

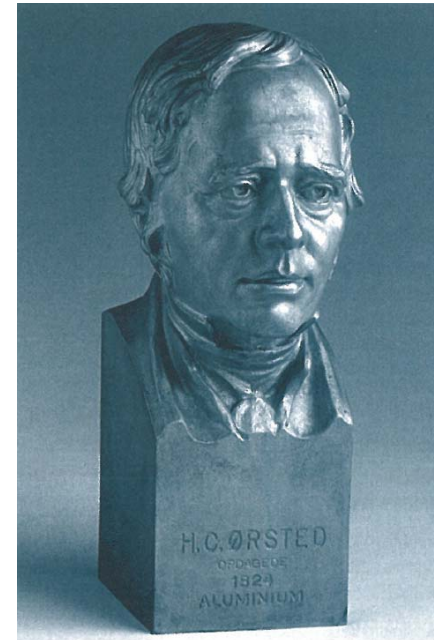
# K4

---

## Aluminium

# Historia

- **1807**
  - Engelsmannen Humphrey Davy (1778-1829) insåg att metallen måste finnas men lyckades inte framställa den.
  - Han gav den dock namnet Aluminium.
- **1824**
  - Den danske vetenskapsmannen H. Christian Ørstedt (1777-1851) lyckades reducera aluminiumoxiden till metalliskt aluminium
- **1886**
  - Praktisk taget samtidigt och på olika håll lyckades amerikanen Charles Martin Hall och fransmannen Paul Heroult att på elektrolytisk väg framställa aluminium.
  - Priserna gick snabbt ned från tusentals kronor kilot till ett par kronor kilot.



# Handbok för konstruktörer

---

- Finns på webben:  
<http://handboken.sapagroup.com/SvLogin.aspx?lang=sv>
- På webben finns filmer mm.
- Inloggning krävs.
- Registrering är gratis

# Förekomst / framställning

## ▪ Förekomst

- Aluminium är näst efter syre och kisel det vanligaste ämnet i jordskorpan.
- Hela 8% av jordskorpan består av aluminium i form av olika mineraler, i första hand silikater.

## ▪ Framställning

- Ur bauxit framställs aluminiumoxid, utgångsmaterialet vid metalltillverkningen.
- Av aluminiumoxiden tillverkas aluminium mha elektrolys.
- För smälteelektrolys av 1 kg metall behövs ca 47 MJ (ca 13 kWh)
- Dagens aluminiumprodukter utgör en framtida materialresurs.



4 kg bauxit ...



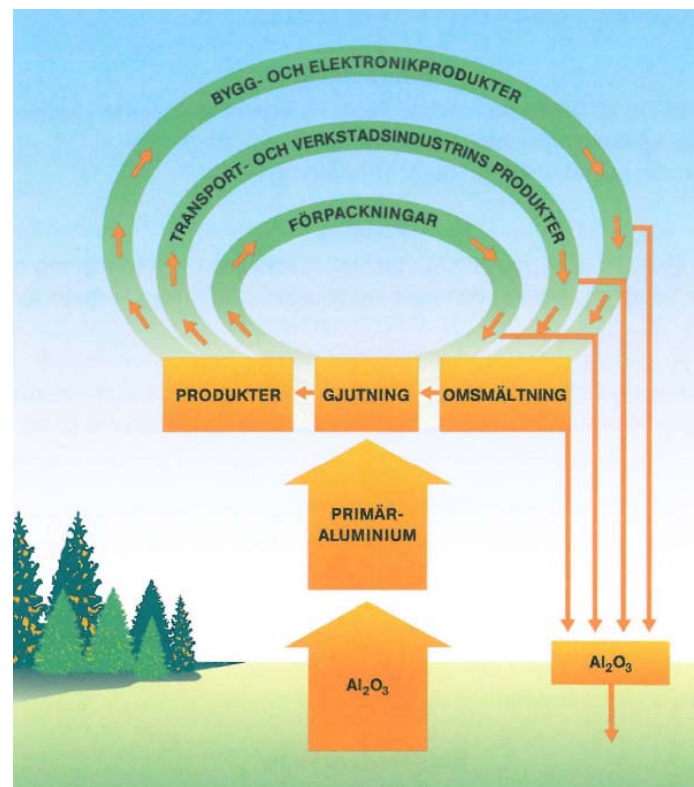
.. blir 2 kg aluminiumoxid..



... blir 1 kg primäraluminium

# Återvinning

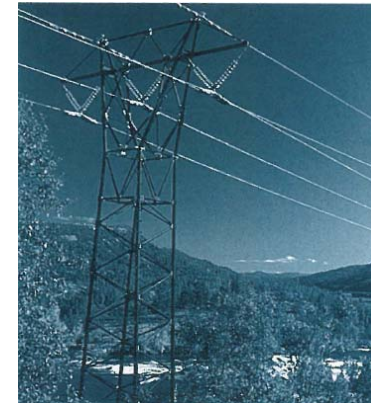
- Aluminium är lätt att återvinna.
- Vid framställningen av sekundäraluminium sparas man cirka 95% av den ursprungliga energiinsatsen.



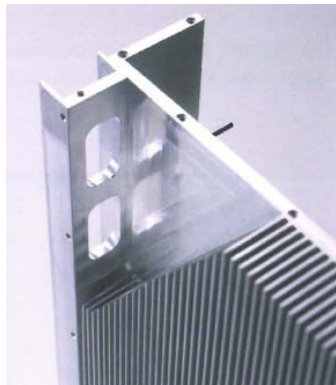
# Exempel: användning



Husfasader



Kraftledningar



Kylare



Broar

# I hemmet

---



# Fordon



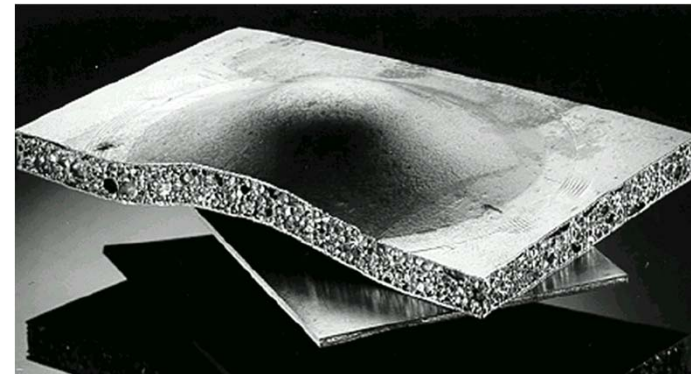


# Lätta aluminiumprodukter

- Honeycomb



- Foam (skummad al)

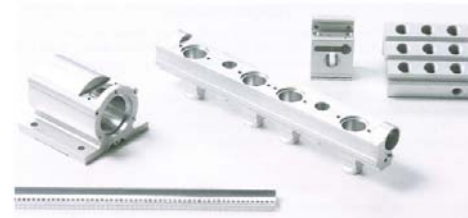
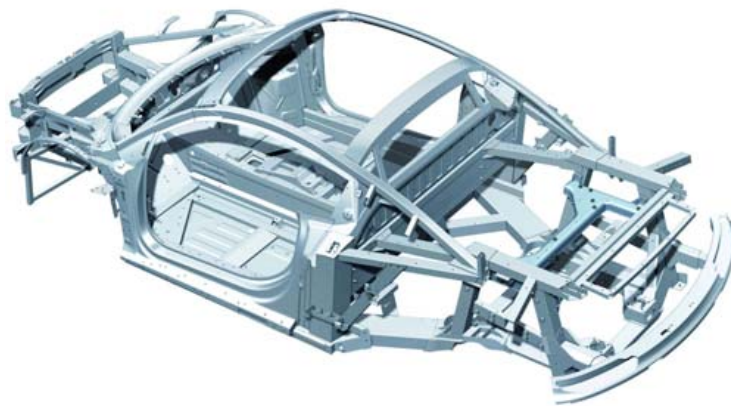
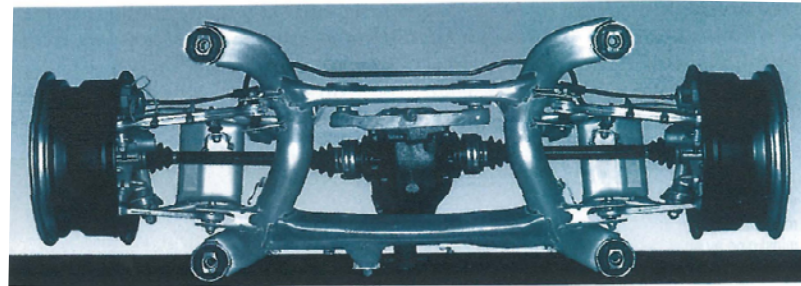


