figur 15 Sammensvejsning af åbne profiler, som kun er skærpede i svejsesømmen.

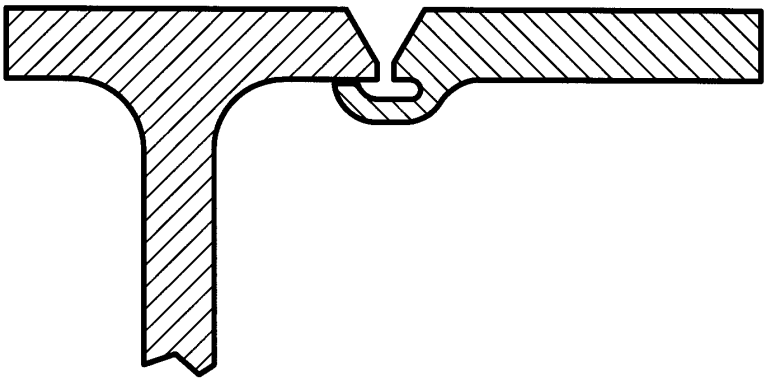
Ved sammensvejsning i langsgående retning er det i mange tilfælde nødvendigt at benytte et modhold. Benyttes et modhold uden not kan oxid-hinden ikke strømme væk, hvilket fører til bindingsfejl, henholdsvis mangelfuld gennembrændning af svejsesømmen, se Figur 16.



Figur 16. Oxid kærv og bindingsfejl ved svejsning med modhold uden not.

Modhold ved stumpsøm kan være en skinne af kobber eller rustfri stål. For X-fuger kan kraftigt rustfri ståltråd bruges. Almindeligt brugt er også selvklæbende glasfiberbånd forstærket med aluminiumsfolie. Stang pressede backing-profiler med notgang bruges også.

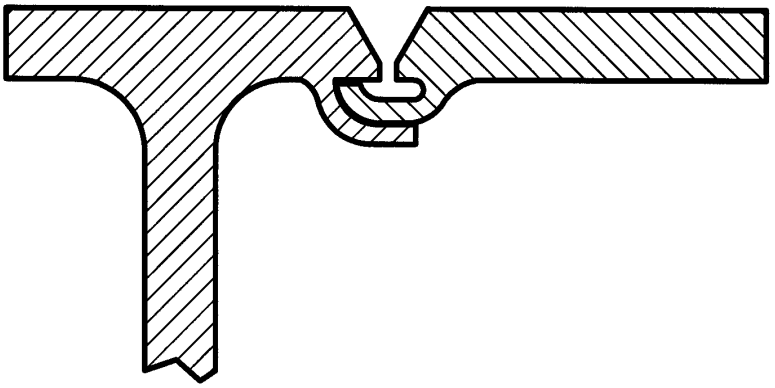
Sammensvejsningen af ekstruderede profiler kan lettes ved at den langsgående svejsekant kan laves med backing profil som en del af emnet. Se Figur 17



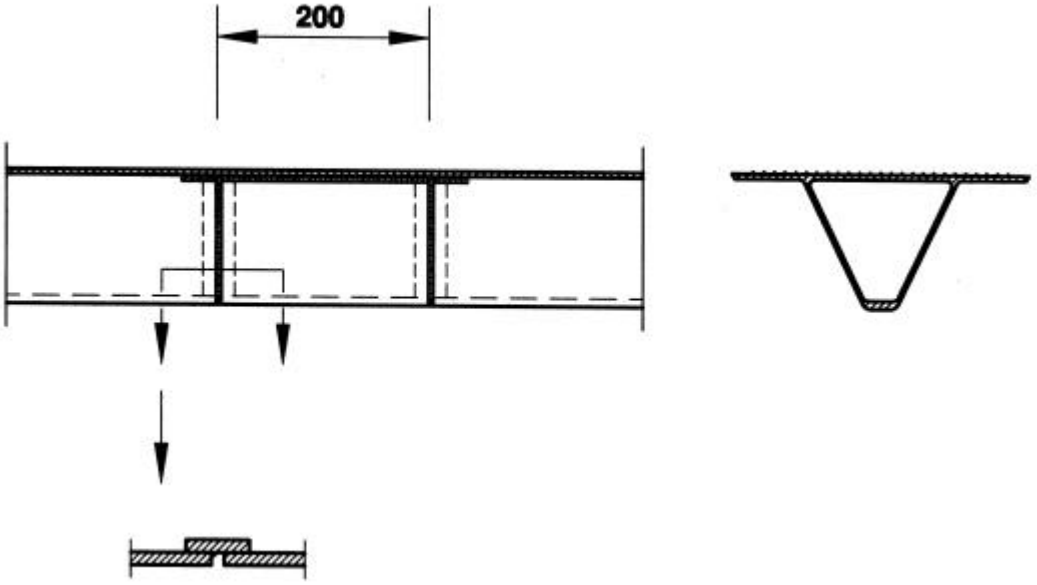
Figur 17. Ekstruderet profil med indbygget modhold.

