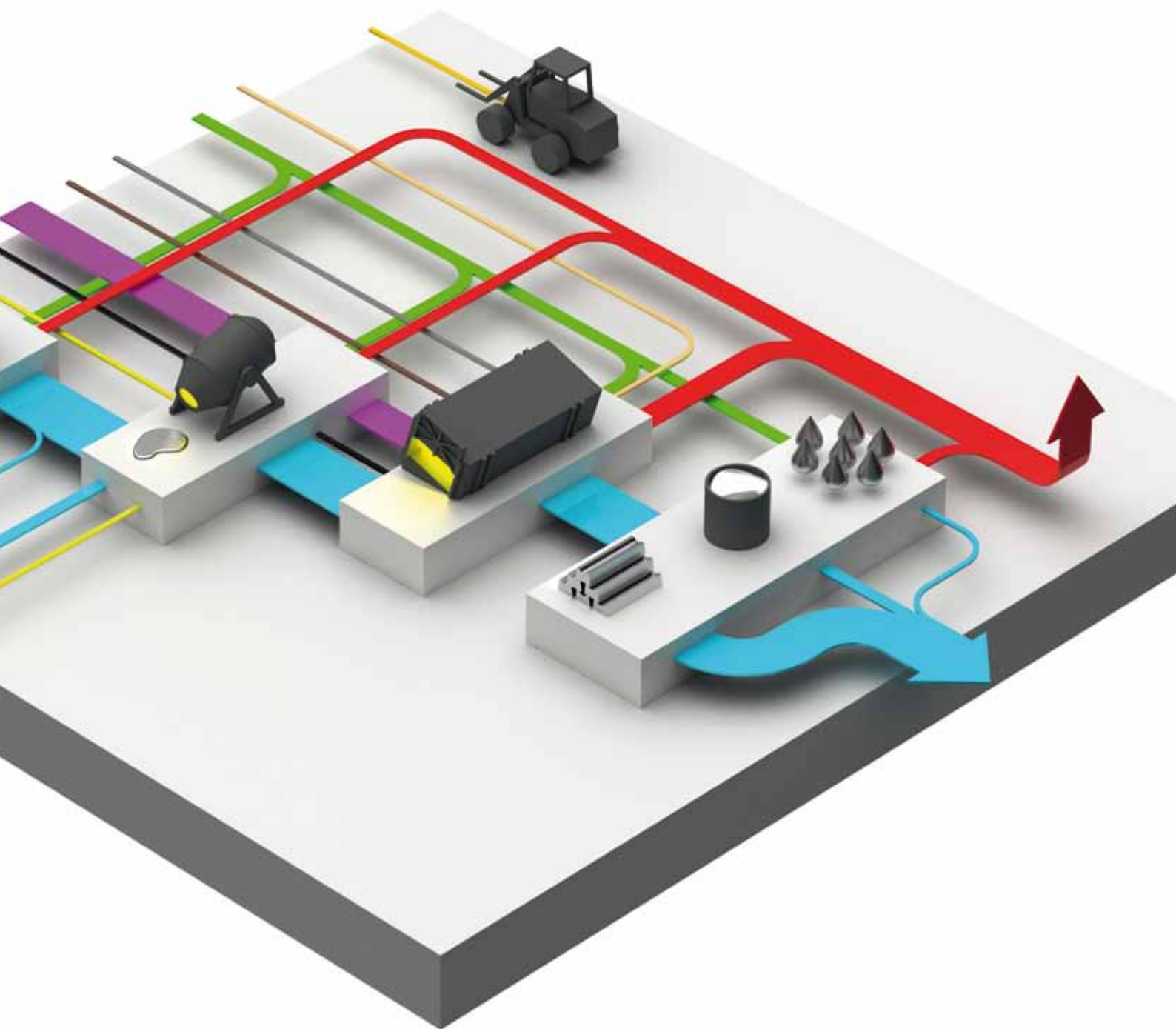


MATERIAL OCH ENERGIFLÖDEN I SVENSK ALUMINIUMINDUSTRI

Slutrapport GeniAl

(Gemensamma energinätverk inom aluminiumbranschen)



BRANSCHRÅDET FÖR
ENERGIEFFEKTIVISERING

SVENSKT ALUMINIUM

FÖRORD

Genial 1 undersökningen är utförd av Hans Frisk Svenskt Aluminium under ledning av det fristående Branschrådet för Energieffektivisering och med ekonomiskt och sakligt stöd från Energimyndigheten

Branschrådet som under projektet haft 8 möten (varannan månad) består av:

Lars Johansson (Ordförande)	f.d. Profilgruppen nu fristående
Mats Söderström	Linköpings Universitet
Lars-Göran Linder	Linder Aluminiumbåtar AB
Ida Waldem Muhr	Sapa Profiler AB (halva tiden)
Maria Lönnström Birgersson	Sapa Profiler AB (ersatt Ida)
Erik Hultgren	Sapa Profiler AB
Torbjörn Carlberg	Mittuniversitetet/Kubal
Hans Gulliksson	Energikontor Sydost
Gerard Tuentler	Energimyndigheten
Lars Göran Nilsson	Profilgruppen AB (ansluter 2013)
Ulf Persson	Stena Aluminium AB (ansluter 2013)

Alla resultat är direkt hämtade från den svenska aluminiumindustrin som transparent undersökt, mätt och redovisat sina material och energiflöden. GeniAl 1 har visat på betydande förbättringspotential och kommer därför att följas upp med ett GeniAl 2 som är mer åtgärdsinriktat med start 2013.

2013-02-01 Hans Frisk

Innehåll

Slutrapport	3
Sammanfattning	3
Summary	3
Inledning	3
Mål	3
Bakgrund	3
Genomförande	3
Metod	4
Hur sanna är värdena?	4
Kommentarer	4
Kortfakta Aluminium	4
Internationell utveckling	5
Aluminiumbranschen i Sverige	6
Aluminiumproduktion	7
Primärproduktion	7
Profilpressning	10
Ytbehandling	12
Återvinning	14
Hur går vi vidare?	16
FoU	16
Främjande	16
Preliminär projektlista	17
Referenser	19

Sammanfattning

Aluminium är en av några få möjligt uthålliga metaller. Villkoren är att den uthålliga metallen skall vara vanlig och nybildas i jordskorpan, ogiftig, lätt att återvinna och oskadlig att utvinna. Av dessa fyra villkor uppfyller aluminium tre. Det fjärde – oskadlig att utvinna – kan teoretiskt uppnås, men där är vi inte idag.

Som bekant krävs stora mängder energi, främst elenergi för att framställa aluminium. Idag är det detta faktum som hindrar aluminium från att vara en uthållig metall. Övriga krav är i hög grad uppfyllda.

Syftet har därför varit att så detaljerat som möjligt identifiera och kvantifiera energi- och materialflödena i framställningsprocesserna. Nästa steg har varit att fastställa verkningsgraden i processavsnitten och som resultat kunna visa hur stora energiförlusterna är. Resultatet visar både var förbättringsmöjligheter finns och hur stora de är.

Vi har valt att redovisa energi och materialflödena i s.k. Sankeydiagram. Huvudorsaken är att de sparar in text, diagram och tabeller samtidigt som de ger en samlad överblick av process, material och energiflöde. De innehåller mycket information och lämnar små möjligheter till missförstånd. Det är tydligt hur materialet flödar och var materialförluster genereras. De olika energislagens flöden syns tydligt, liksom förlusterna och var de uppstår.

Sett ur ett livscykelperspektiv har aluminium sin största miljöpåverkan och energianvändning i produktionsfasen. I användningsfasen är aluminium oftast miljö- och energimässigt överlägset konkurrerande material. I resthanteringsfasen finns få material som återvinns i så hög grad och med så stor energibesparing.

Summary

The most important purpose of this work, is to show the energy use, the thermal, material and energy losses in the different steps of processing aluminium. This is shown in more detail than earlier studies. The results will serve as a basis for future improvements towards more efficient production. The study is conducted in cooperation with the Swedish aluminium industry, Swedish Aluminium Association, under supervision of the Aluminium Industry Board for energy efficiency and with financial support from the Swedish Energy Agency.

The Sankey diagrams (fig 5-19) show the material and energy flow through the main processes of the Swedish aluminium industry.

Inledning

Aluminium kan som sagt i framtiden bli en absolut uthållig metall. Det största hindret är ineffektiv* produktion genom hela kretsloppet från råvara till återvinning. Den här undersökningen beskriver energibalanserna i de vanligaste processtegen. Resultaten har tagits fram med stöd av Energimyndigheten och i samarbete med branschens företag och branschrådet för energieffektivisering.

Mål

Målet med den här undersökningen är att intensifiera den vardagliga energieffektiviseringen som aluminiumföretagen driver. Genom att arbeta i nätverk, ta fram ny kunskap, kvantifiera energianvändning och förluster mer detaljerat än tidigare och hitta gemensamma möjliga besparingsråden, lägger vi grunden till framtida effektivisering

Bakgrund

EAA (European Aluminium Association) redovisar som första materialsektor 34 mätbara energi- och emissions-indikatorer som årligen uppdateras. (ref. 5) Den europeiska aluminiumindustrin har minskat sina emissioner betydligt den senaste 15-årsperioden. I de mest betydande stegen har t.ex. utsläppen av CO₂, BaP och fluorider minskat med mer än 50 % per ton Al. Energianvändningen minskar också, men inte i samma utsträckning. En förutsättning för energieffektivare produktion är betydligt mer detaljerad kunskap om energibalanserna och var förbättringsmöjligheterna finns. Minskad energianvändning reducerar även branschens kostnader, ökar konkurrenskraften och stärker aluminiums varumärke.

Genomförande

Ett oberoende branschråd med deltagare från branschen, universiteten och energikunskapsområdet har styrt projektet med möten varannan månad. Vi har bjudit in till och genomfört öppna teknikträffar (Jönköping, Vetlanda och Sundsvall). Vidare har vi hållit workshops med branschföretag för att genomföra kartläggningen och bygga nätverk.

Syftet med detta arbete har i första hand varit att kartlägga energianvändningen i den svenska aluminiumindustrin. Vi har till en början medvetet undvikit att snegla åt idéer eller lösningar som kan bidra till en effektivisering. I stället har vi fokuserat på energianvändningen och framför allt försökt finna var energiförlusterna finns – d.v.s. där förbättringspotentialen är.

* Ineffektivt betyder här inte jämfört med andra producenter eller material, det betyder relativt ett teoretiskt minimum av energiinsats.

Metod

Det finns ingen öppen statistik och tidigare kunskap om precis var i aluminiumprocessernas delsteg som energianvändningen är ineffektiv och förluster uppstår. Vi har därför samarbetat med de producerande företagen som transparent hjälpt oss att ta fram viktiga data.

Företagen har gjort mätningar och beräkningar för att kunna presentera det förhållandevis detaljerade underlag som kartläggningen har krävt. Vid ett antal träffar har vi utvärderat och korigerat resultatet som redovisas här.

Hur sanna är värdena som redovisas i rapporten?

Det korta svaret är: Tillräckligt för att kunna prioritera vilka förbättringar som är viktiga, och tekniskt och ekonomiskt möjliga att genomföra energi och miljömässigt.