# Film SAPA (15 min)

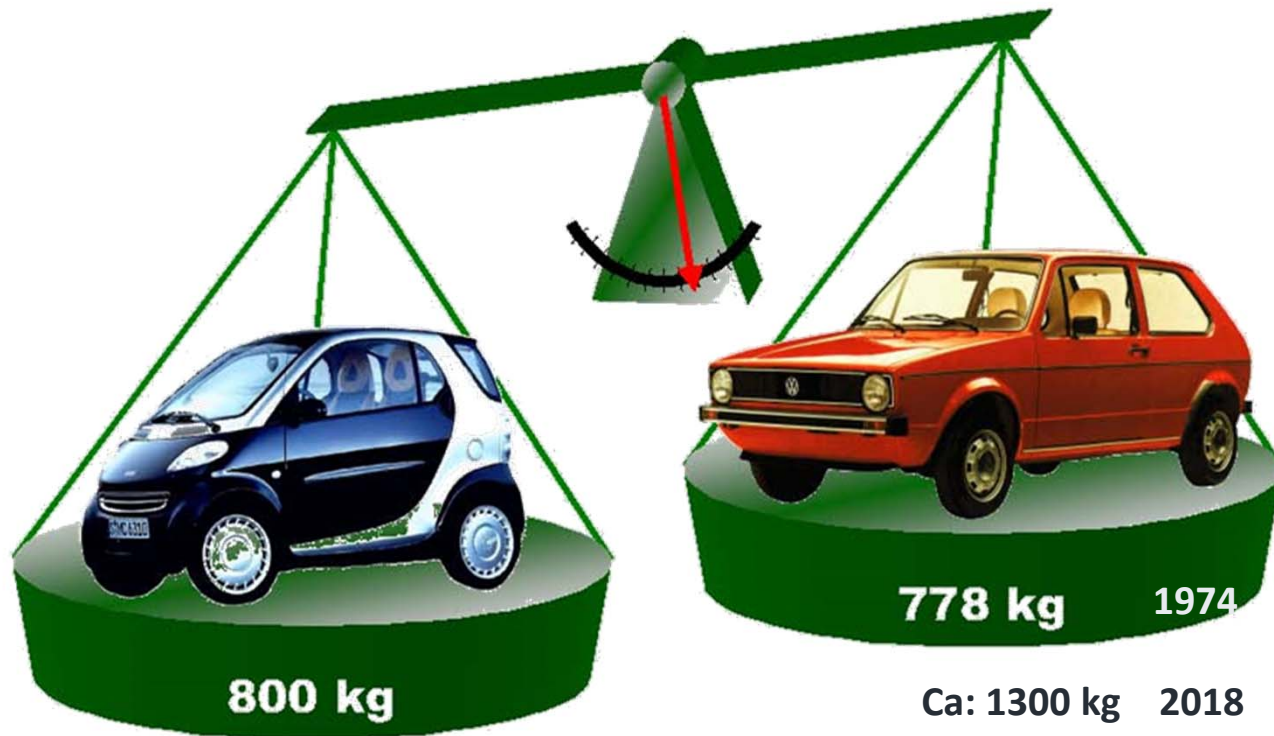
---

[SAPA-Nya möjligheter.mpg](#)