For at opnå en ens varmefordeling omkring svejsesømmen bør der være samme mængde materiale til at optage varmen på degge sider af sømmen, dvs. at modholdet med afluftningsnoten bør være modsat en eventuel kropsplade som illustreret i Figur 17.

Profilerne kan endvidere ekstruderes så de på langsiderne har en han, henholdsvis en hun side, som passer ind i hinanden. Hermed sikres ud over rigtigt modhold, også korrekt opligning i lodret og vandret retning, dvs. samme overkants niveau og fugedimension. Princippet er illustreret i Figur 18.



Figur 18. Sammenpresnings profiler som muliggør fuldautomatisk sammensvejsning.

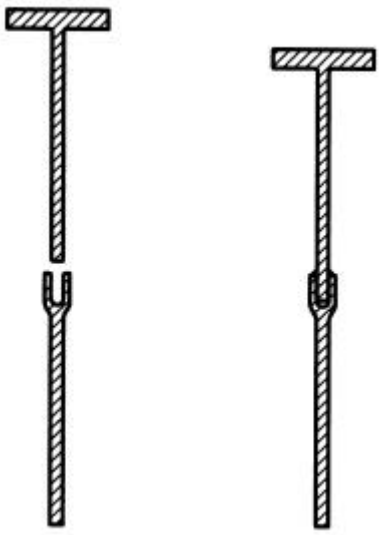


Figur 19 Sammensvejsning af lukkede profiler

Ved sammensvejsning af paneler opbygget af ekstruderede profiler med lukket tværsnit er det nødvendigt med en betydelig mere kompliceret løsning for at sikre en rimelig stærk svejseforbindelse. Ved at introducere et lukkeprofil med en passende længde og ved at indsvejse noget aluminiums fladjern i enden af de ekstruderede profiler er det muligt både at etablere en passende strukturel kontinuitet samt at opnå en passende styrke af det enkelte ekstruderede profil, der skæres over af svejsestødet.

Primær afstivning

På grund af begrænsningen i størrelsen af ekstruderede emner er det ikke altid muligt at ekstrudere den primære afstivning, men som alternativ til et udelukkende opsvejst element kan der opbygges en løsning baseret på sammensvejsning af to ekstruderede profiler. En af fordelene ved en sådan løsning er at HAZ-zonen placeres i et spændingsneutral område af elementet, og at de usvejste styrkeegenskaber derfor kan lægges til grund for dimensioneringen. En anden fordel er at udkappene i drager systemet for den sekundære afstivning udelukkende sker i underparten hvorimod den indbyrdes tilpasningen mellem den primær afstivning fortrinsvis sker i topparten.