Det långa svaret kan göras hur långt som helst. Våra data kommer från svenska aluminiumproducenter. Vi har valt att redovisa in- och output av alla energislag i de olika processerna. Vi har t.ex. inte tagit hänsyn till vilken elmix som elenergin består av. Vissa värden var kända innan vår kartläggning, ca hälften av värdena har företagen mätt, kalkylerat och kunnat leverera till oss, så undersökningen blir komplett. Primärproduktion respektive återvinning representeras bara från ett företag vardera eftersom de är de enda svenska företagen i sin bransch. Profilpressare har vi två företag, med flera pressar, vilket ger något bättre statistiskt underlag. Vi har inget företag som valsar aluminiumplåt i Sverige, däremot ett som valsar värmväxlarband och ett som valsar folie.

En litteraturgenomgång visar stora skillnader i energianvändning för samma processteg, och många vedertagna värden kan ifrågasättas. (t.ex. ref 4 och 19) Det är därför angeläget att kunna redovisa mer detaljerade mätningar än de hittills publicerade

Syftet med att publicera energisiffrorna är naturligtvis i första hand att öppet och transparent redovisa energisituationen i branschen. I andra hand välkomnar vi den diskussion som vi hoppas resultaten leder till. Förmodligen instämmer inte alla företag i vår beskrivning. Vi hoppas det skall leda till diskussioner och aktiviteter som för oss framåt inom branschen, och ännu närmare "sanningen".

Om våra värden används som underlag till livscykeldata, bör de betraktas som verks – eller åtminstone Sverigespecifika och elen kalkyleras som svensk elmix. Här måste man också ta i beaktande att 2/3 av aluminiumet på den svenska marknaden är importerat.

Kommentarer resultat

En viktig fråga är hur förlusterna beräknats. Till en viss del är de baserade på den teoretiskt lägsta energiinsats som krävs för processteget. För elektrolysen är det 5.99 MWh/ton och för att värma och smälta aluminium 0.39 MWh/ton (ref 1.) Vid processer där aluminiumet värms/kyls, har dessa använts som utgångspunkt. Vi har dock inte räknat hela resten som förluster, utan kalkylerat med en viss energiåtgång. Vid teoretiskt obestämda avsnitt, som plastisk bearbetning (t.ex. profilpressning) där formningen varierar beroende på profilgeometri, legeringar vi utgått från verkningsgrad på kringutrustning som hydraulik mm + uppskattningar från branschen.

Under arbetet har vi känt vissa farhågor att vi skulle få högre sammanlagd energianvändning än den europeiska statistiken. Hittills har endast funnits statistik över hela branschområden. Orsaken till vår oro är att vi har försökt finna varenda energianvändare och förlust i produktionen, förvånansvärt nog får vi lägre tal. I den Europeiska statistiken har man mestadels tagit företagets totala energianvändning och dividerat den med

antal producerade ton – alltså ingen allokering till produktionsavsnitten – det innebär t.ex. att en profilpressare som anodiserar och efterbearbetar får högre energianvändning per ton profil. Till detta kommer naturligtvis olika stödprocesser, som får allt större betydelse ju närmare slutprodukt man kommer i produktions – försäljnings – användningskedjan.

Ett par viktiga produktionsområden är endast flyktigt berörda i rapporten. Det gäller produktgjutning och valsning. Produktgjutning ingår i ett likartat projekt som Swerea Swecast genomför där vi har samarbete. I Sverige har vi inget företag som valsar plåt, däremot Sapa Heat Transfer som valsar värmväxlarband, och Comital som valsar folie. De borde ha ett större utrymme i undersökningen, vilket är ett förbiseende av oss.

Kortfakta om aluminium

Aluminium är en förhållandevis ung metall som har producerats industriellt i drygt 125 år.

Dess mest framträdande egenskap är låg densitet (1/3 av stålets), vilket gör att alu ökar stadigt i transportsektorn. En ersatt stålkomponent väger högst hälften, och minskar därmed energianvändning när fordonen körs.

Hög värme och elledningsförmåga kombinerat med densiteten gör att alla värmväxlare (kylare, värmepaket, AC-kondensorer) i fordon och alla högspänningsledningar numera tillverkas i alu.

Goda korrosionsegenskaper gör aluminium långlivat – korrosion kostar stora pengar och energi. De äldsta aluminiumprodukterna som brukar refereras till, är ett aluminiumtak i Vatikanen och Erosstatyn i Picadilly Circus som båda är nära 120 år, obehandlade och fortfarande intakta. Korrosionsegenskaperna är huvudsak till användandet i byggnader t.ex. i fönster och fasader.

Main end-use markets for aluminium products in Europe 2010

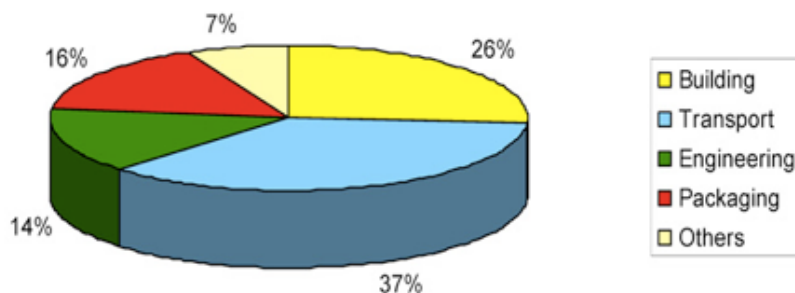


Fig 1. Byggnad och transport står för en tredjedel var av användningen av aluminium.
Källa: EAA

History of primary aluminium production Main producing countries and regions 1950-2012

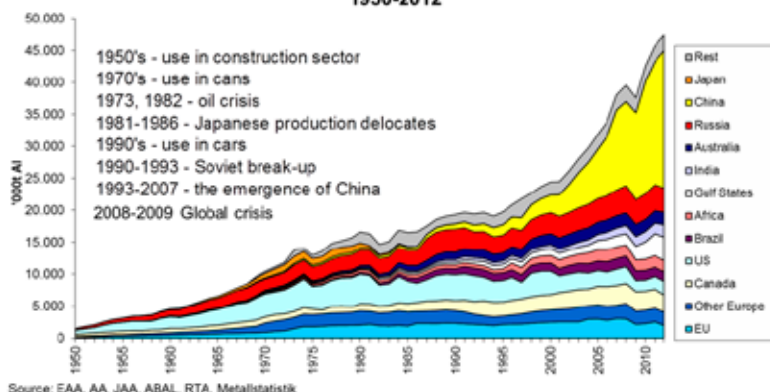


Fig 2. Tillväxt i den globala aluminiumproduktionen

Speciella produktionsmetoder

Aluminium pressas med fördel till profiler med avancerade tvärsnitt, vilket ger materialeffektiva strukturer, som sparar vikt. Anodisering som ytterligare förstärker korrosionsegenskaperna är också aluminiumspecifikt.

Goda barriäregenskaper gör att förpackningar med folie ger innehållet längre livslängd, och inte behöver kylas.

Återvinning av aluminium kostar 1/20-del av energin jämfört med nyproducerat. Idag är mer än en tredjedel av Europas aluminiumproduktion sekundäraluminium. Vi skiljer på

omsmält och återvunnet aluminium.

Omsmält är mestadels processkrot som beskrivs i rapporten, det vill vi minimera. Återvunnet är mestadels produkter som tjänat ut (post consumer), den andelen vill vi självfallet öka.

Idag ligger återvinningsgraden från byggnad och fordon över 90 %.

Energi. Det krävs mycket energi att producera aluminium. För varje processteg, från primärproduktion, via valsning och profilpressning till slutprodukt från fabrik minskar energiinsatsen med en tiopotens. De förloppen beskrivs närmare i rapporten.

Veta mer

Produktionsteknik och processer är summariskt beskrivna i rapporten. För den som vill ha mer detaljerad kunskap hänvisar vi till: Svenskt Aluminium, ring eller besök: www.svensktaluminium.se.

Andra:

European Aluminium Association (EAA) www.alueurope.eu
International Aluminium Institute www.world-aluminium.org

Internationell utveckling

Grafen visar tillväxten i världsproduktionen av aluminium sedan 50-talet.

Den mest anmärkningsvärda utvecklingen är Kinas andel av världsproduktionen, från 1 % för 20 år sedan, till 12 % för tio år sedan till nära hälften idag.

Med tanke på CO₂ borde vi kanske producera mer i Norden, särskilt om vi kan producera fjärrvärme av över-skottsenergin.

ALUMINIUMBRANSCHEN I SVERIGE

Svensk aluminiumindustri kännetecknas av ett fåtal stora företag i kedjan fram till halvfabrikat, profiler, plåt och gjutgods. Slutproducenter och leverantörer till slutproducent eller slutkund är många mindre företag som oftast också arbetar med andra material.

Primärproduktion

Kubal (450 anställda) är den ende aktör som tillverkar aluminium i Sverige. Råvaran är aluminiumoxid som importerats (ca 250 000 ton). Kubals Årsproduktion är ca 130 000 ton legerat aluminium. Produkterna är runda pressgöt till profilindustrin, och rätblocksformade valsgöt som uteslutande valsas till värmväxlarband av kunden Sapa Heat Transfer.

Årligen, 1,83 TWh Värmeförlust 1,3 TWh Per ton: ca 14,2 MWh el + 4 MWh fossil

Profilpressning

Två Aktörer: Profilgruppen och Sapa (tillsammans 1 750 anställda i Sverige) som pressar ca 75 000 ton aluminiumprofiler.

Årligen 60 GWh. Värmeförlust 35 GWh Per ton 650 kWh el + 30 kWh gasol.

Valsning

I Sverige finns två aktörer som valsar aluminium. Sapa Heat Transfer som valsar värmväxlarband till fordonsindustrin och Comital som valsar folie som nästan uteslutande blir förpackningar (tillsammans 500 anställda).

Årligen 150 GWh Värmeförlust 100 GWh Per ton 1,9 MWh

Anodisering

Enligt Kompass har Sverige 16 företag med fler än 10 anställda som anodiserar aluminium. Anledningen till att vi tagit med detta är att anodisering är en speciell ytbehandlingsmetod för aluminium. Det går visserligen att anodisera några andra metaller – men aluminium är absolut störst. Bland profilpressarna kan nästan hälften

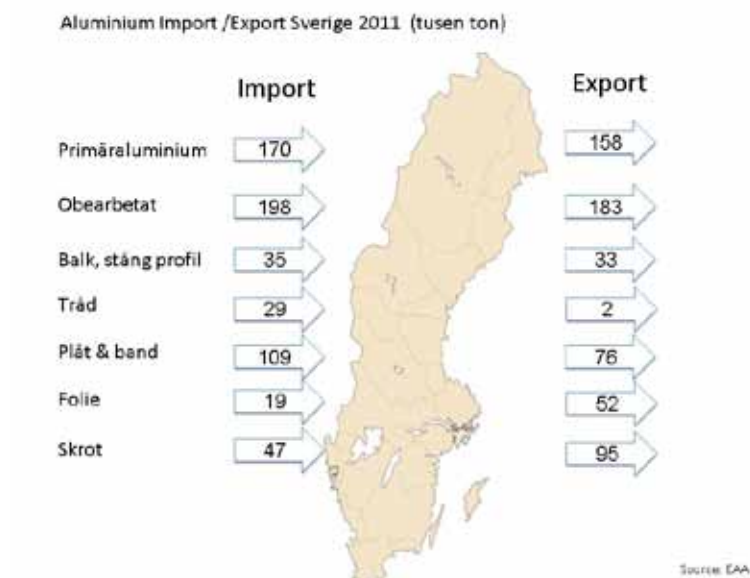


Fig 3. Sveriges export och import av aluminiumgods 2011.

av profilerna anodiseras. Här kan värdena variera mellan olika företag och anläggningar beroende på teknik – t.ex. hellängdsanodisering, kall eftertätning m.m.