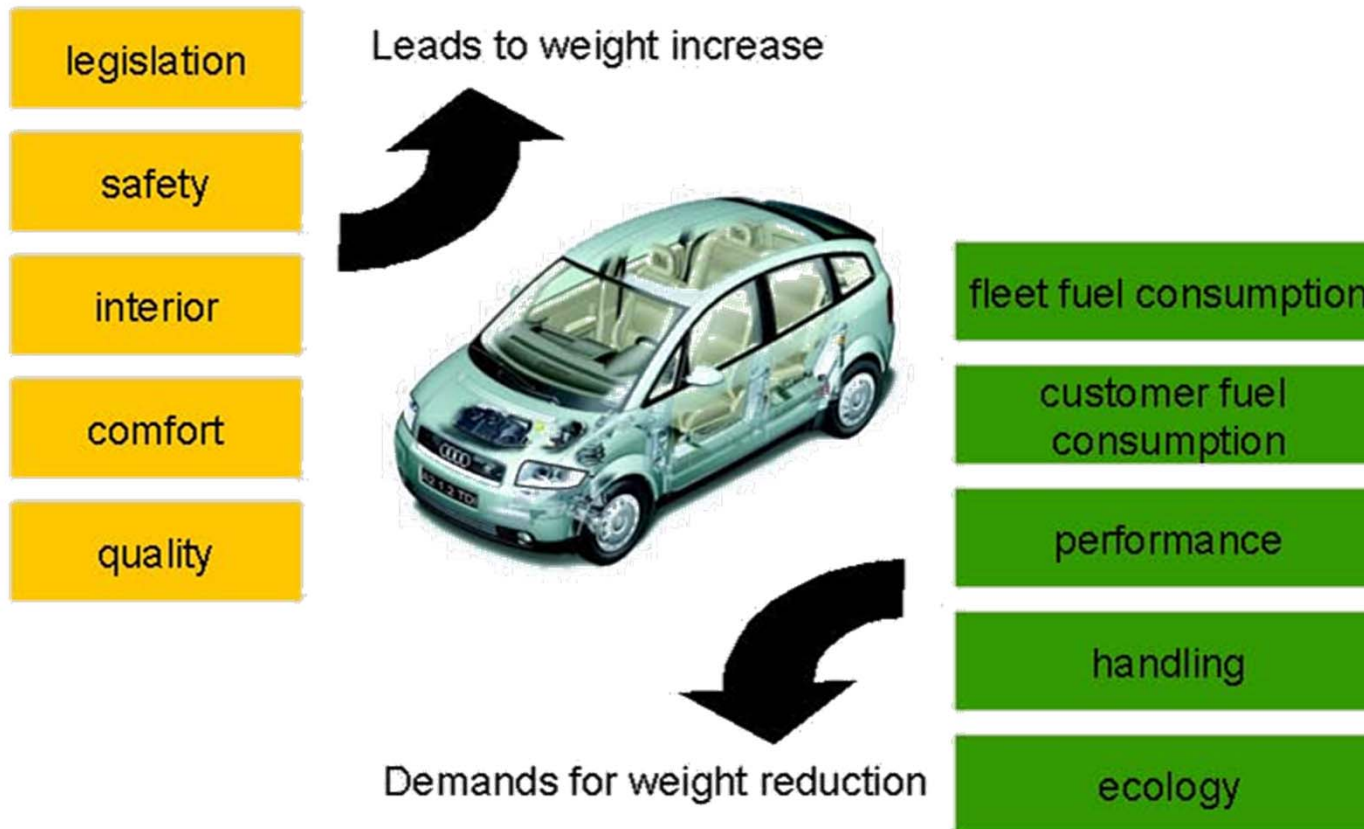
# Användning av al i bilar



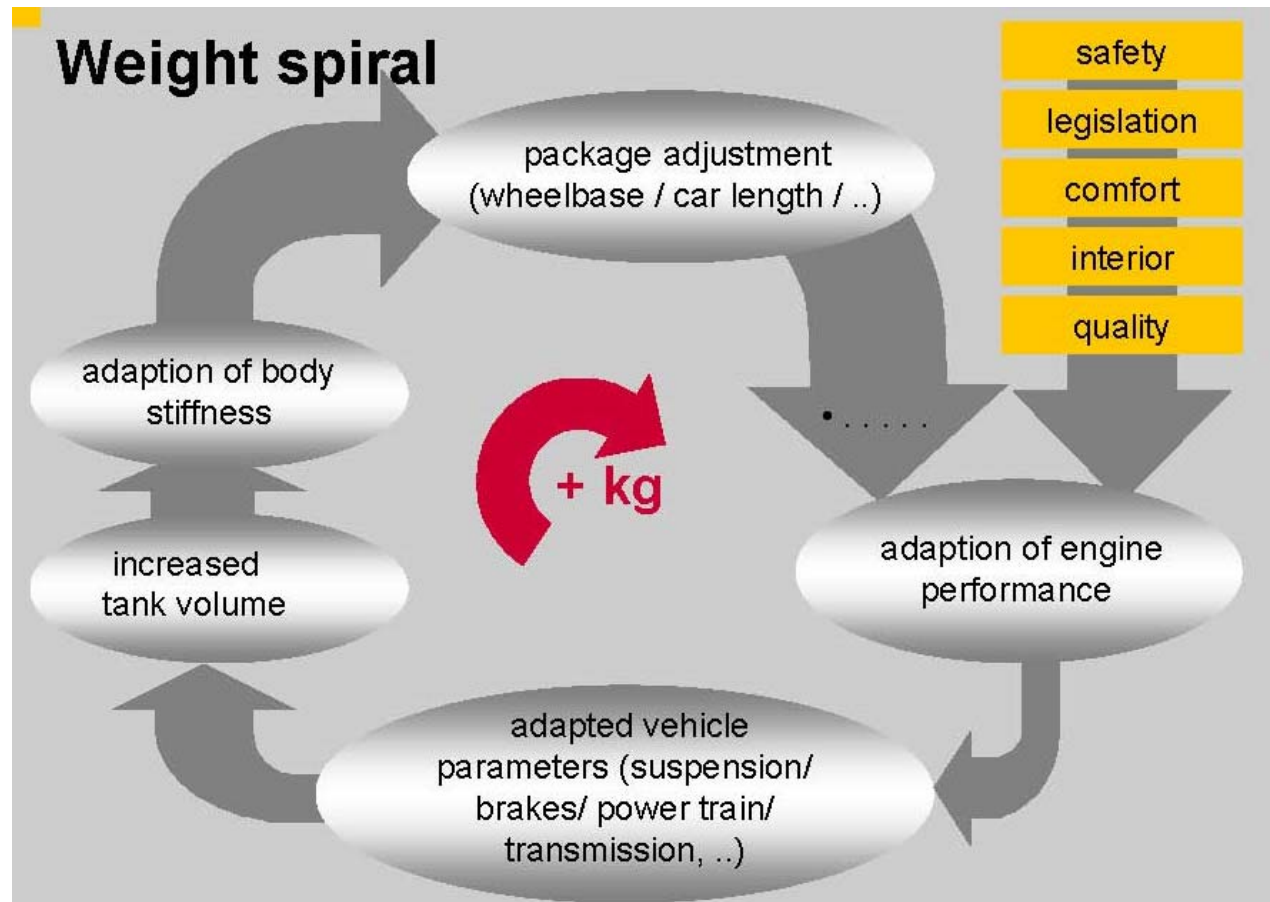
# Jämförelse: Smart – VW Golf



# Varför minska vikt / varför vikt ökar

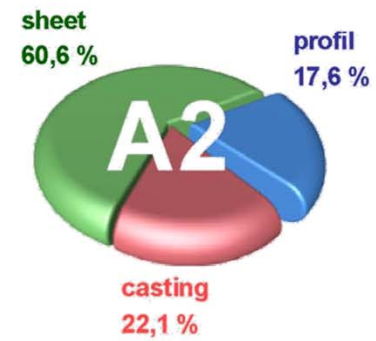


# Viktspiralen

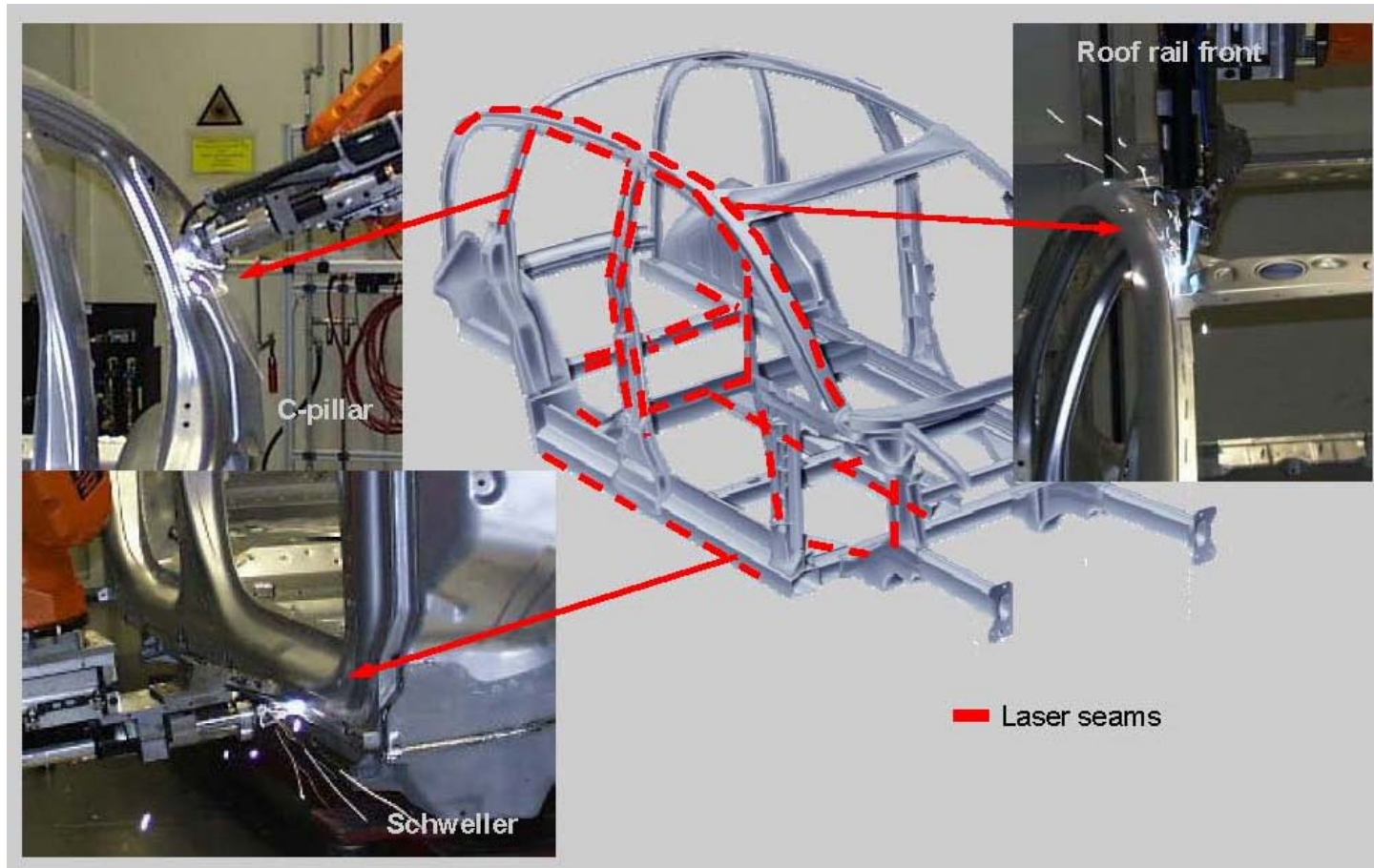


# Spaceframe (Audi)

<https://www.youtube.com/watch?v=a4ljV0xuoek>

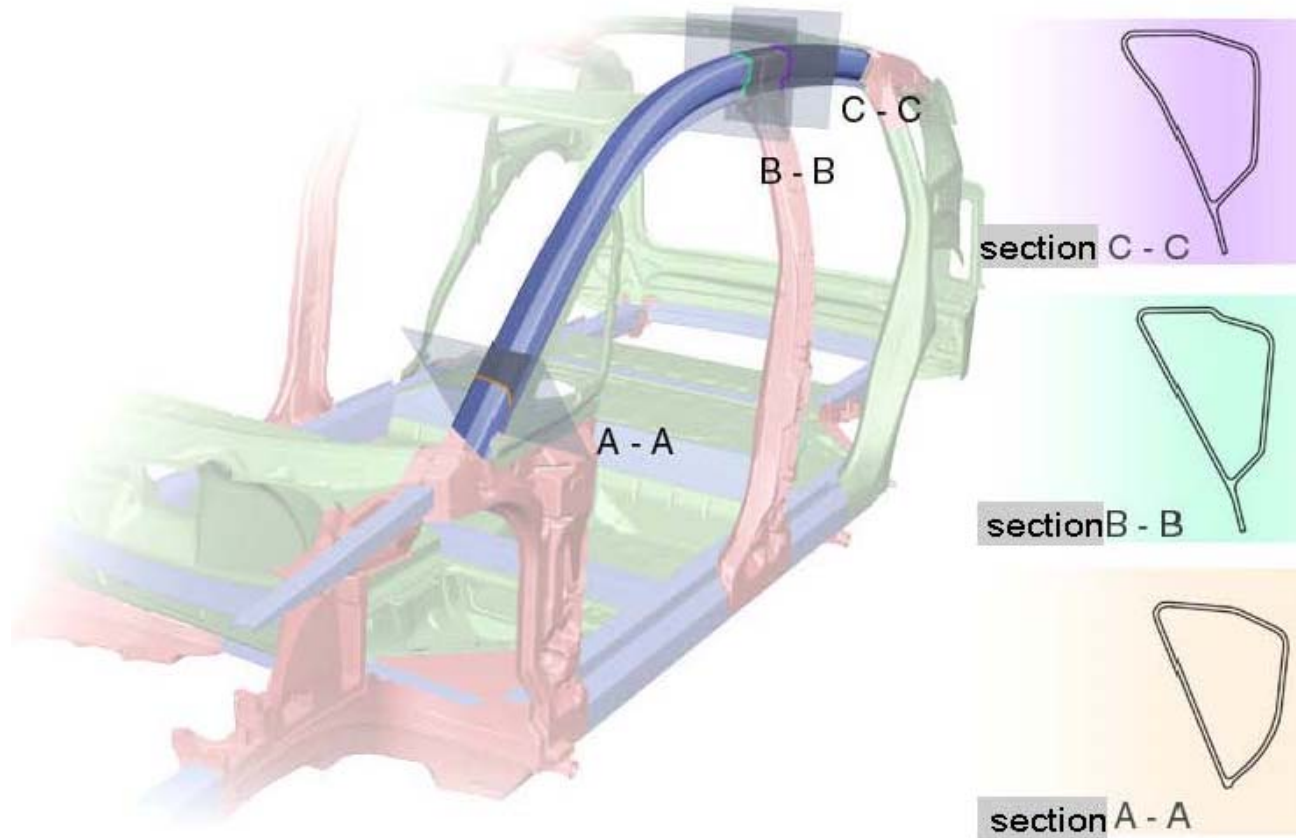


# Exempel: lasersvetsning



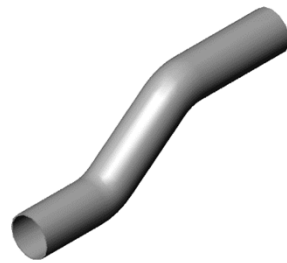


# Hydroformning av främre takbalk

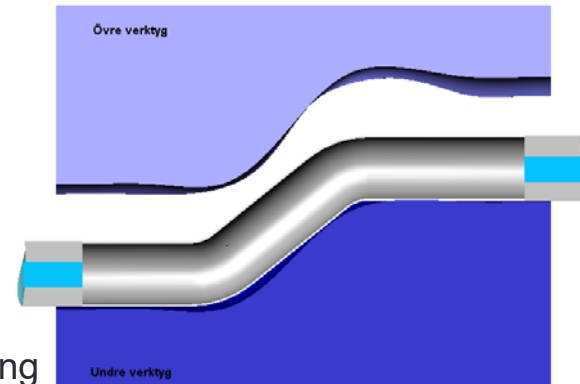


# Hydroformning

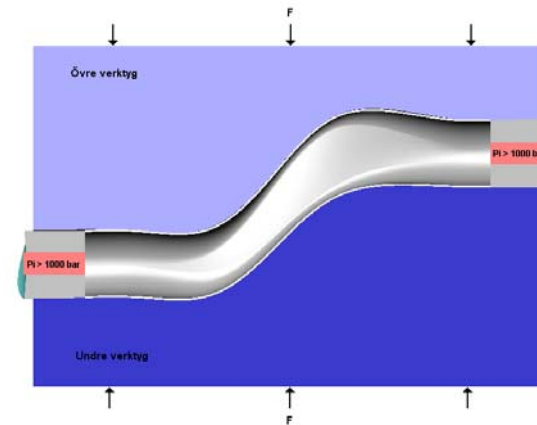
Bockat rör innan hydroformning



Bockat rör i verktyg innan hydroformning



Hydroformad detalj i verktyg



# Hydroforming film (1 min)

---

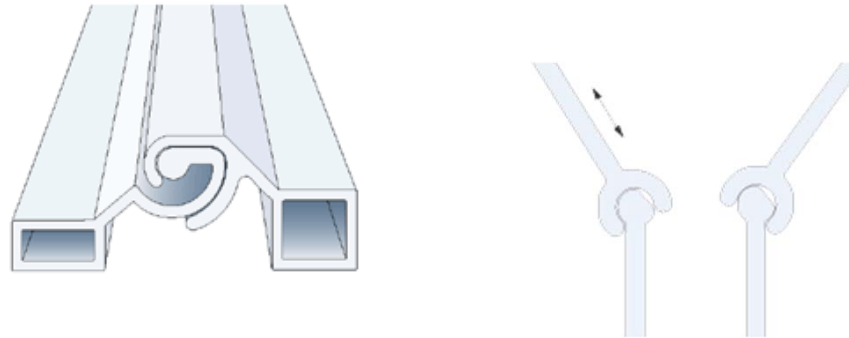
[Extra-Mina Dokument\Film\Aluminium\Hydroforming.mpg](#)

# Strängpressning profiler



# Smarta tillämpningar

Ledfunktion



Avancerad ledfunktion för låsning av lastbilskapell.  
Tre kombinerade profiler utgör leden.