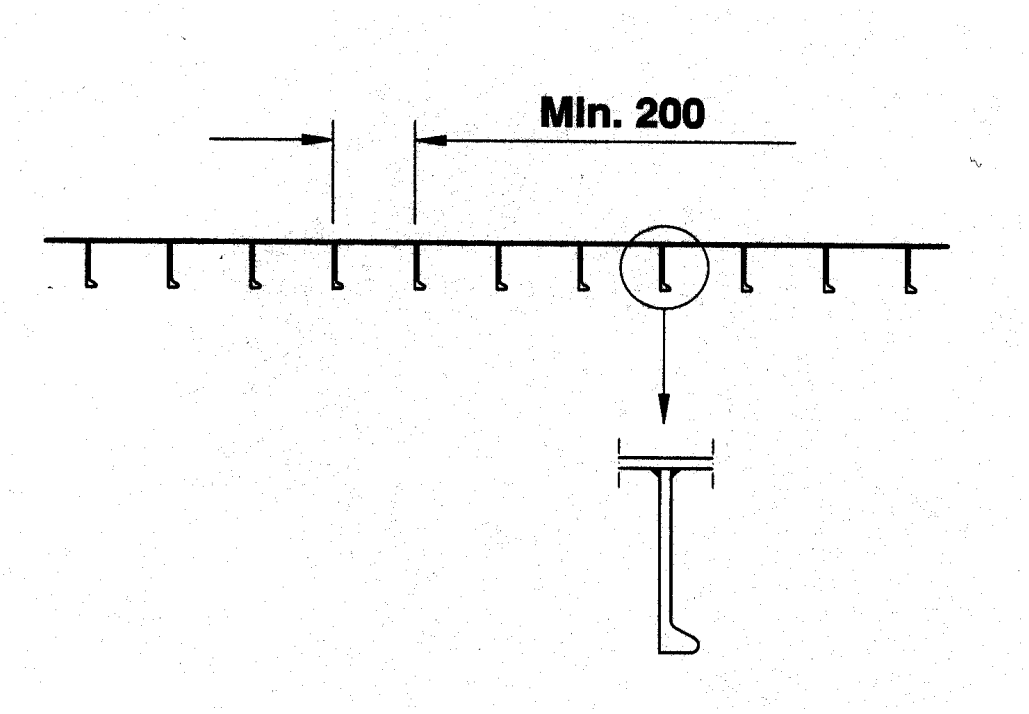


Figur 20 Eksempel på todelt primær afstivning

Minimering af antallet af svejsninger / svejsemeter

Eksempel

Fordelen ved et panel opbygget af ekstruderede profiler sammenlignet med et traditionelt panel opsvejst af plader og profiler er det reducerede antal svejsninger og dermed de færre svejsemeter.
Endvidere erstattes kantsømmene mellem profilerne og pladen af stumpsømme mellem de ekstruderede profiler og dermed anvendes der en bedre svejseprocedure, hvad angår kvaliteten af selve svejsningen.
Men et panel sammensvejst af ekstruderede profiler indebærer også andre fordele / muligheder både for designeren og i forbindelse med selve fremstillingsprocessen.



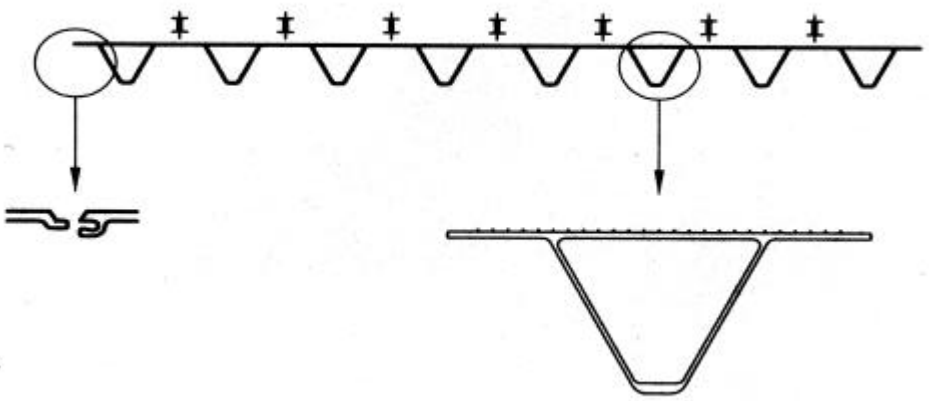
Figur 21 Snit i panel opsvejst af plader og profiler

Et opsvejste panel skal geometrisk udformes med en passende indbyrdes afstand mellem profilerne afhængig af profilhøjden for at tilgodese adkomsten både hvad angår påsvejsningen af profilerne samt hvad angår udførelsen af diverse svejsedetalier ved krydsende elementer eller ved endeforbindelser.

På grund af kravet til minimumsafstand mellem profilerne og dermed en større belastningsbredde for selve pladen vil det opsvejste panel typisk ende op med en tykkere dæksplade end for det modsvarende ekstruderede panel.

Den ensidige påsvejsning af profiler på pladerne vil give anledning til krumning af selve aluminiumspanelet, denne tendens kan dog modvirkes f.eks. ved påhæftning af den primære afstivning før fuldsvejsning af den sekundære afstivning, men det betyder efterfølgende en reduceret mulighed for anvendelse af svejseautomatik i forbindelse med påsvejsning af profiler.

I nedenstående eksempel hentet fra et bildæk på en katamaran erstattes 2 x 9 kantsømme i det traditionelt opsvejste panel med 7 stumpsømme mellem de ekstruderede profiler i det ekstruderede panel. Ganske vist er der mulighed for at anvende afbrudt svejsning ved påsvejsning af profilerne men omvendt er der gode muligheder for at anvende en højt automatiseret svejseproces ved sammensvejsning af de ekstruderede profiler.