Per ton 850 kWh el eller el/fjärrvärme 150 kWh Gasol Värmeförlust 900 kWh

Omsmältning

Vi skiljer på återvinning och omsmältning av processskrot som aldrig blivit en färdig produkt och som består av väldefinierade legeringar. Omsmältningen kräver mindre energi främst p.g.a. mindre föroreningar vilket kräver mindre saltanvändning och rening.

Återvinning

”Post consumer skrot”. Ca 50 000 ton 100 anställda. (Stena Aluminium 2011). En betydande produktionsökning är planerad. Här är det svårt att beräkna förlusterna. Teoretiskt går det år 390 kWh för att smälta ett ton aluminium utan återvinning.

Årligen 38 GWh Värmeförlust 10-25 GWh Per ton 740 kWh

Gjutning

(2 750 anställda) Aluminiumprodukter gjuts i olika tekniker. Sand, gips och kokillgjutning utgör en mindre del och pressgjutning står för över 80 % av tonnaget (32 500 ton).

Årligen 170 GWh Ca 5 MWh/ton

Övriga processer

Övriga processer som t.ex. lackering, är svåra att generalisera då de ofta är verksspecifika och genomsnittsdata blir oanvändbara. I verksamheter där aluminium ingår som en liten del av verksamheten blir aluminiumhanteringen svårsmälbar och företagen måste analyseras individuellt. Stödprocessernas andel är betydande för slutproducenterna.

Import/Export Sverige 2011

Sverige är nettoimportör i alla sektorer. Vi konsumerar dubbelt så mycket som vi producerar (ca 30 kg/person).

ALUMINIUMPRODUKTION

På de följande sidorna är aluminiumproduktionen schematiskt beskriven med sankeydiagram. De visar hur aluminiums flöde genom processerna schematiskt (blått). Övrig input beskrivs i olika färger. Förluster, överskottsenergi beskrivs med röda pilar. Siffrorna vid pilarna anger kvantitet.

Primärproduktion Elektrolys

För att producera ett ton aluminium går det åt ca 1 920 kg aluminiumoxid, 450 kg kol och 30 kg elektrolyt + ca 14 MWh el.

Aluminiumoxid produceras från bauxit och importereras till Sverige. Energiåtgången för att producera 1920 kg aluminiumoxid är ca 7 MWh teoretisk verkningsgrad ca 2 % (ref 1).

Tillverkningen av kolanoderna (oräknat kolets energiinnehåll) kräver ca 0,66 MWh/ ton alu.

Aluminium produceras genom elektrolys av aluminiumoxid i en salt-smälta enl fig.

Likspänning (ca 4,5 V) leds från kolanoderna (+pol) via saltsmältan till katoden (-pol).

Syreatomerna i oxiden reagerar med anodkolet och bildar CO₂. Temperatur drygt 900° C.

För mer detaljerad processbeskrivning se aluminium.matter.org.uk.

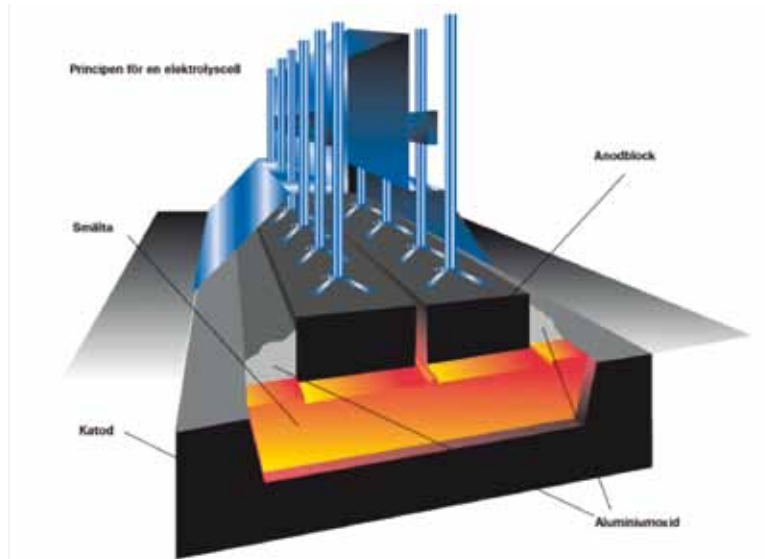


Fig4. Elektrolyscell princip. Source: Sapa

PRIMÄRPRODUKTION - ELEKTROLYS

- KOL (KG)
- EL (kWh)
- ALUMINIUM (KG)
- ALUMINIUM SOM OXID (KG)
- VÄRMEFÖRLUST (kWh)
- ALUMINIUMFLUORID (KG)

Aluminium förekommer inte som metall i naturen, det måste reduceras fram från aluminiumoxid, vilket kräver energitillförsel

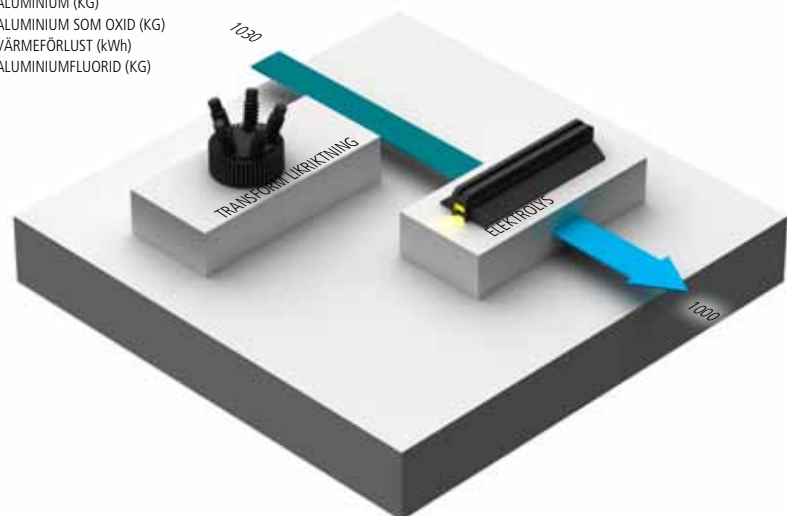


Fig 5. Primärproduktion Elektrolys. I Sverige är det bara Kubal i Sundsvall som producerar primäraluminium, ca 130 000 ton/år. Processen kan förefalla enkel med få ingående komponenter, men det är en noga balanserad process där små avvikelser ger stora skillnader i produktivitet och emissioner.

PRIMÄRPRODUKTION - ELEKTROLYS

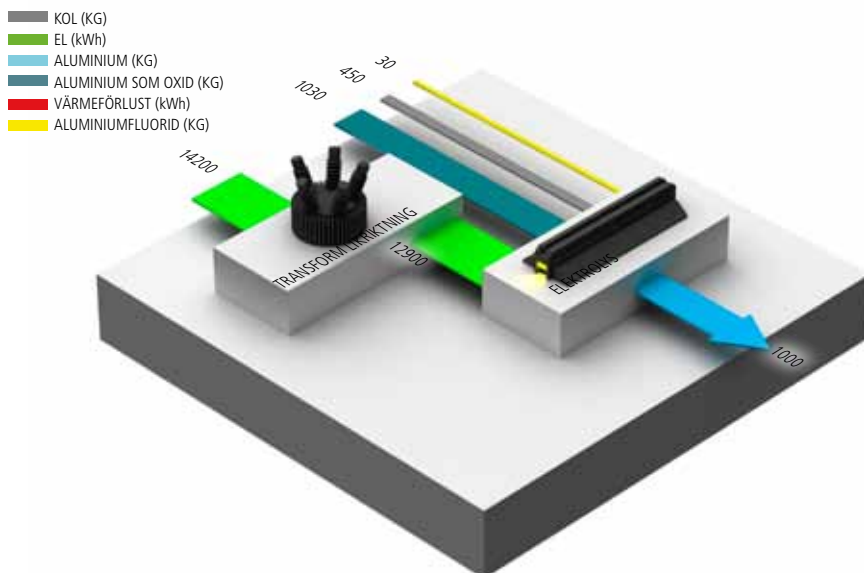
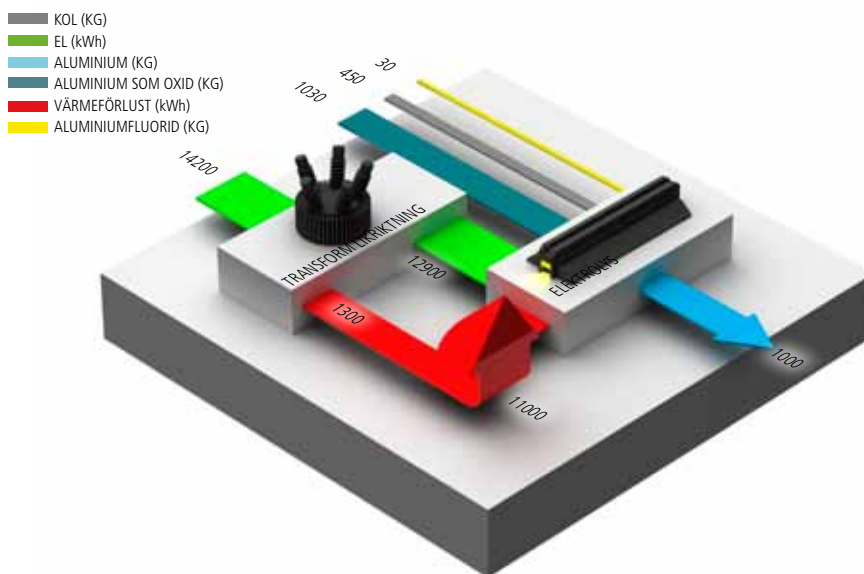


Fig 6. Elektrolysen är en kontinuerlig process där råvaran är upparbetad aluminiumoxid som importeras. Ca 1 920 kg oxid ger 1 000 kg aluminium, förlusterna är små, någon procent fastnar i filter för gasrening. Input i processen är förutom aluminiumoxid 14 200 kWh el och 450 kg kol per ton aluminium. Kolet från anoden binder i elektrolysen syreatomerna och bildar i huvudsak koldioxid. Elektrolytbadet består av kryolit och aluminiumfluorid (ca 30 kg/ton al). Fluoriderna är starka växthusgaser och den senaste ombyggnationen har reducerat utsläppen med över 90 %. CO₂ emissionerna uppstår av anodreaktionen med kol ca 1.25 ton/ton alu, 0,3 ton/ton Al bränns av atmosfären. Perfluorkarboner är starka växthusgaser som bildas vid s.k. anodeffekter, de har stadigt minskat (90 % sedan 1990) och målet är en ytterligare halvering från 2006 till 2020. 2011 skapade de ca 300 kg CO₂eq/ton al. (ref 6)

PRIMÄRPRODUKTION - ELEKTROLYS



Ca 6 MWh/ton är den teoretiskt lägsta energiinsatsen för att elektrolytiskt producera aluminium från oxid. Energin går åt till att skilja syreatomerna från aluminiumatomerna i oxiden samt att värma smältan till 960° C. (ref 1.)