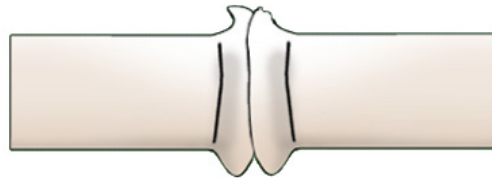
# Film: Strängpressning (2 min)

---

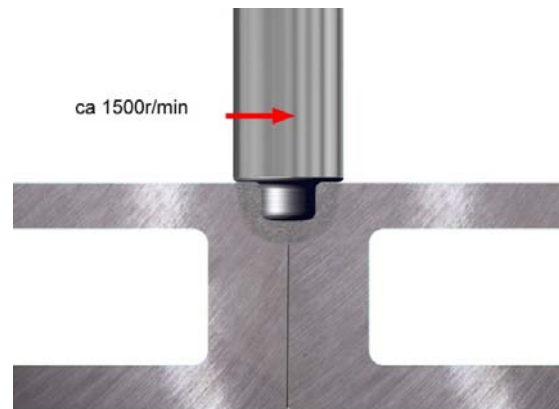
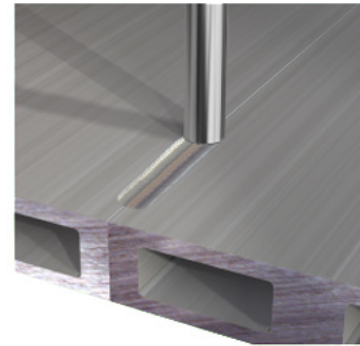
[Film\Strängpresning-29.mpg](#)

# FSW: Friction Stir Welding

Friction Welding



Friction Stir Welding



# Film: Friction stir welding (2:45 min)

---

[Friction Stir Welding167.mpg](#)



# Aluminium

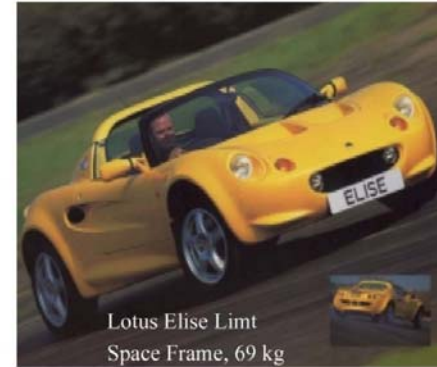
---

Korrosion

Kap 16

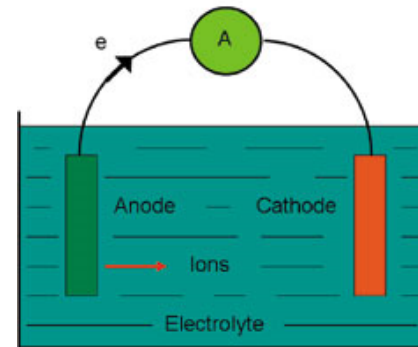
# KORROSION

- Aluminium skyddas normalt mot korrosion av ett tunt oxidlager med mycket god vidhäftning.
- Vanligtvis är vikts- förlusterna obetydliga.



# De vanligaste korrosionsfallen

- Galvanisk korrosion



- Gropprätning (pitting)

- Spaltkorrosion

# Villkor för galvanisk korrosion:

---

Metallisk kontakt med en ädlare metall (ledare).

+

Samtidigt närvarande elektrolyt (vätska som innehåller fritt rörliga joner/leder ström).



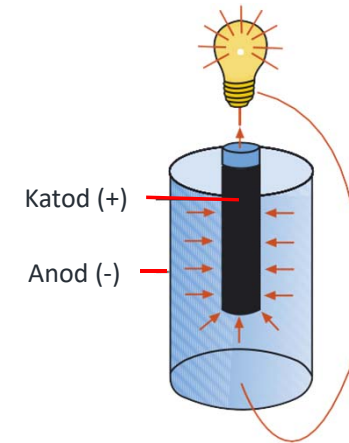
Galvanisk korrosion i detalj till aluminiumräcke efter 25 års bruk. Den fyrkantiga hålprofilen fastsatt på en bult av kolstål. Kontaktytan mellan stål och aluminium har varit fuktig under lång tid. Angreppen har förvärrats av saltning vintertid.

# Elektrokemiska spänningsserien

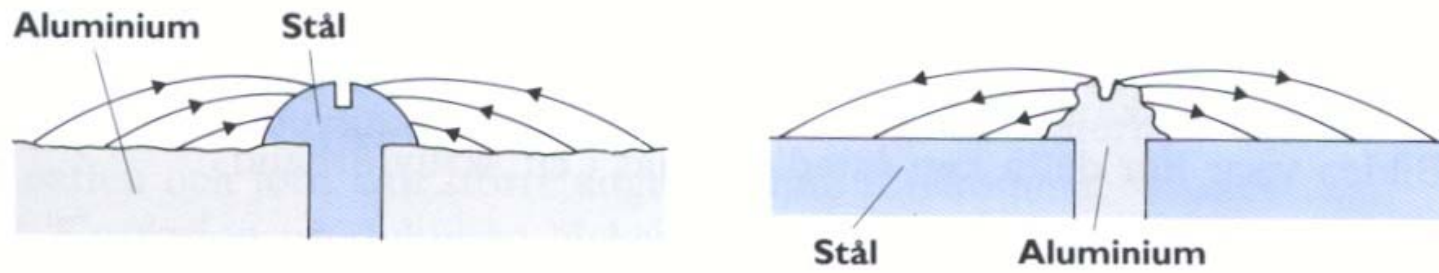
Guld
Silver
Rostfritt stål (passivt)
Koppar
Tenn
Rostfritt stål (aktivt)
Bly
Stål
Kadmium
Aluminium
Förzinkat stål
Zink
Magnesium

Ädla ämnen (katod)

Oädla ämnen (anod)



# GALVANISK KORROSION



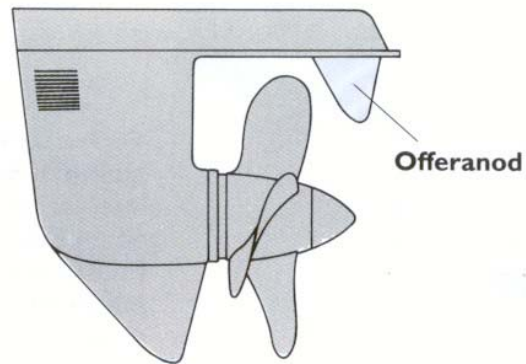
# Hur undvika galvanisk korrosion ?

---

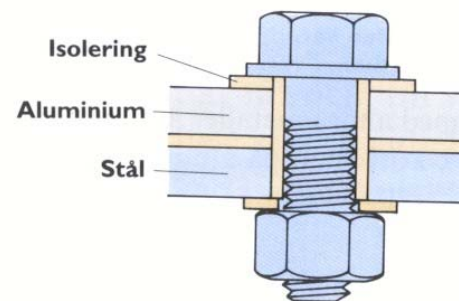
- Undvik oheliga materialkombinationer
- Undvik elektrolyter ( vatten )
- Ytbehandla först och främst det ädlaste materialet

# Skydd mot korrosion

- Katodiskt skydd



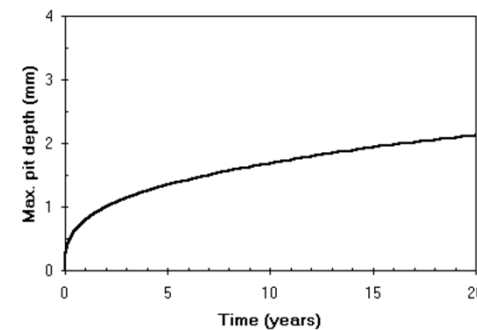
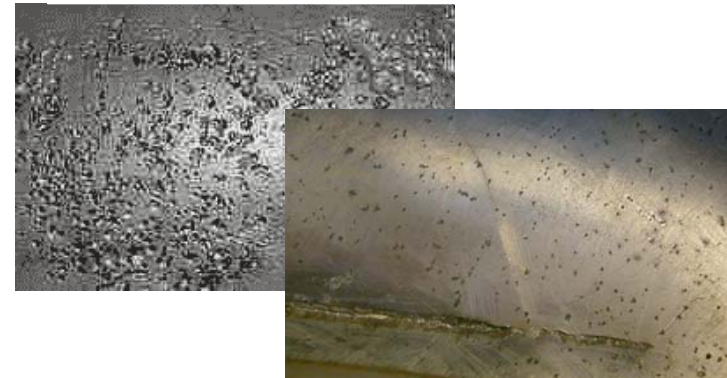
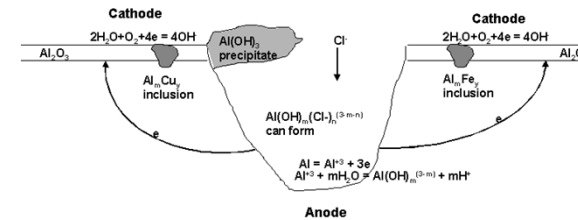
- Isolering