Figur 22 Snit i typisk panel opbygget af ekstruderede profiler

Det ekstruderede panel kan designes optimalt med udgangspunkt i den givne belastning i ovenstående tilfælde er printarealet fra bilerne dimensionsgivende for dækspladen og ved at reducerer afstanden mellem siderne i hulprofilet til f.eks. bredden på printarealet reduceres tykkelsen af dækspladen.

Endvidere kan det ekstruderede profil tilføres detalier der tilgodeser både den videre fremstillingsproces, f.eks. ”fjer og not” der tillader ensidig sammensvejsning af ekstruderede paneler, samt den senere funktion som f.eks. en ikke glat overside af dækspanelet i form af riller.

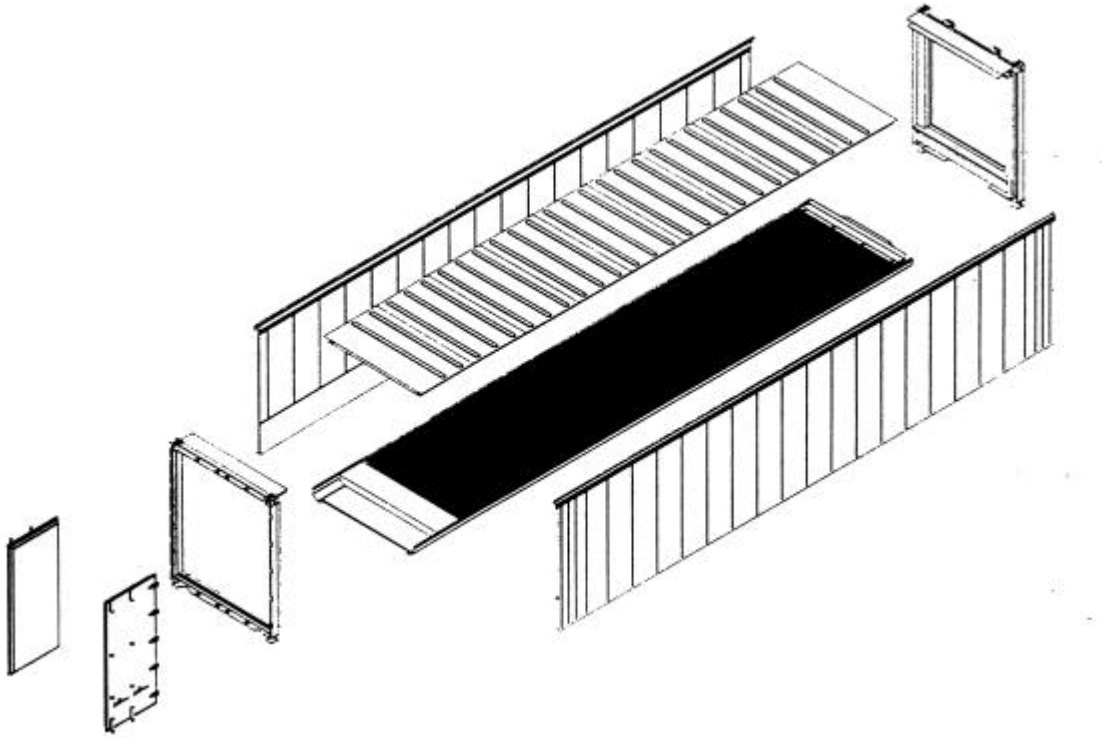
Ved at benytte et lukket tværsnit til det ekstruderede profil opnås på den ene side en bedre torsionsstivhed og dermed en større kontrol med tolerancer og planhed, på den anden side giver hulprofilet anledning til problemer, når panelerne skal sammensvejses i længderetningen og det er nødvendigt at lave nogle specielle konstruktive tiltag for at sikre styrken i overgangszonen.

Det ekstruderede panel kan med fordel fremstilles f.eks. af aluminiumsleverandøren i en fast opstilling under anvendelse af den nyeste svejseteknologi, f.eks. friction stir welding, for senere indbygning i et givet dæksektion, herved fremstillingstiden af sektionen reduceres markant.