Resterande energiinput blir värmeförluster. Värmeöverskottet avgår som förluster i transformeringen och överföringen av elströmmen (ca 1 300 kWh/ton) dels som varma gaser, konvektion och värmestrålning från ugnstoppen (ca 2 500-3 000 kWh/ton). Bottnen på ugnen (katodlådan) släpper från sig 4 000 – 5 000 kWh/ton. För att undvika korrosion måste elektrolytsmältan frysa mot katodväggen och innesluta det flytande aluminiumet. Nedkylningen av elektrolyten kräver att stora energimängder förs bort.

Fig 7. Kubal har nyligen avslutat ett tekniskifte från söderbergugnar till prebakedteknik på samtliga ugnar. Det har inneburit betydande reducering av CO₂ och PaH.

GJUTERI PRIMÄRPRODUKTION - VALSGÖT

- EL (kWh)
- ALUMINIUM (KG)
- VÄRMEFÖRLUST (kWh)
- VATTEN m³

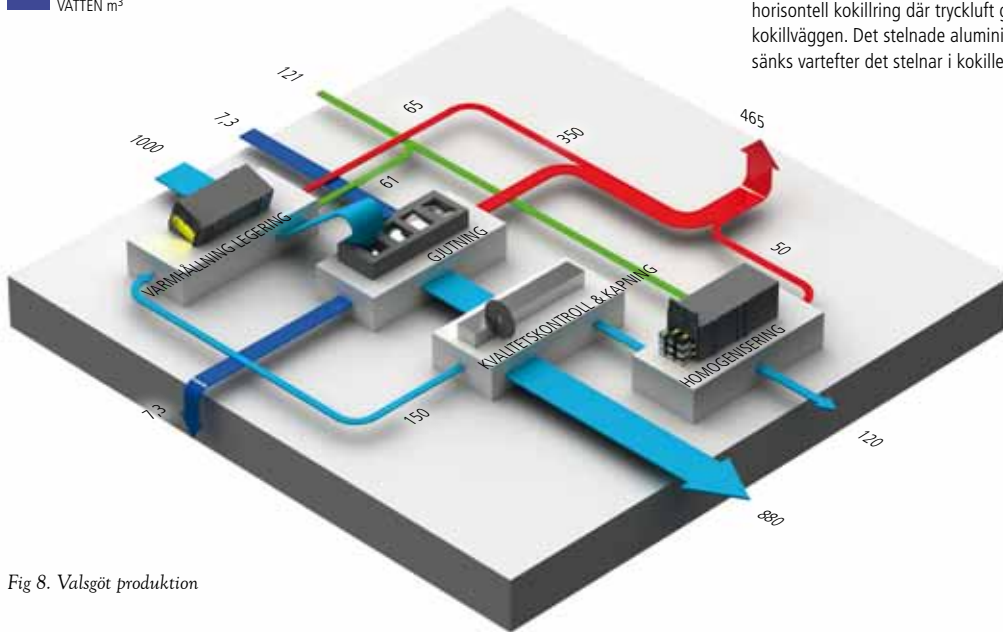


Fig 8. Valsgöt produktion

GJUTERI PRIMÄRPRODUKTION - PRESSGÖT

- GASOL (KG)
- EL (kWh)
- ALUMINIUM (KG)
- VÄRMEFÖRLUST (kWh)
- VATTEN m³

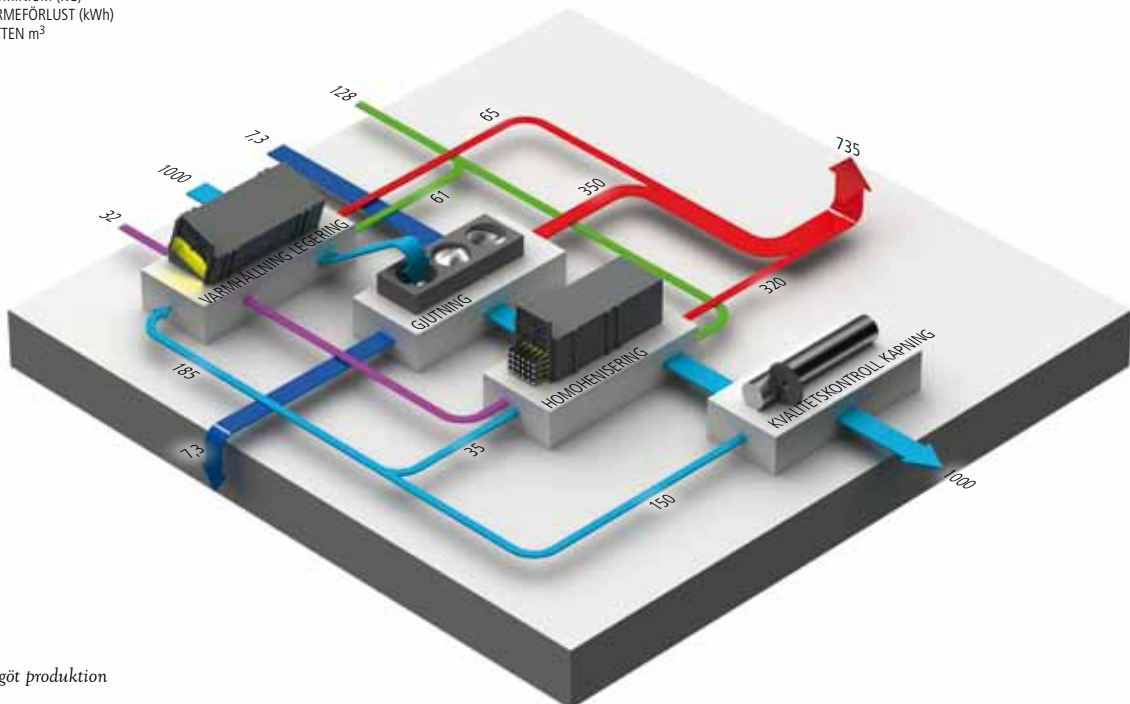


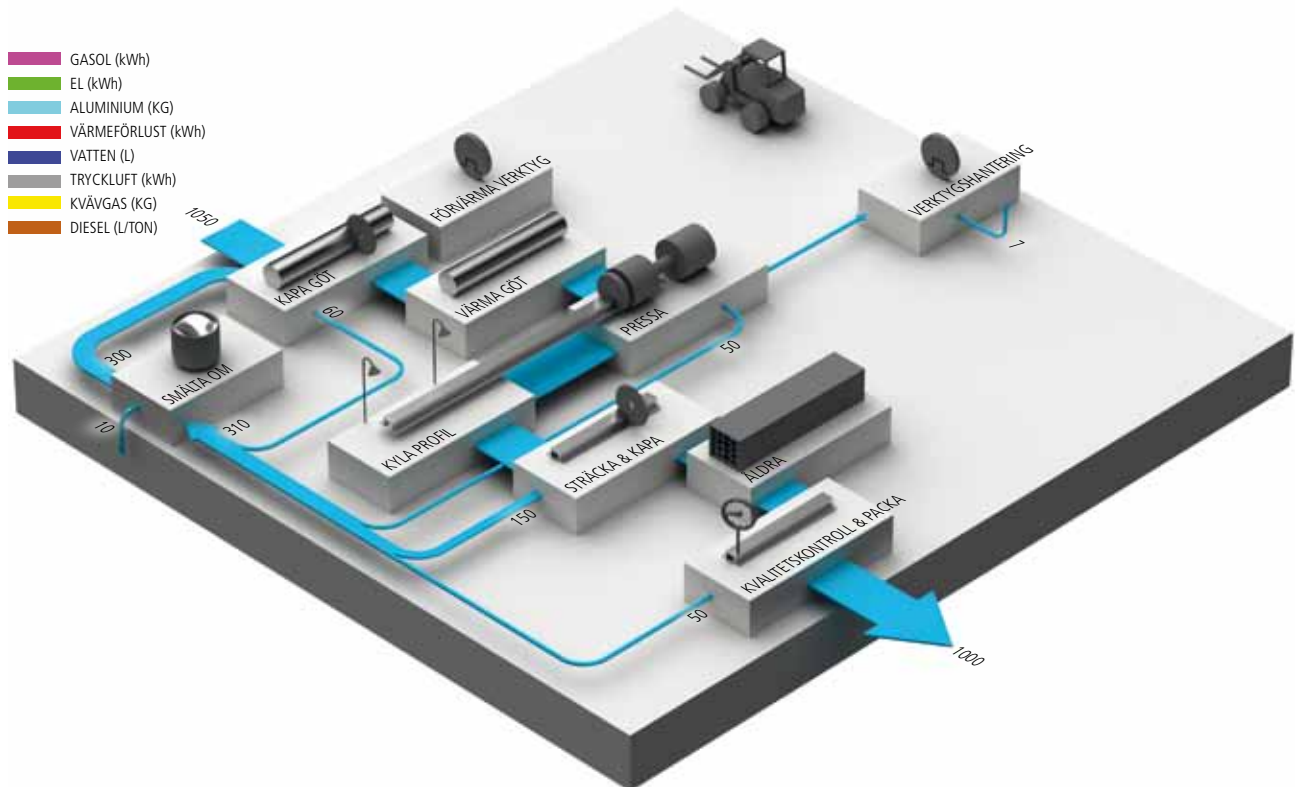
Fig 9 Pressgöt produktion

Profilpressning – Strängpressning - Extrusion

Tekniken att strängpressa ger långa profiler med konstant tvärsnitt. Tvärsnittet som i princip kan ha vilken form som helst, begränsas till ca en halv meter i diameter med dagens pressar.

Ett uppvärmt pressgöt pressas med stor kraft genom ett verktyg som ger den önskade profilen.