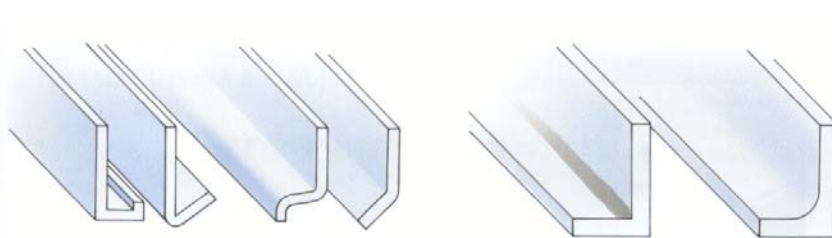


# Pitting ( Gropfrätning )

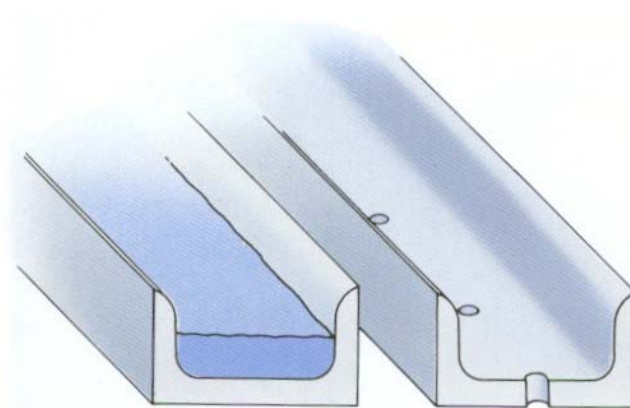
- Startar vid svaga punkter / effekter på ytan.
- Gropfrätning betyder oftast lite för konstruktionens hållfasthet.
- Gropfrätning kan reduceras eller elimineras genom rätt legeringsval eller ytbehandling.
- Korrosionshastigheten avtar oftast med tiden.



# Hur undvika gropfrätning ?



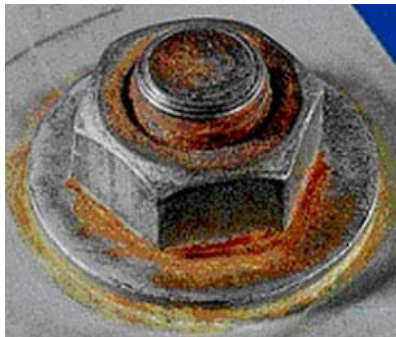
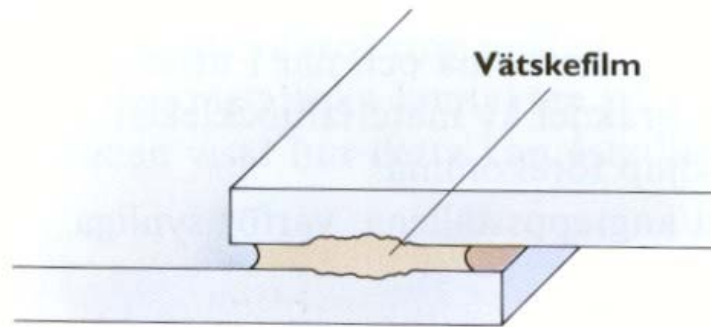
Hörn och fickor där smuts och vatten kan samlas bör undvikas.



Stillastående vattensamlingar undviks genom lämplig lutning på profilerna eller genom dräneringshål. (Min. Ø 8 mm alt. 6 x 20 mm. Annars stannar vattnet kvar av kapillärkraften.)

Ventilation av ”slutna” konstruktioner minskar risken för kondens.

# Spaltkorrosion



# Aluminium i atmosfären



Bilden visar en obehandlad provbit efter 20 år på Bohus-Malmön. UV-strålar, svavelsyra och salpetersyra i kombination med klorider har inte satt några djupare spår. Mätningar av ej ytbehandlat aluminium (legering 6063) efter 22 år i havsatmosfär visar att förekommande angrepp är så små att de ej påverkar hållfastheten (max. angreppsdjup ca 0,15 mm).

## VIKTFÖRLUSTER EFTER ÅTTA ÅR

Bohus Malmön  
Havsatmosfär

Aluminium	7 g/m <sup>2</sup>
Koppar	57 g/m <sup>2</sup>
Zink	133 g/m <sup>2</sup>
Kolstål	933 g/m <sup>2</sup>

Stockholm  
Stadsatmosfär

Aluminium	2 g/m <sup>2</sup>
Koppar	31 g/m <sup>2</sup>
Zink	61 g/m <sup>2</sup>
Kolstål	676 g/m <sup>2</sup>

# Aluminium

Ytbehandling  
Kap 15



# Egenskaper som kan förändras

---

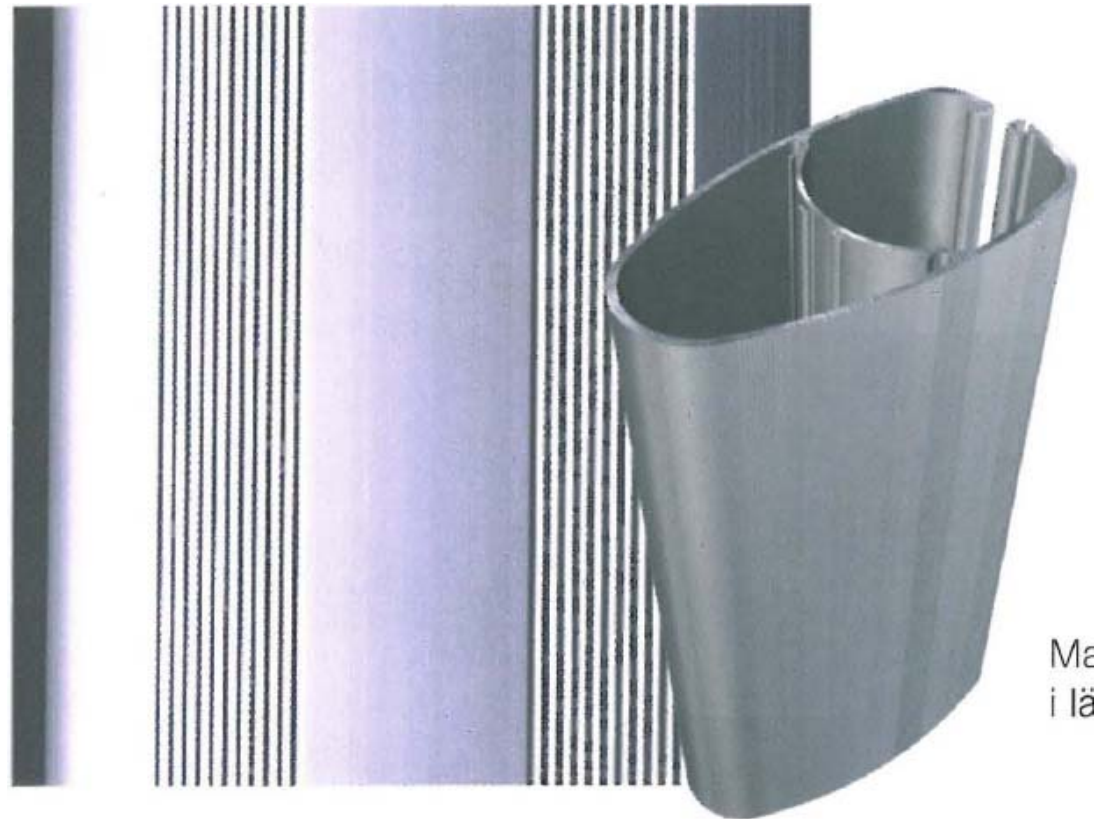
- YTSTRUKTUR
- FÄRG
- KORROSIONSMOTSTÅND
- HÅRDHET
- SLITSTYRKA
- REFLEXIONSFÖRMÅGA
- ELEKTRISK ISOLERINGSFÖRMÅGA

# Ytbehandlingsmetoder

---

- Mekanisk ytbehandling
- Rengöring, betning, glänsning
- Kemisk ytomvandling
- Anodisering
- Lackning
- Övrig organisk ytbehandling

# Profildesign





# Mekanisk ytbehandling

- Slipning



Slipade ytor. A: "mycket fin". B: "medium". C: "grov".