Brug af ekstruderede profiler i kølecontainere

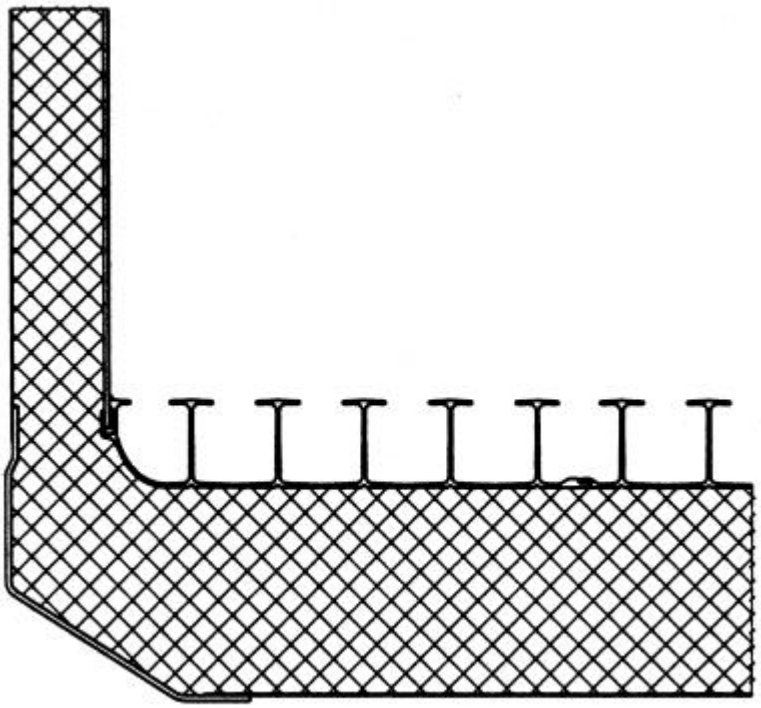
Baggrund

Ved fremstilling af kølecontainere (Figur 23 Kølecontainer) fremstilles det indvendige gulv af ekstruderede aluminiumsprofiler.



Figur 23 Kølecontainer

For at opnå en cirkulation af luften i containeren er gulvet udformet som T-profiler (Figur 24 Snit i gulv), hvorpå lasten placeres.



Figur 24 Snit i gulv

Den kolde luft blæses gennem T-profilerne ud under lasten og hives derefter hjem i toppen af containeren.
P.g.a. profilernes særlige udformning er den eneste hensigtsmæssige fremstillingsmetode ekstruderede aluminiumsprofiler, der svejses sammen

Traditionelt er de indvendige tag- og sidepaneler fremstillet af rustfrit stål, der nittes sammen med hinanden samt med T-gulvet.
Dette har imidlertid den konsekvens, at nitterne går løse over tid som følge af de hårde termiske påvirkninger, de bliver udsat for.
Går nitterne løse mistes tætheden i samlingen, hvorved fugt kan trænge ind i isoleringen og dermed ødelægge den.

Ved udviklingen af Mærsk Container Industri's kølecontainer blev det besluttet at anvende aluminium overalt indvendigt i containeren for således at kunne svejse alle samlinger. Derved opretholdes tæthed gennem containerens livstid.

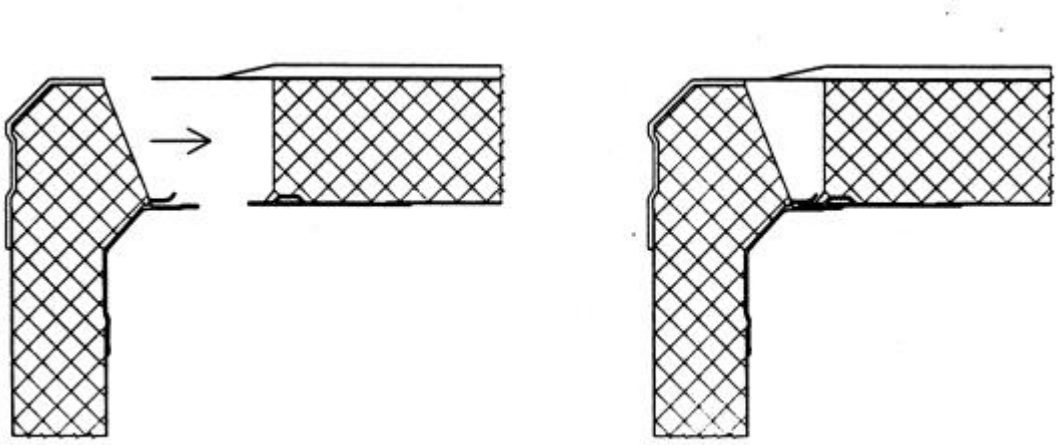
For at muliggøre sammensvejsning mellem de tynde paneler er det imidlertid nødvendigt at påsvejse et tykkere profil til panelet. Til dette formål har det været oplagt at anvende ekstruderede profiler.