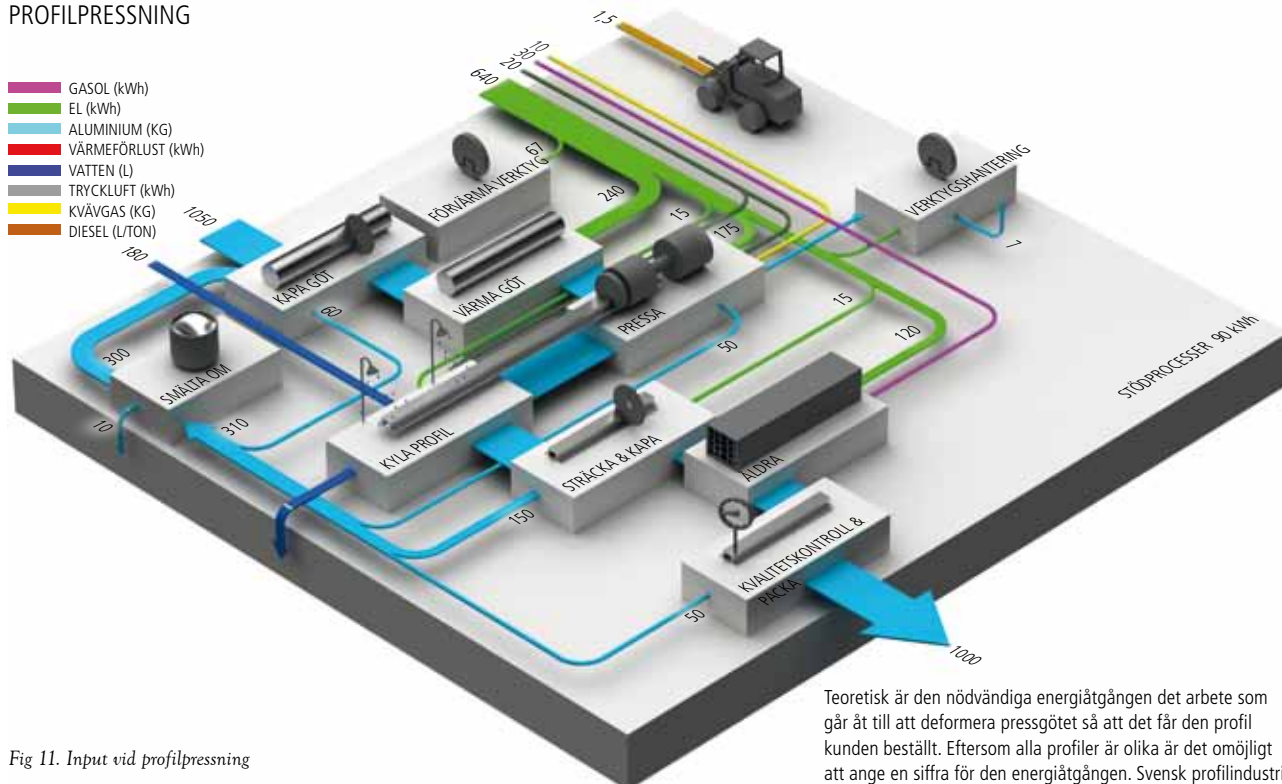
PROFILPRESSNING



1. Först värms verktyget (stål) i en ugn
2. Pressgödet kapas från ett rundgöt till lämplig längd (till omsmältning ca 6-8 %)
3. Pressgödet induktionsvärms till 450-500°C
4. Profilpressningen sker med hydrauliska pressar presskraften motsvarar några tusen ton.
5. Sedan den färdiga profilen lämnat pressen kyls den med luft eller vatten.
6. I sträckningen nyps ändarna fast och hela profillängden töjs.
7. De deformerade ändarna från sträckningen kapas bort och går till omsmältning, (ca 15 %) sedan kapas profilen i de längder som kunden bestämt.
8. Profilen varmåltras normalt i ugn (ca 200°C) för att få rätt mikrostruktur och hållfasthetsegenskaper.
9. Vid packningen sker den sista kvalitetskontrollen, godset skall uppfylla kundens krav.

Fig 10 Profilpressning - materialflöde

PROFILPRESSNING



Teoretisk är den nödvändiga energiåtgången det arbete som går åt till att deformera pressgödet så att det får den profil kunden beställt. Eftersom alla profiler är olika är det omöjligt att ange en siffra för den energiåtgången. Svensk profilindustri har tusentals olika profilverktyg. För en viss profil är det dock möjligt att med FEM-program räkna ut arbetet (jämför t.ex. kallflytpressning). I praktiken går det inte till så att man tar ett kallt pressgöt och tvingar det genom ett verktyg. Anledningen är främst att det skulle behövas enorma pressar, verktygen skulle inte hålla och det skulle gå långsamt. De höghållfasta aluminiumlegeringarna tillåter idag presshastigheter som bara är tiondelar av de mer lättpressade.

PROFILPRESSNING

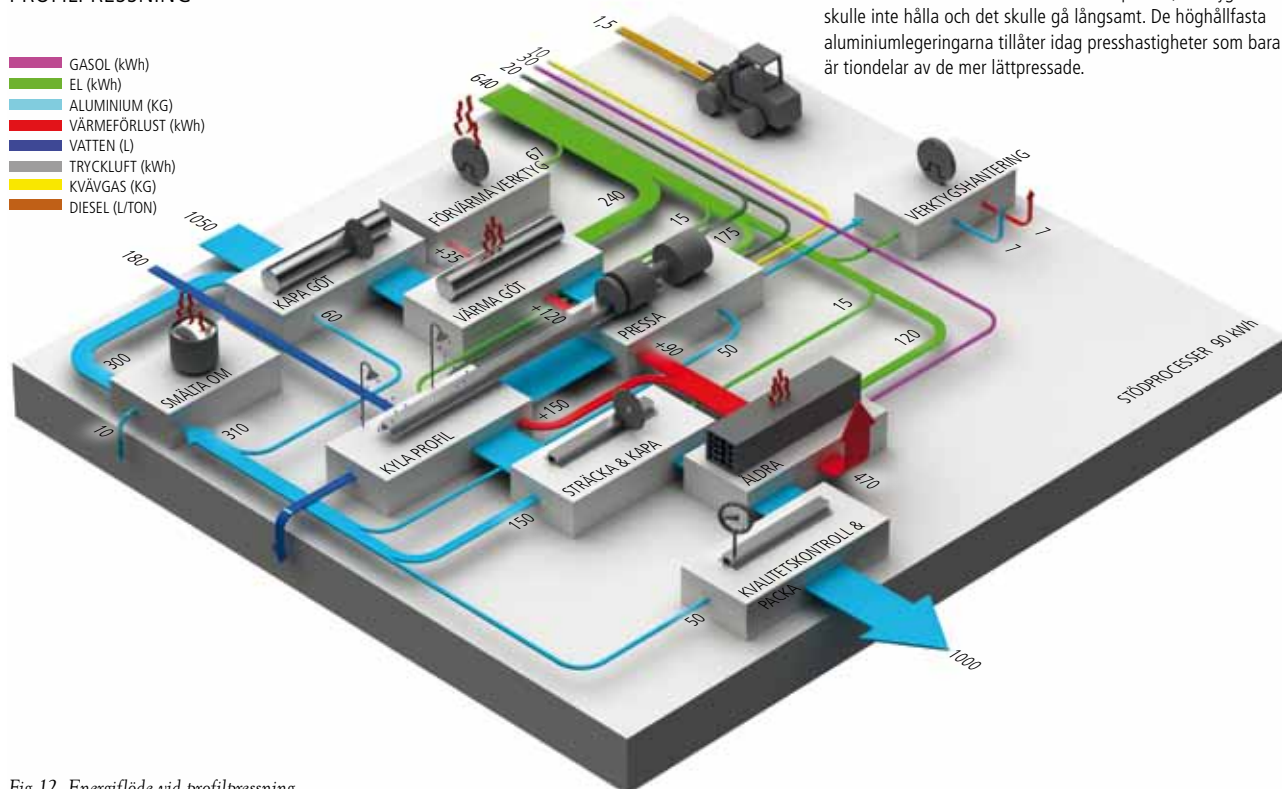


Fig 12. Energiflöde vid profilpressning

ANODISERING

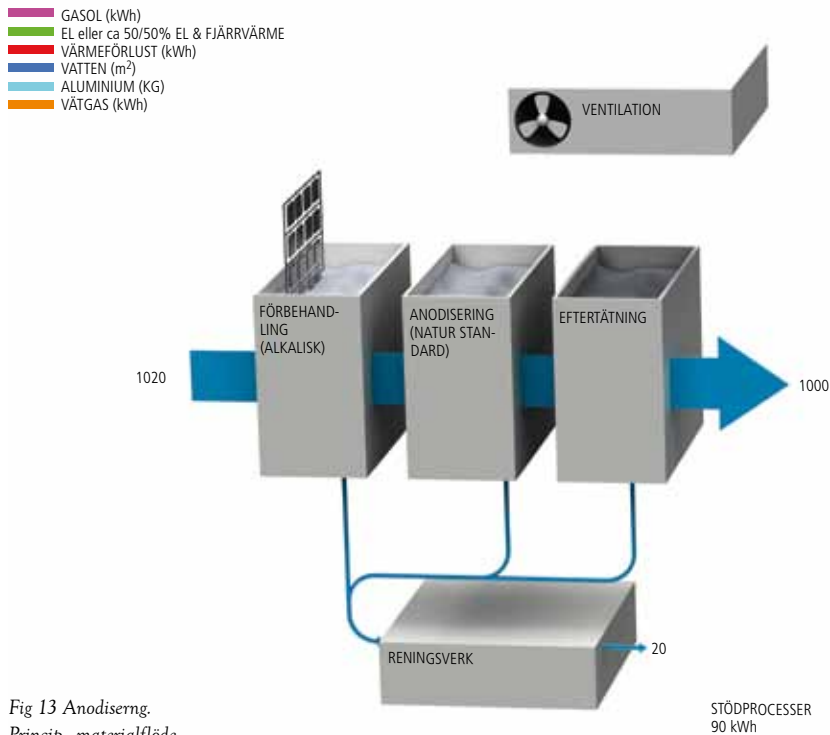


Fig 13 Anodiserng.
Princip - materialflöde

ANODISERING

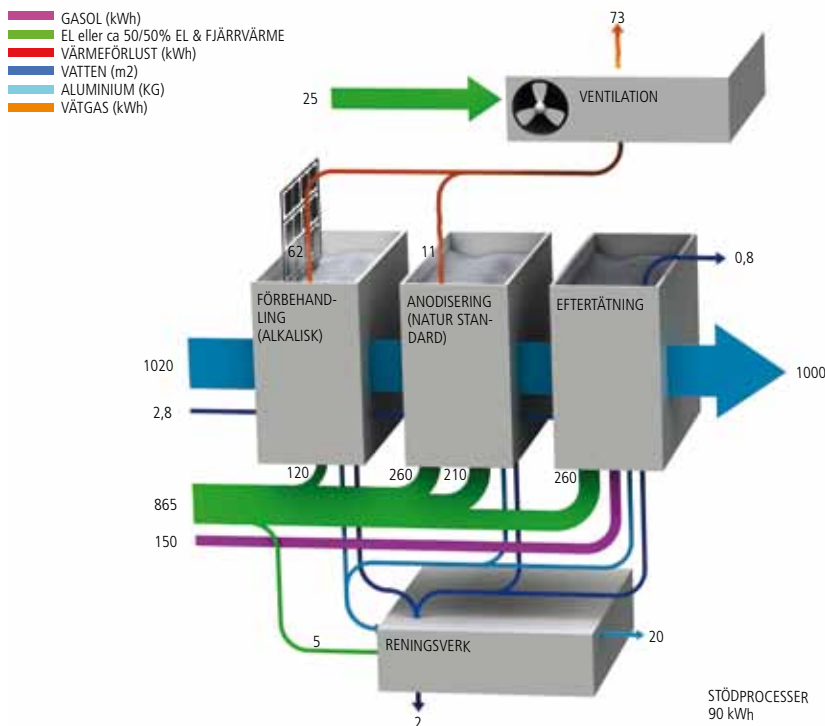


Fig 14 Anodisering Input.

Ytbehandling av aluminium

Aluminium behöver normalt inte ytbehandlas, det kan tvärtom försämra korrosionsegenskaperna att t.ex. lackera aluminiumstrukturer. Aluminium förbehandlas och lackeras med liknande metoder som övriga metaller. Förutom lackering förekommer några ytterligare ytbehandlingsmetoder bl.a. för att öka materialets nötningsmotsånd och/eller minska friktion. Likartade ytbehandlingar skiljer mycket i energianvändning och miljöpåverkan mellan olika utförare, de är därför vanskliga att generalisera. Beroende på olika lösningsmedel, förbehandlingsmedel, badsammansättningar, skiktjocklekar, pigment och andra tillsatser blir de flesta ytbehandlingar verksspecifika. Detta är orsaken till att LCA data oftast saknas om organiska ytbeläggningar. Vi har valt att ta med anodisering eftersom det är den vanligaste ytbehandlingen av aluminium som dessutom är litet speciell för aluminium.