- Trumling



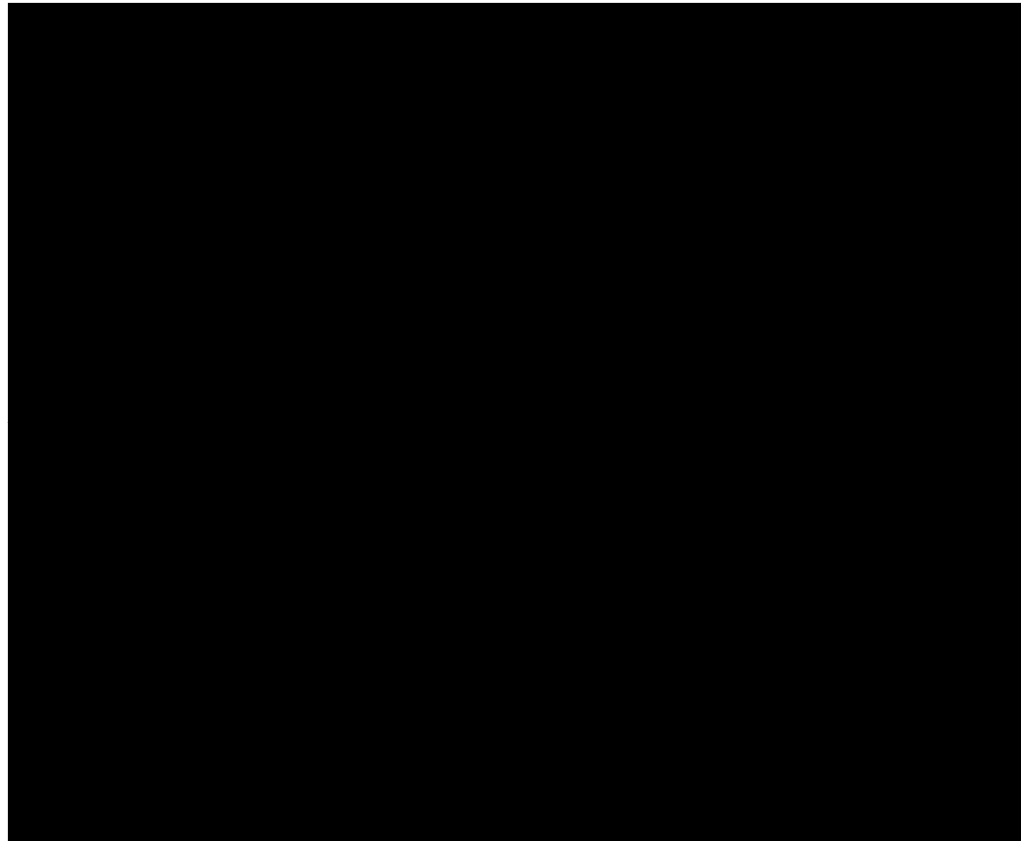
Flasköppnare. Gradtrumling, kortlängds-anodisering, screentryck.



Gradtrumling.

# Trumling (0:35)

---

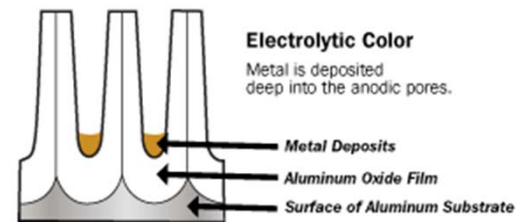
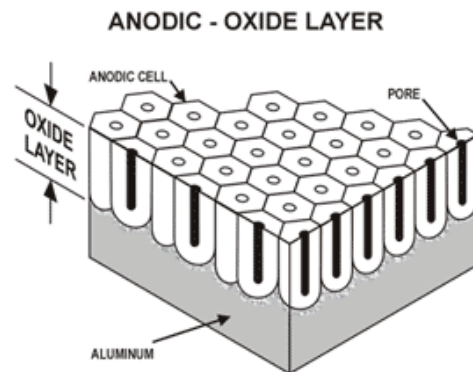
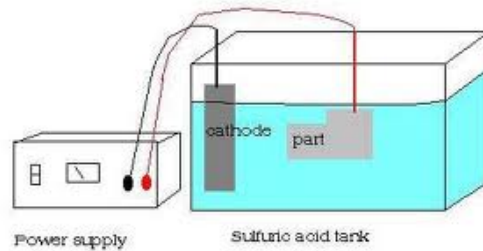


# Anodising



# Anodisering

- Elektrokemisk metod för att förtjocka det skyddande oxidskiktet på aluminium



# Anodiseringsprocessen



# Anodiseringens fördelar

---

- Anodisering är en av de vanligaste ytbehandlingsmetoderna
- Används bland annat för att skapa:
  - bibehållet nytteende.
  - korrosionsbeständighet.
  - en smutsavvisande yta som motsvarar höga krav på hygien.
  - en dekorativ yta med beständig färg och glans.
  - en beröringsvänlig yta.
  - en funktionsyta; en glidyta eller en nötningsbeständig yta för t.ex. maskindelar.
  - en yta med elektriskt isolerande beläggning.
  - ett underlag för applicering av lim eller tryckfärg.

(Anodisering kallades tidigare för eloxering)

# Val av anodisering

<b>Glansanodisering</b>	Hög glans, högt reflexionsvärde.	När kraven på ytan är höga
<b>Färganodisering Infärgning</b>	Stort urval av kulörer, vissa med mycket god ljusbeständighet.	Främst inomhus, vissa utomhus.
<b>Hx</b>	Begränsat färgurval - champagne till svart. Mycket god ljusbeständighet.	Främst utomhus.

# Rekommenderade skiktjocklekar

Skiktjocklek	Användning
25 µm	Ytan är utsatt för stora påkänningar i form av korrosion eller nötning.
20 µm	Hård eller normal påkänning utomhus (t.ex transport- och byggnadsindustri). Hård påkänning genom kemisk påverkan inomhus, t.ex. livsmedelsindustri.
15 µm	Hård nötning inomhus samt utomhus i torr och ren atmosfär.
10 µm	Normal påkänning inomhus
5 µm	Inomhus, ingen påkänning.
3-5 µm	Skyddsanodisering före bearbetning, kort betningstid.



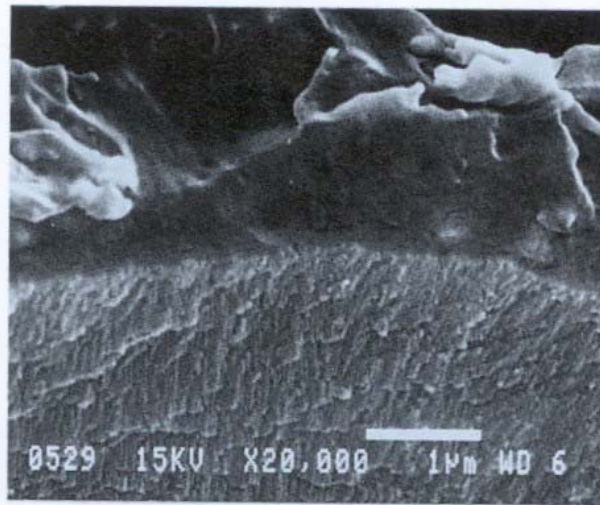
# Pulverlackering

- Statisk elektricitet används för att få färgpulvret att dras till ytan
- Kan användas på metaller
- Inga lösningsmedel behövs
- Tjocka färglager kan byggas
- Efterbehandling i ugn för att smälta/binda pulvret



# Elektroforetisk infärgning (HM-vit)

- En anodiserad, otätad profil doppas i ett bad, där lacken appliceras med hjälp av likström (elektroforetisk deponering)
- Därefter härddas lacken (en akrylbaserad melamin) i ugn vid ca 180°C. Färgen polymeriserar.
- Ytskiktets totala tjocklek är ca 30 µm.



HM-vits ytskikt i cirka 20.000 ggr förstoring. 1/3 utgörs av anodiseringsskiktet, 2/3 av lackskiktet. Bilden är tagen med svepelektronmikroskop (SEM).



Ledfunktion. Här innebär HM-vit en stor fördel eftersom färgskiktet är jämnt fördelat över ytan och färgen inte bygger extra vid kanter.

# Fördelar med HM-vit

---

- En vit UV-tålig kulör
- Mycket god glans- och kemikaliebeständighet
- Mycket god korrosionshärdighet
- Mycket god vidhäftning
- Tät och smutsavvisande yta
- Hårdhet, trycktålighet och nötnings-beständighet likvärdig med pulverlack
- Konstant skiktjocklek
- Bygger ej extra vid kanter

# Exempel: elektroforetisk infärgning



Bild 1 och 2. HM-vit i praktiken. Bild 3. Infärgade profiler på väg upp ur processbadet.