T-gulv

En altoverskyggende fordel ved ekstruderede profiler er de næsten ubegrænsede muligheder man har med hensyn til at variere godstykkelser samt udformning af profilet i øvrigt
Ved lange profiler med en stor masse, som f.eks. T-gulvet er det af afgørende vigtighed at godstykkelsen kan optimeres i forhold til spændingerne i profilet så overdimensionering undgås.
Reduceres profilernes tværsnits areal eksempelvis med 5%, vil det for Mærsk Container Industri betyde en besparelse på over 5.000.000 Dkr. pr. år.

Samling side / tag

På aluminiumspanelerne, som er henholdsvis 0,9 og 1,2 mm i tykkelsen, svejses et ekstruderet profil (Figur 25 Samling af side og tag).

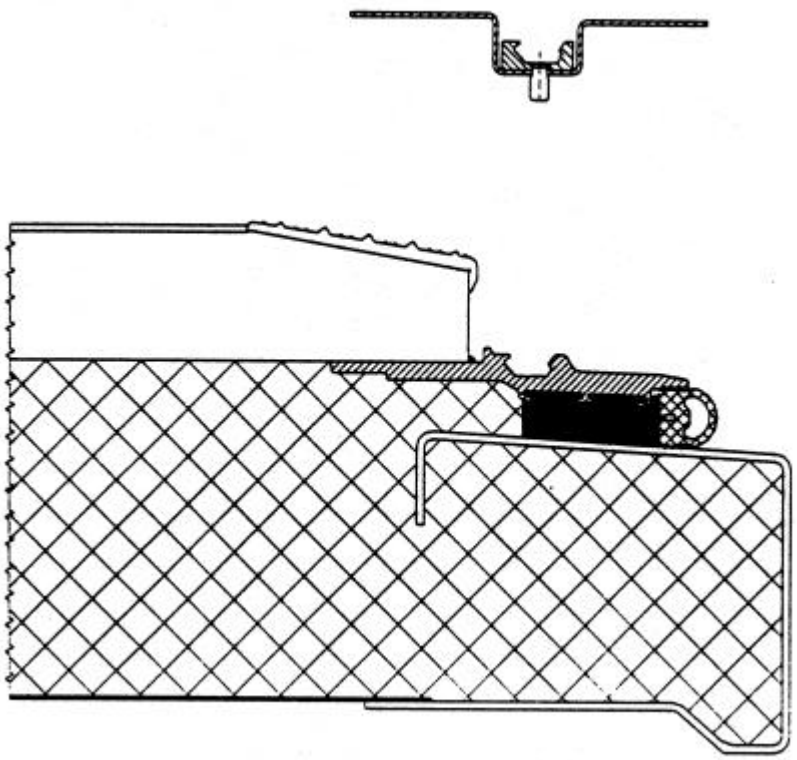


Figur 25 Samling af side og tag

Begge profiler er forsynet med et specielt fang, som letter samlingen af containeren. Derudover er profilet, som er svejst på taget, forsynet med et hulprofil, der ved sammensvejsning beskytter den bagved liggende isolering mod svejsevarmen.

Dørramme

Dørrammen er et godt eksempel på flere funktioner integreret i et profil, således fungerer det viste profil (Figur 26 Dørramme) både som anlæg for dørpakning, vandspærre, fastgøringselement for indv. paneler, forankring for fleksibel polyurethan støbning samt er forsynet med integreret ”gardin-spor” for fastgøring af lufttæt ”gardin”



Figur 26 Dørramme

Referenceliste

Handbook of metalforming	Kurt Lange
Handbook of metalformingprocesses	A. Vitzur
MNC handbook nr. 12, Aluminium	Metalnormcentralen og Gränges, Sverige
Produktudvikling med Aluminium	Skanaluminium, Norge
TALAT, Training Aluminium Application Technologies	European Aluminium Association, Brüssel
Teknisk information	Hydro Aluminium Tønder a.s
Håndbogen om aluminium profiler	SAPA A/S Danmark
AluLib/Alubook	Skanaluminium, Norge
Aluminium Extrusion Manual	SAPA A/S Danmark
Aluminium i hurtiggående skip. Design og fabrikasjonsmetoder.	Raufoss
3-Dimensional extrusion with the Markram-method.	Makram Devopment AB
Alusuisse, Shipbuilding Aluminium extrusions ver. 5.1	Swiss Aluminium Ltd., Sierra