Anodisering tidigare eloxering är en vanlig ytbehandling av aluminium. Anodisering förstärker det skyddande oxidskiktet och ger förändrade ytegenskaper som kan bestämmas av olika typer av bad, skiktjocklek, infärgning och efterbehandling. Egenskaper som påverkas är korrosionshårdighet, visuellt uttryck, beständighet hos uttrycket, lämplighet för efterföljande ytbehandlingar, t.ex. lim eller lack, nötningsbeständighet. Anodiseringsskiktet är elektriskt isolerande då det består av oxider.

Anodisering är den process förutom primärproduktion som förbrukar mest energi per ton aluminium. Skillnaderna är stora mellan olika anläggningar, bilden visar medelvärden för svenska producenter.

ANODISERING

- █ GASOL (kWh)
- █ EL eller ca 50/50% EL & FJÄRRVÄRME
- █ VÄRMEFÖRLUST (kWh)
- █ VATTEN (m³)
- █ ALUMINIUM (KG)
- █ VÄTGAS (kWh)

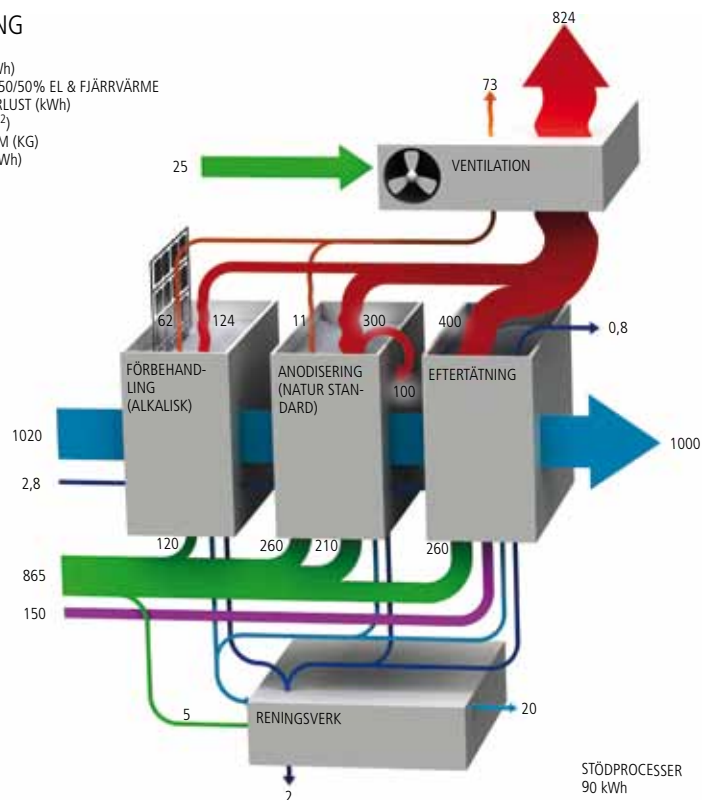


Fig 15. Energiflöde vid anodisering

PRODUKTGJUTNING

- █ GASOL MWh
- █ EL MWh
- █ VÄRMEFÖRLUST kWh

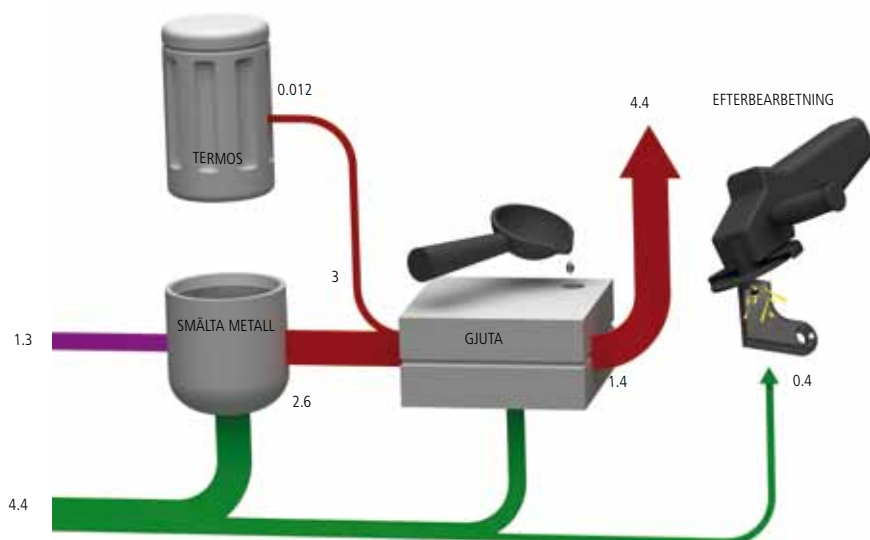


Fig 16. Produktgjutning. Princip.

Formgjutning av aluminium sker i huvudsak genom tre olika tekniker. Gemensamt är att smält aluminiumlegering (oftast ca 10 % kisel) fylls i en form. Skillnaderna ligger mest i formens utförande och sättet det smälta aluminiumet tillförs. Sandgjutning tillämpas oftast vid korta serier och stora gjutgods, gjutning i stålkokill används vid längre serier och där högre yt- och hållfasthetsegenskaper krävs. Gjutning i gipsform (precisionsgjutning) tillåter tunnare gods och snäva toleranser, det är den gjutteknik som använder mest energi p.g.a. att torkningen av gipsformarna kräver långvarig värme. Pressgjutning - där smältan förs in i metallformen under högt tryck - är det vanligaste gjuttekniken och står för över 80 % av tonnaget aluminiumgjutgods i Sverige. Precisionen och produktiviteten är hög och pressgjutning lämpar sig för större serier.

Återvinning av aluminium

En förutsättning för ansvarsfullt användande av aluminium är att det återvinns. Inom bygg och fordonsindustrin återvinns över 90 % av det aluminium som finns i uttjänta produkter.

Tack vare detta kretslopp beräknar man att mer än 2/3 av allt aluminium som producerats fortfarande gör tjänst i olika produkter.

Vi skiljer på återvinning och omsmältning. Omsmältning görs av t.ex.

pressverken, som får eget processskrot (se profilpressning) som man smälter om till nya pressgöt i en loop där endast externt skrot med känd legering tillåts.

Återvinning görs i Sverige av Stena Aluminium som använder "post consumer" skrot som aluminiumfålgar etc. till att smälta om, mestadels till gjutlegeringar.

I branschen brukar man säga att återvinning använder 5 % av energin som primärframställningen gör.

Ingen förefaller riktigt veta var denna siffra kommer ifrån eller vad det är 5 % av. Teoretiskt minivärde för att smälta om aluminium är ca 400 kWh/ton (utan värmeåtervinning vid svalningen), Stena förbrukar ca 740 kWh/ton vilket med tanke på hantering, sortering etc. är effektivt. Primärproduktionen kräver över 20 000/kWh inkl. oxidframställning. Så återvinningskoefficienten ligger under 4 %.

ÅTERVINNING ALUMINIUM

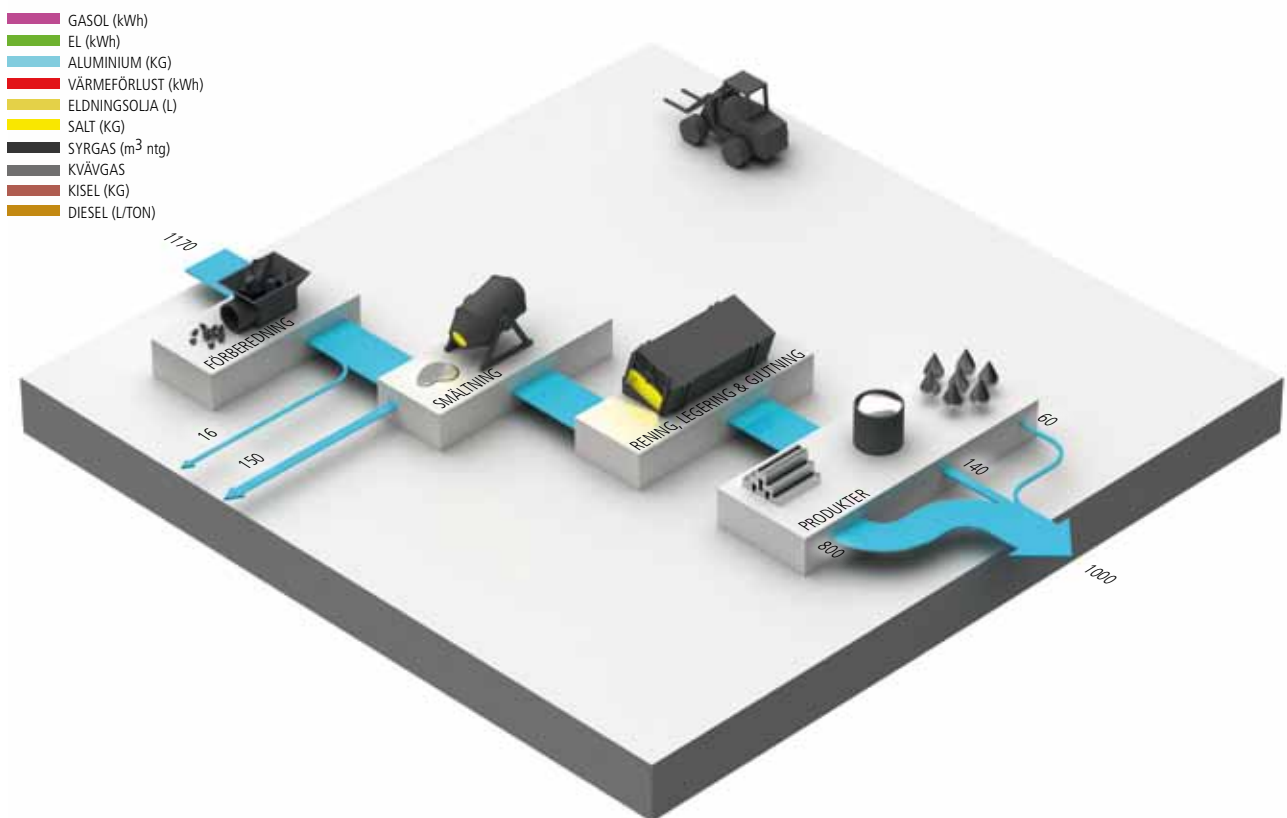


Fig 17. Återvinning aluminium princip och materialflöde.