# Aluminium

---

Legeringar

Kap 5

# Aluminiumlegeringar

---

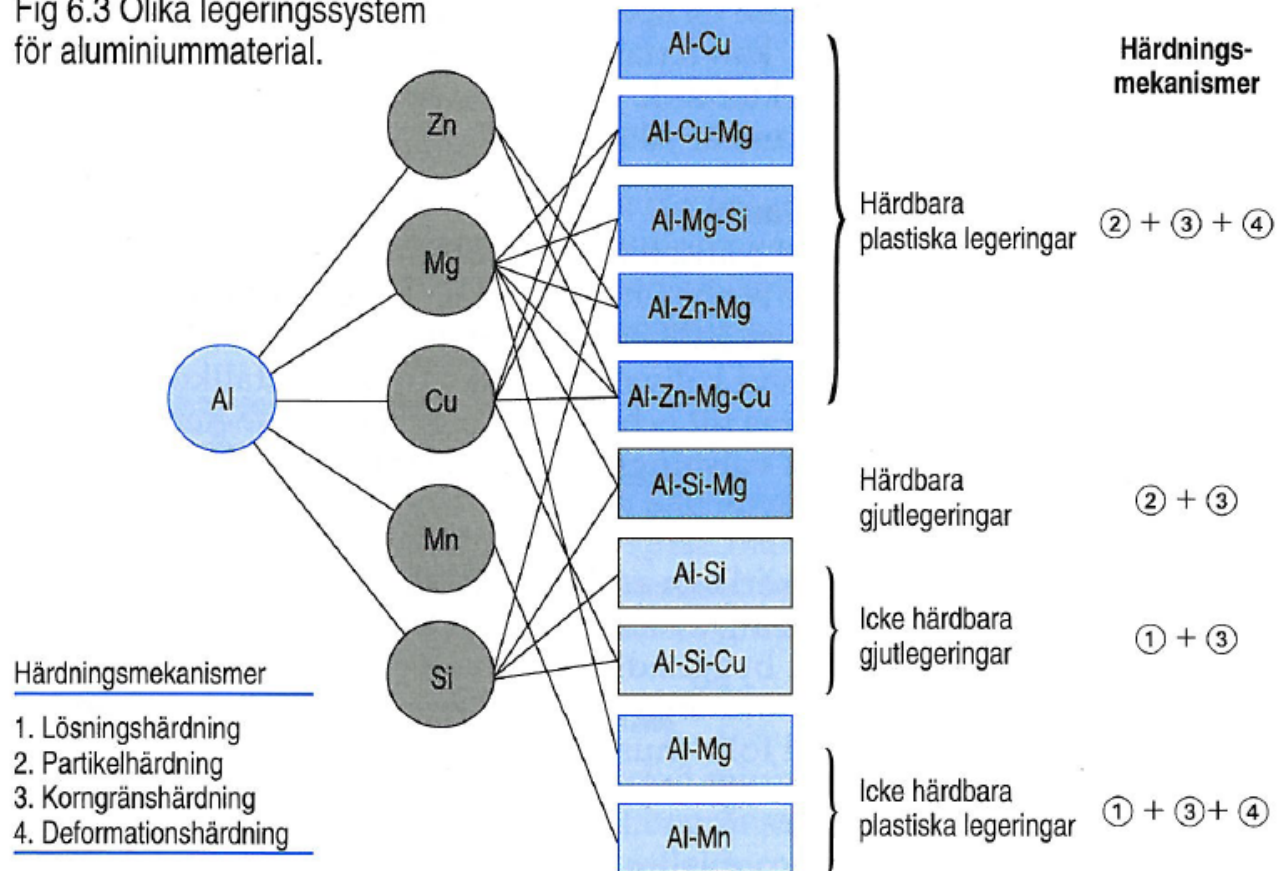
- Aluminium levereras som olika legeringar och i olika tillstånd.
- De viktigaste legeringselementen är:
  - kisel (Si)
  - magnesium (Mg)
  - mangan (Mn)
  - koppar (Cu)
  - zink (Zn)

# Beteckningar och klassificering

- **Det europeiska klassificeringssystemet för aluminiumlegeringar EN (Europe Norm)**
  - EN AW, delar in legeringarna i 8 huvudgrupper. (AW=Aluminium Wrought alloys)
    - Exempel: **EN AW-5052-H24** (Norm **Wrought alloy** - Legering - **Tillstånd**)
  - EN AC, Klassificeringssystemet för gjutlegeringar .(AC=Aluminium Cast alloys)
    - Exempel: **EN AC- 42000** (Norm **Cast alloy** - Legering)
- **Beskrivande beteckning (ISO)**
  - Exempel: AlMg2,5-**H24** (Innehåll - **Tillstånd**)

# Legeringssystem för aluminiummaterial

Fig 6.3 Olika legeringssystem för aluminiummaterial.

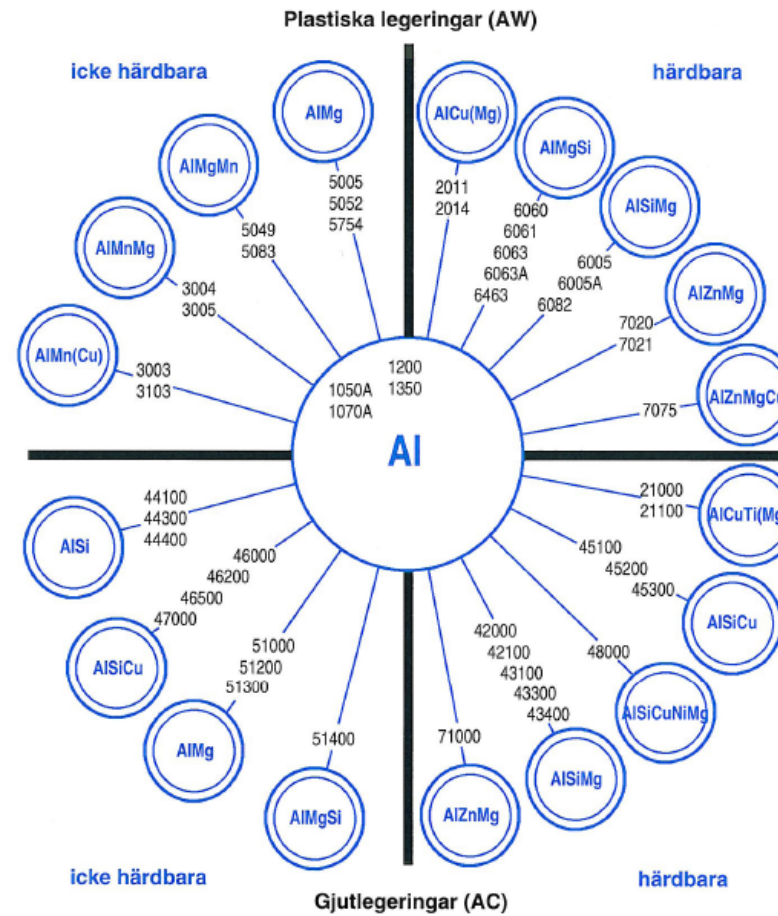




# Legeringsfamiljer

Tabell 6.3 Huvudlegeringsämnen för aluminiumlegeringar

1xxx(x)	Olegerat (renaluminium)
2xxx(x)	Koppar
3xxx(x)	Mangan
4xxx(x)	Kisel
5xxx(x)	Magnesium
6xxx(x)	Kisel + Magnesium
7xxx(x)	Zink
8xxx(x)	Övrigt



# 1000-serien - olegerat aluminium

- **EN AW-1xxx (Al)**
  - Aluminium som kommer direkt från elektrolysen innehåller alltid en del andra element, mest järn och kisel. När legeringen är innehåller minst 99,00% aluminium, brukas ofta beteckningen renaluminium.
- **Egenskaper**
  - Låg styrka
  - Mycket god formbarhet
  - Mycket god ledningsförmåga
  - Goda korrosionsegenskaper.
- **Exempel på användningsområden:**
  - Förpackningar
  - Kastruller
  - Elektriska kablar.



# 2000-serien - Cu-legeringar

## EN AW-2xxx (AlCuMgSi)

### ▪ Egenskaper

- Legering med CU ger mycket hög styrka
- Relativt dåliga svets- och korrosionsegenskaper.

### ▪ Typiska användningsområden

- Flygplan
- Maskindelar
- Bultar
- Nitar



# 3000-serien - Mn-legeringar

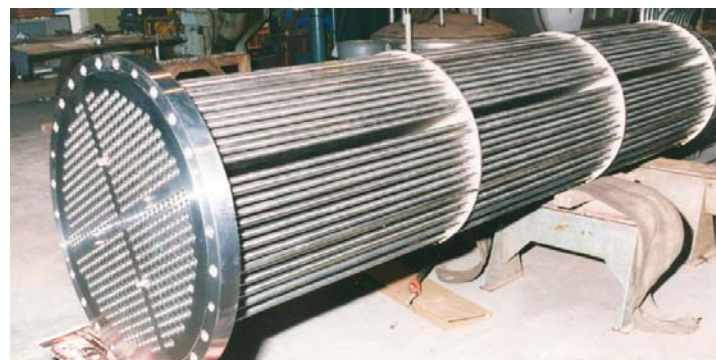
## EN AW-3xxx (AlMn)

### ▪ Egenskaper

- Mangan bidrar till styrka
- God formbarhet
- God korrosionsegenskaper.

### ▪ Användningsområden

- Används ofta då materialet skall djupdragas (burkar, rör, kastruller,
- Värmeväxlare.



# 4000-serien - Si-legeringar

## SS-EN AW-4xxx (AlSi)

- Dessa legeringar används inte särskilt mycket.
- Några exempel är dock varmsmidda komponenter och svetstråd.



# 5000-serien - Mg-legeringar

## EN AW-5xxx (AlMg)

### ▪ Egenskaper

- Tillsats av magnesium bidrar till att öka styrkan i materialet.
- Korrosionsmotståndet är bra. Legeringar med mer än 3% magnesium betecknas ibland som sjövattenbeständigt aluminium.

### ▪ Användningsområden

- 5000-serien är en typisk plåtlegering
- Bygg
- Skeppsbyggnad.



# 6000-serien - Mg-Si-legeringar

## EN AW-6xxx (AlMgSi)

- **Egenskaper**
  - Vid tillsats av både magnesium och kisel får vi en härdbar legering som är mycket lämpligt för extrudering.
  - Styrkan kan också bli relativt hög.
- **Användningsområden**
  - 6000-serien är den legering som används mest för aluminiumprofiler och användningsområdena är många
  - Legeringena lämpar sig bra för anodisering och används ofta till dekorativa föremål.



# 7000-serien - Zn-legeringar

## EN AW-1xxx (AlZnMg)

### ▪ Egenskaper

- Mycket höghållfasta legeringar. Vid tillsats av zink och mangan uppnår man inte bara styrka men också goda korrosions- och svetsegenskaper.

### ▪ Användningsområden

- Svetsade konstruktioner som är utsatta för stora mekaniska påfrestningar.
- Stötfångare till bilar.





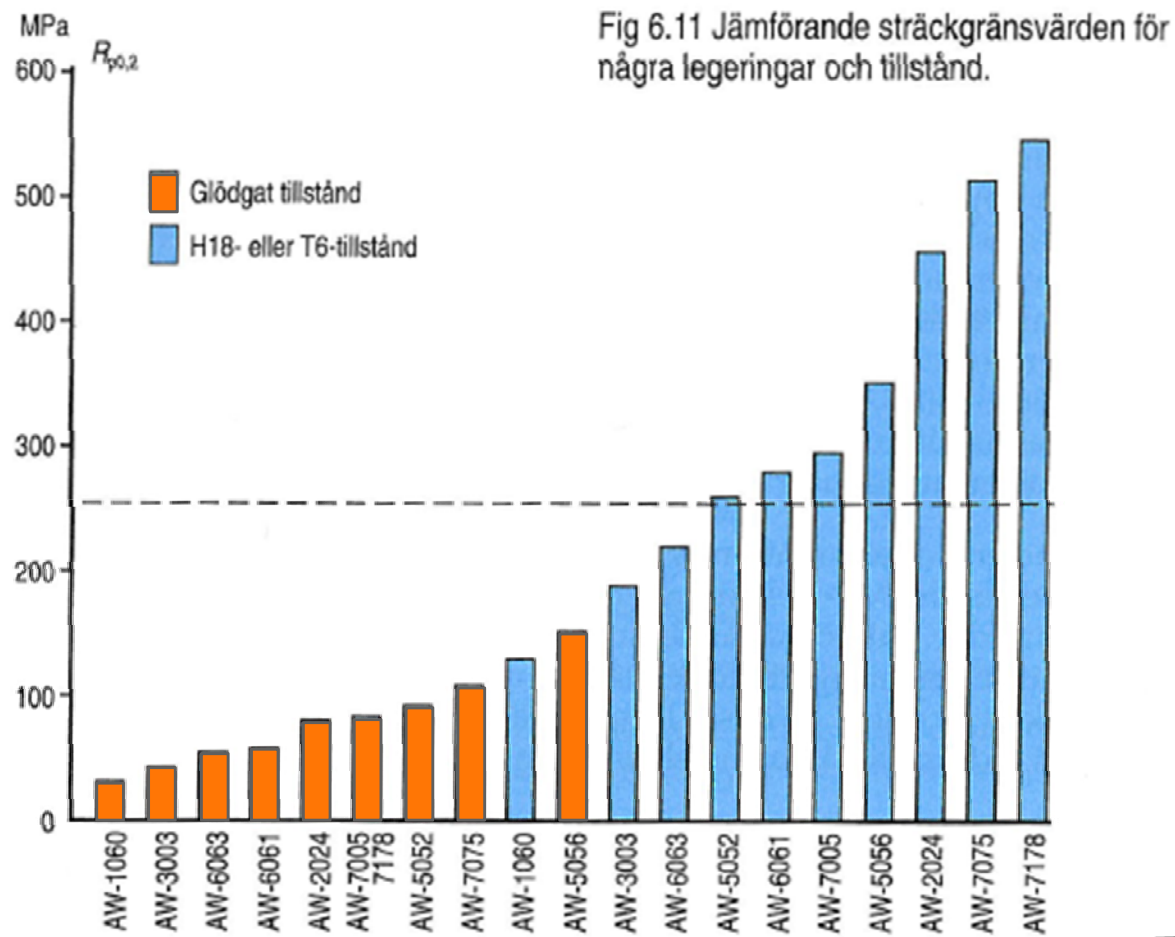
# 8000-serien - speciella legeringar

---

EN AW-8xxx

- Detta är övriga legeringar, till exempel legeringar som används i forskningsammanhang.

# Sträckgränsvärden



# Kallvalsning

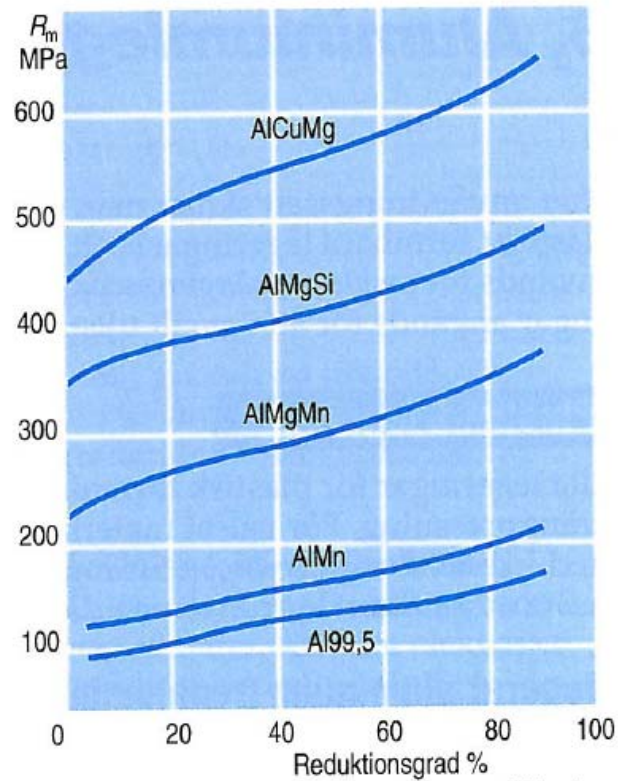


Fig 5.57 Påverkan på brottgränsen vid kallvalsning för några aluminiumlegeringar.

# Åldring

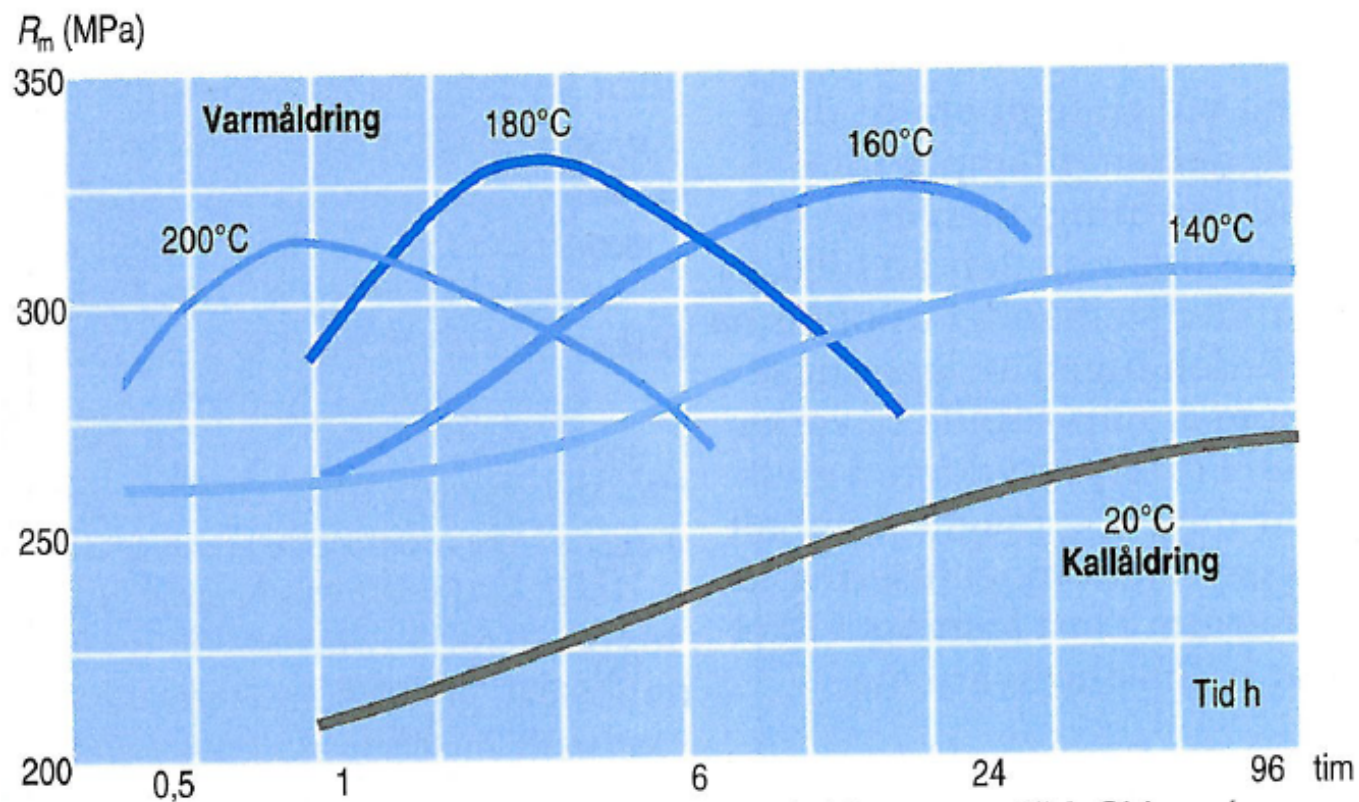


Fig 5.50 Inverkan av temperatur och tid vid åldring av en AlMgSi-legering.

# Mg-haltens inverkan

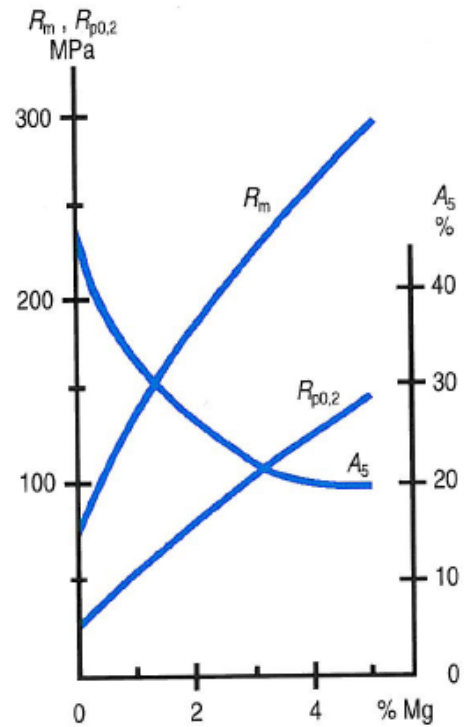


Fig 6.9 Magnesiumhaltens inverkan på hållfastheten för en aluminiumlegering i mjukglödgat tillstånd.