ÅTERVINNING ALUMINIUM

- █ GASOL (kWh)
- █ EL (kWh)
- █ ALUMINIUM (KG)
- █ VÄRMEFÖRLUST (kWh)
- █ ELDNINGSOLJA (L)
- █ SALT (KG)
- █ SYRGAS (m³ ntg)
- █ KVÄVGAS
- █ KISEL (KG)
- █ DIESEL (L/TON)

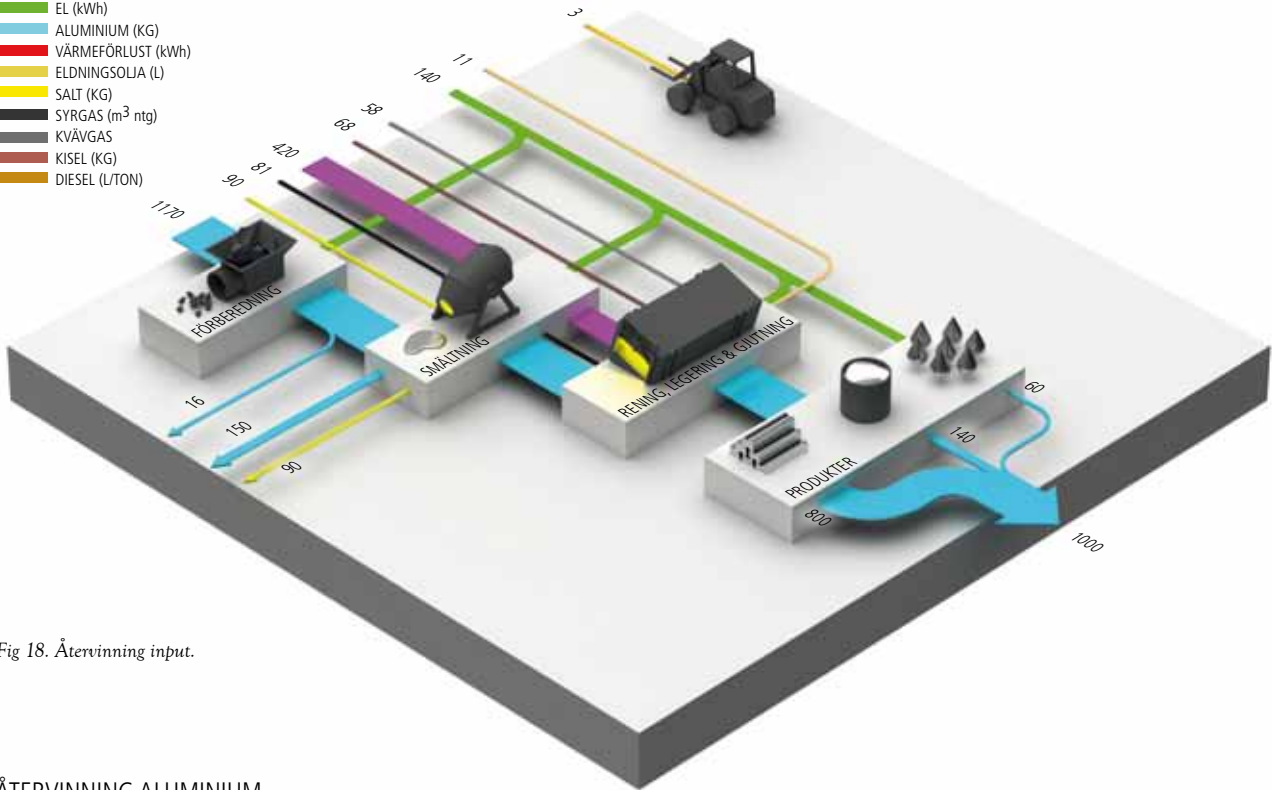


Fig 18. Återvinning input.

ÅTERVINNING ALUMINIUM

- █ GASOL (kWh)
- █ EL (kWh)
- █ ALUMINIUM (KG)
- █ VÄRMEFÖRLUST (kWh)
- █ ELDNINGSOLJA (L)
- █ SALT (KG)
- █ SYRGAS (m³ ntg)
- █ KVÄVGAS
- █ KISEL (KG)
- █ DIESEL (L/TON)

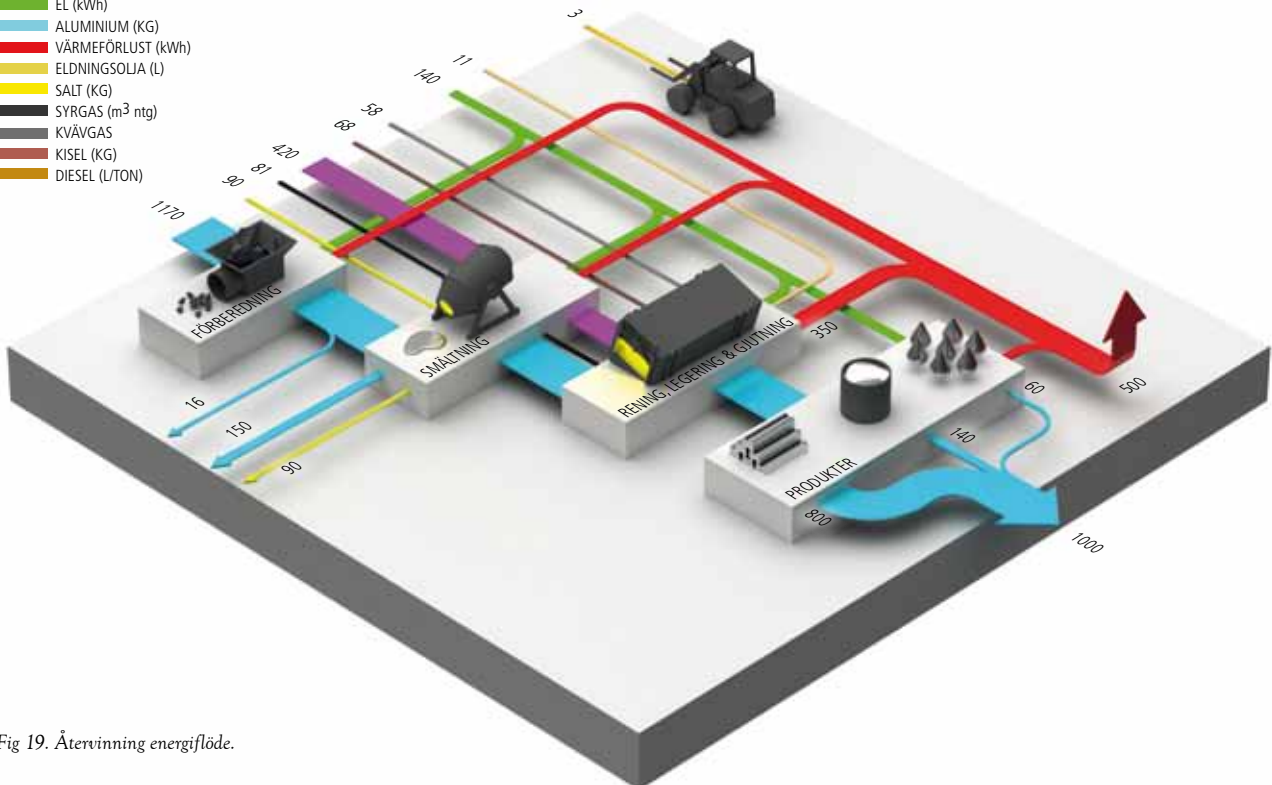


Fig 19. Återvinning energiflöde.

HUR GÅR VI VIDARE?

FoU förslag

Behov av FoU

I Sverige är aluminiumforskningen underutvecklad vid universiteten. Många av de identifierade behovsomsrådena är i stort behov av kunskapsuppbyggnad. Långsiktigt är det viktigt att det byggs upp en kunskapsbas som är fristående från företagen. Hittills är tre projektförslag formaliserade.

A. Minska fossilt bränsle

Branschen har på egen hand redan reducerat sina CO₂-utsläpp betydligt. Fortfarande används en del fossila bränslen och mycket el. I många processteg kan det tekniskt ersättas med förnyelsebar energi. I primärprocessen borde det undersökas om man kan ersätta det fossila kolet med biokol (450 kg/ton aluminium).

Förslag från Prof. Björn Zethraeus vid Linnéuniversitetet Växjö.

”Smältning av aluminium med biobränsle. Inledningsprojekt med ett fåtal kritiska experiment”

B. Minska omsmältning

Kartläggningen visar tydligt på betydande skrotfall i aluminiumprocesserna. Innan primärmetallen har nått slutkonsument kan hälften av metallen ha skrotats till omsmältning. Detta är planerat i vissa fall, men beror också på kvalitetsbrister.

Orsaken är ofta parametrar som idag är okända, och betydande besparingar i nedströms processer kan uppnås med ökad kunskap.

Förslag från prof. Torbjörn Carlberg Mittuniversitetet Sundsvall.

”Energibesparingar vid DC-gjutning av aluminium”

C. Tillvarata värmeförluster

Primärproduktion av aluminium medför idag stora värmeförluster. Som första företag i världen undersöker Kubal möjligheterna att omvandla en del av värmeförlusterna från ugnarna till fjärrvärme. Möjlig överföring till fjärrvärmenätet är ca 100 kW/ugn, vilket skulle ge mer än 250 GWh/år totalt.

Förslag från Hans Frisk Svenskt Aluminium. ”Fjärrvärme från aluminiumelektrolys”.

D. Profilpressning, Återvinning och Anodisering

Vi borde också ha minst ett projekt inom Profilpressning resp. Återvinning och Anodisering som är viktiga förädlingssteg för aluminium. Vi inventerar tillsammans med företagen.

”Främjande”

Syftet med GeniAl har som tidigare påpekats, varit att kartlägga energisituationen i branschen. Trots att branschen på egen hand varit framgångsrik i att effektivisera, visar resultatet betydande potential till ytterligare effektivisering på en rad punkter.

De ”låg hängande frukterna” är plockade, och framtida projekt kräver ytterligare kunskapsinhämtning och utveckling. De processteg som har störst möjlighet till besparingar är kostnadsintensiva och håller en hög teknisk nivå. De enskilda företagen har små möjligheter att på egen hand analysera och vidareutveckla sådan ny teknik.

En förutsättning för framgångsrik utveckling är ett ökat samarbete både inom och utanför branschen.

A. Detaljerad kartläggning

Tidigare statistik har redovisat energisituationen för aluminiumföretagens processer. I vår kartläggning har vi varit mer detaljerade och preciserat energianvändningen till processteg. I många fall har processtegens tillskott tidigare varit okända. Varje förlust är också en potentiell besparing. Den enskilt viktigaste punkten är att fortsätta att tillvarata möjligheterna till besparingar som GenAl påvisar. Nästa nivå är att identifiera vilka komponenter och funktioner som påverkar i de specifika processtegen. Vad är BAT?

B. Företagens förslag

Vi har idag en bruttolista med ett 30-tal projektförslag från branschen. Listan kan göras betydligt längre om vi vill. Förslagen är stora och små projekt – kortsiktiga och långsiktiga – svåra och lätta. Sammantaget är det ändå sådana som företagen gått och grunnat på ett tag. Förmodligen skulle projektförslagen kunna få ännu mer höjd om de bereddes och vägdes samman till en gemensam plattform att gå vidare med. Det kräver ytterligare detaljanalys som måste genomföras tillsammans med företagen, vilket förmodligen skulle ge ytterligare FoU-behov.

C. Behov av kontakt och kunskapsinhämtning från energispecialister

Branschen har inte fullständig överblick om vilka kunskaper om, och möjligheter till energieffektivisering som finns hos andra aktörer/energispecialister. Å andra sidan verkar de som jobbar med energieffektivisering inte heller helt känna till var inom aluminiumbranschen vinster finns att göra. En sådan aktivitet når längre ut i produktionskedjan och når även de minsta företagen och deras processer.

D. Öka kunskapsinnehåll

”Sälja mindre material – tjäna mera pengar”. Aluminiumindustrins kunder väljer aluminium bl.a. för att det är lätt och starkt. Kan man hjälpa kunderna - t.ex. transportindustrin - att göra ännu lättare komponenter - med mindre material - kan man ofta ta mer betalt för dessa. Detta sparar energi både hos producenter och slutanvändare. Vi bör studera aluminiumprodukters livscyklar närmare.

E. Behov av benchmarking med andra företag och branscher

Kartläggningen visar på skillnader i energianvändning mellan likartade processer. Här kan företagen lära av varandra. Det finns också många andra metall och tillverkningsindustrier där likartade energiförluster

förekommer. Här finns möjligheter både att lära av andra och samarbeta.

F: Behov av information

Bara det faktum att vi bedriver energi-effektivisering i branschen får fler och fler företag att ansluta sig till aktiviteterna – i synnerhet när de utförs på ett effektivt sätt.

Särskilt de mindre företagen behöver kunskapsöverföring inom flera områden.

G: Internationellt samarbete

Stora delar av åtgärderna som behövs är sverigespecifika, medan andra förutsätter samarbete med utländska leverantörer och organisationer t.ex. European Aluminium Association (EAA)

Mycket preliminär projektlista för energieffektivisering av aluminiumproduktion

Minska Förluster

I kartläggningen har vi aktivt undvikit att snegla på lösningar, utan fokuserat på att detaljerat undersöka energianvändning och identifiera och försöka kvantifiera energiförluster. Vi har inte sett någon undersökning som gjort detta tidigare. Ett intressant projekt vore naturligtvis att förutsättningslöst och gemensamt i branschen studera och försöka minska de kartlagda energiläckagen. Här finns stora möjligheter till innovativa lösningar – särskilt om möjlighet ges till samarbete mellan företag, material och energivetare

Benchmarking

Kartläggningen visar stora skillnader i energiåtgång för likartade processer hos olika producenter, vilket antyder att det finns besparingar att göra hos många företag. Den öppenhet och transparens företagen visat under kartläggningen kanske räcker till att effektivisera kollegor i branschen

Uppvärmning och kylning av aluminium

Från bauxit till färdig produkt, värms och kyls metallen ofta upp till 10 gånger. Mestadels görs detta med låg verkningsgrad och utan återvinning. Här finns ett gemensamt branschintresse av att kunna göra detta effektivare. Den metall som gjuts till produkter har ofta smälts flera gånger utan värmeåtervinning.

Bioenergi och Aluminium

Den koldioxid som många aluminiumprocesser genererar härrör främst från kol och gasol. En viktig egenskap hos aluminium är att det är utmärkt att återvinna. Aluminium smälter vid ca 650 grader C – vilket inte är något tekniskt hinder att använda bioenergi i smält – eller värmebehandlingsprocesser. Att det inte görs idag beror nog främst på konventioner, och att många processer är utvecklade i internationella miljöer.

Kolanoder av biomaterial

Den koldioxid som bildas vid primärproduktion av aluminium kommer från kolanoderna som är tillverkade av fossilt kol. Om anoderna skulle produceras av biokol skulle nettoeffekten minskas radikalt. Kryoliten producerar inte koldioxid, men fluorider som är starka växthusgaser, så ekvivalenterna skulle inte bli noll.

Fjärrvärme ur elektrolysugnar

Inget primärsmältverk producerar fjärrvärme av det enorma värmeöver-skottet processen genererar. Hos Kubal finns idéer om att producera fjärrvärme av 40 % av värmeförlusterna från katodlådan. Det skulle ge ca 100 kW/ugn. Med ca 300 ugnar skulle detta generera 260 GWh/år, mer än vad t.ex. Härnösands fjärrvärmeverk producerar. Detta innebär en helt ny teknik med många forskningsbara delar. Ett framgångsrikt projekt skulle också vara tillämpbart i andra aluminiumföretag.

Kvalitetsproblem vid tillverkning värmväxlarband

Kubal producerar valsgöt som Sapa Heat Transfer valsar till tunna värmväxlarband. Som vanligt är legeringen en kompromiss av motstridiga önskemål om egenskaper. Värmväxlarna, som oftast sitter i fordon (typ kylare, värmepaket), skall vara tunna, lätta, starka, korrosionsmotståndiga och vara lämpliga att löda. Det har visat sig att de hittills utvecklade legeringarna, som har de mest gynnsamma användaregenskaperna, är extremt svåra att gjuta utan sprickbildning, med stor kassation som följd. Det har också visat sig att de är svåra att valsa, vilket kräver både mycket energi och ger hög kassation. Detta är ett metallurgiskt projekt med stor potential till energibesparing både i produktionen och vid användandet av färdig produkt.

Optimering av homogenisering

Efter gjutning av pressgöt, som skall gå vidare till profilpressning krävs en värmebehandling, homogenisering, för att omvandlingar och fördelning av legeringselement skall ske på ett sätt som ger en mikrostruktur som underlättar extruderingen. Fokus på utveckling av homogeniseringen har varit på att maximera presshastigheten i efterföljande process. Flera aspekter är inte utredda, som de strukturförändringar som sker i yt-zonen av göten och energimässig optimering av de två stegen tillsammans homogenisering och profilpressning

Ytdefekter i pressgöt

Yt-zonen på pressgöten har en betydligt högre halt legeringselement än götens medelsammansättning. I yt-zonen finns också inslag av oxider och porositet. Det gör att materialet från yt-zonen inte bör komma in i de pressade profilerna. Det är också så att materialet normalt flödar in i pressverktyget från centrum på götet, men efter en viss tids pressning kommer material från ytan också med

och då måste pressningen avslutas och ett nytt göt läggs in. Största förlusten vid pressning kommer från dessa ändbitar som blir spill och går tillbaka till omsmältning. Redan under gjutning uppträder ytdefekter i form av ränder längs göten, och dessa ränder är huvudorsaken till kassation vid gjutning av pressgöt. Förståelse för hur ytzonen bildas under gjutning i olika legeringar är viktig för att minimera problemen och för att förstå hur gjutparametrarna ska ställas in.

Svetsning av pressgjutgods

I Sverige produceras nära 30 000 ton pressgjutgods/år.

Övervägande delen går till fordonsindustrin. Idag kan man inte svetsa pressgjutgods med konventionella metoder. Möjligheter att foga samman skulle kunna ge nya möjligheter och kunna spara material och energi t.ex. genom mindre verktyg, komplexare former och större produkter.

Minimera skrot

Under denna rubrik ryms flera projekt, där syftet är att minska skrotfallet som i vissa processer uppgår till 30 % som skall hanteras, smältas om och värmebehandlas.

Tidig visionsavsyning på runoutbordet vid profilpressning

Om man tidigt kan se om det är något fel på profilen som kommer från pressen, slipper man onödig skrotkörning. Det kan t.ex. vara dimensionsfel, temperatur eller ytfel.

Absolut rena (oxidfria) göt för att slippa s.k. buttändar

Vid profilpressning flyter materialet ut från centrum av pressgötet, defekter uppstår när ytan på götet pressas, därför stoppar man innan hela götet pressats, och man får en skrotbit.

Magnetfältsuppvärmning av göt är ett uppslag att effektivisera värmningen av pressgöt.

Utveckla sträckprocessen för att minska sträckändarna (skrotet)

Här har vi inget förslag hur detta skall gå till, men skrotfallet är uppåt 10 %. Det är viktigt att minimera.

Vätgas

Återvinn energin ur vätgasen som avgår vid anodisering.

Anodisering kontra pulverlack

Det råder olika åsikter vilket som är energieffektivast.

Eftertätning

Ta tillvara värmen som går ut via ventilationen från eftertättningsbadet genom ex kondensering.

LNG

Utvärdera att konvertera användandet av olja/Gasol till flytande naturgas (LNG)

Återvinning smältmetod

Utveckla smältmetod. Effektivitet och bränslen. Minska salthalter.

Legeringsutveckling

Idag går i princip allt gammalt (post consumer) skrotaluminium till gjutlegeringar. Det innebär stor miljö och energivinst att även kunna ersätta primärlegeringar med sekundäraluminium.

”Termosar” för att leverera flytande sekundäraluminium

Utveckla tekniken med förvärmning och varmhållning

Skim (slag med hög aluminiumhalt)

Rensning av skim medför högre aluminiumhalt och mindre mängd behöver värmas upp vid omsmältning

Återvinning

Återvinning av värme och aluminium ur saltslagg.

Internt transporter

Optimera och minimera transporter.

Doktorander

Sveriges enda forskarutbildning inom aluminiumområdet bedrivs vid Mittuniversitetet av Torbjörn Carlberg. En så viktig bransch borde ha större FoU än så. Det vore därför bra om en fortsättning på Genial kunde vara så pass omfattande och långsiktig att den kunde (tillsammans med andra projekt) försörja ett par doktorander.

Aluminium och Ekodesign

Svenskt Aluminium driver ett projekt finansierat av bl.a. Nordiska Rådet. Projektet går ut på ett samarbete med isländska designer och svensk tillverkningsindustri vidareförädla aluminium från den isländska industrin som uteslutande producerar råaluminium. Den isländska metallen har sin upprinnelse i Islands överskott av förhållandevis ren och billig energi.

”Grönt aluminium”

Svensk aluminiumindustri (nedströms Kubal) importerar stora mängder aluminium. Se fig 3.. Miljöbelastningen för detta aluminium beror i hög grad på hur det är framställt. Allt fler aluminiumkunder efterfrågar ”Grönt Aluminium” (Vad det nu är?). En typ av ursprungsmärkning/deklaration skulle kunna finnas i framtiden.

REFERENSER

1. U.S. Energy Requirements for Aluminium Production Historical Perspective, Theoretical Limits and Current Practices.
2. SEEP – Energy Efficiency Guideline Aluminium
3. Metalproduction
Morten Simonsen Vestlandsforskning 2009
4. Waste Heat Recovery Technology and Opportunities in U.S. Industry. U.S. Department of Energy.
5. Sustainability of the European Aluminium Industry EAA 2010
6. Results of the 2011 Anode Effect Survey
Report on the Aluminium Industry's Global Perfluorocarbon Gases Emissions Reduction Programme
International Aluminium Institute
7. Improving Process Heating System Performance.
IHEA Industrial Heating Equipment Association US Department of Energy
8. An Overview of Opportunities for Waste Heat Recovery and Thermal Integration in the Primary Aluminium Industry.
Cassandra Nowicki and Louis Goselin JOM aug 2012
9. Plant-Wide Energy Assessment Finds Potential Savings at Aluminum Extrusion Facility (Alcoa)
Industrial Technologies Program of the US Department of Energy 2008
10. The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals and the Dutch Expert Committee on Occupational Safety
145. Aluminium and aluminium compounds Arbeta och Hälsa nr 2011;45(7)
11. Greenhouse Gas Emission Assessment of Bio-coke from Wood.....
Newshad Haque and Malisja de Vries High Temperature Processing Symposium 2012.
12. GHG emission reduction due to supply of molten metal instead of ingots for aluminium castings UNFCCC DM III. BD.
13. Värmeåtervinning från svalnande gjutgods, Emma Svensson.
Swerea/Swecast 2011
14. Metalcasting Industry, Energy Best Practice, State of Wisconsin 2006
Melting Efficiency – F2A. Charge preparation, energy management and metalreduction.
16. Aluminium Recycling in Europe. EAA, OEA (Organisation of European Aluminium Refiners and Remelters)
17. Conserving our metal energy. Well Met 2050
Allwood JM, Cooper DR M.fl. University of Cambridge 2010.
18. OECD Global Forum on Environment Focusing on Sustainable Materials Management
25-27 October 2010, Mechelen, Belgium Aluminium
19. Waste Heat Recovery from Metal Industries
Lifeng Zhang Univ of Beijing JOM 2012.

SVENSKT ALUMINIUM

Svenskt Aluminium

Romfartuna Nortuna

725 94 Västerås

Telefon: 010-207 91 10

E-post: info@svensktaluminium.se