
Rapport SGC 010

**KONVERTERING AV ALUMINIUM-
SMÄLTUGNAR**
Förstudie

Ola Hall, Charlotte Rehn
Sydkraft Konsult AB

Augusti 1991



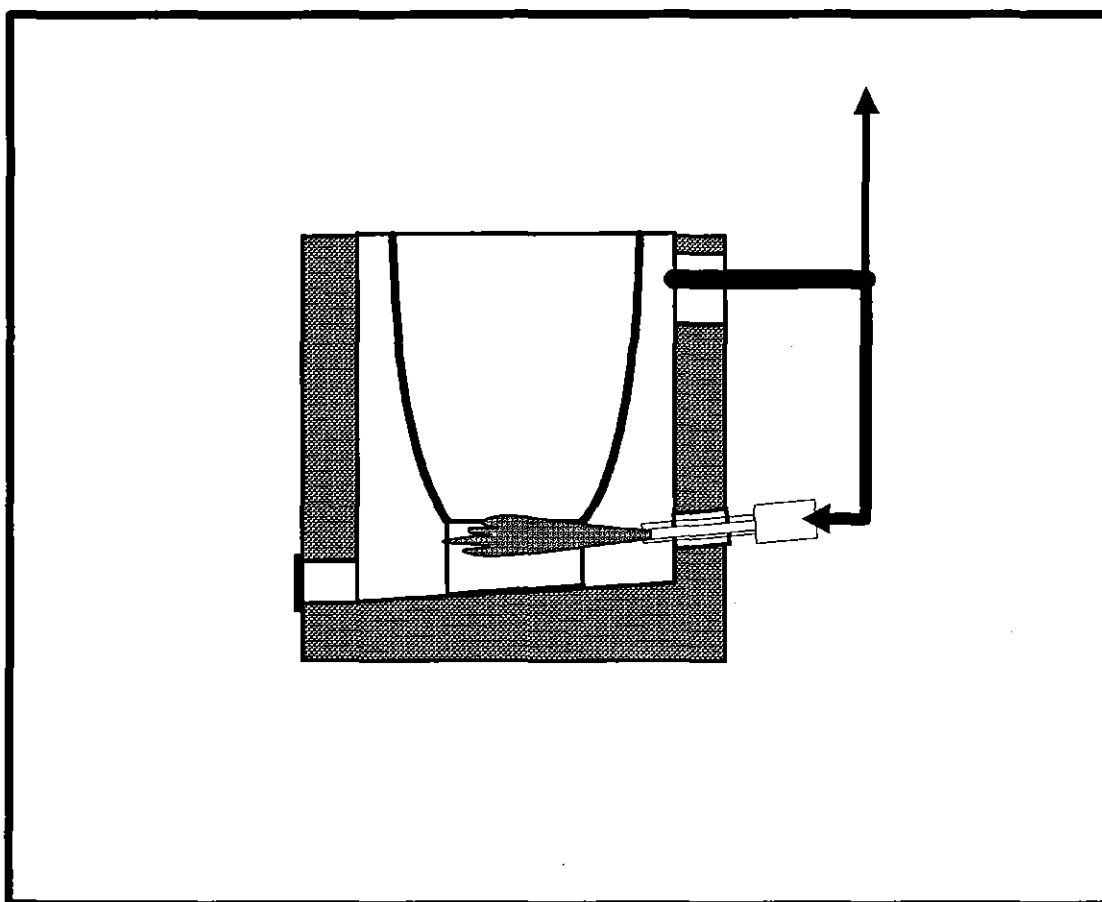
Rapport SGC 010

**KONVERTERING AV ALUMINIUM-
SMÄLTUGNAR
Förstudie**

**Ola Hall, Charlotte Rehn
Sydkraft Konsult AB**

Augusti 1991

KONVERTERING AV ALUMINIUMSMÄLTUGNAR FÖRSTUDIE



GASTEKNIK - UTVECKLING

Malmö 91-08-30

Ola Hall Charlotte Rehn

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

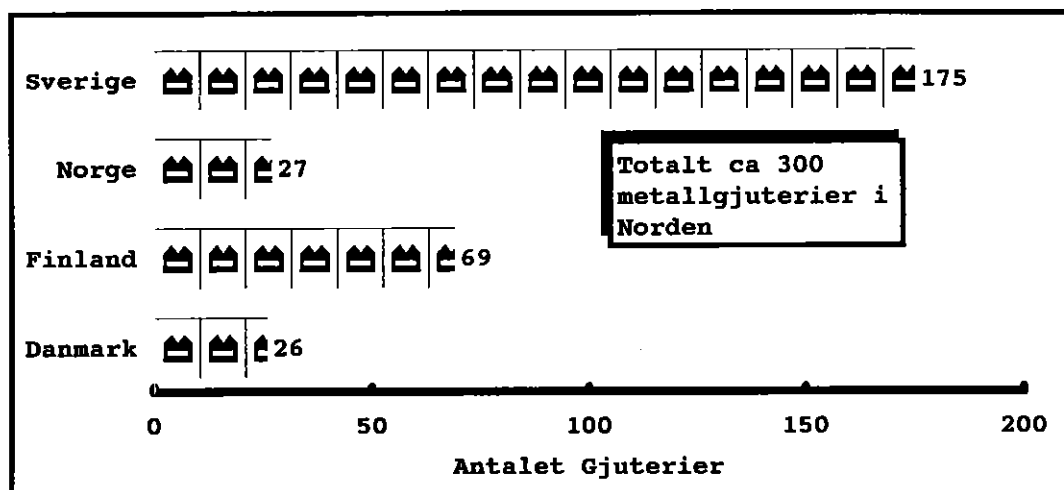
0	SAMMANFATTNING
1	INLEDNING
1.1	Bakgrund
1.2	Syfte
1.3	Avgränsningar
2	MARKNADSPOTENTIAL
2.1	Inledning
2.2	Företagens struktur
2.3	Geografisk utbredning
2.4	Produktion
2.5	Energianvändning
2.6	Utvecklingstendenser
2.7	Slutsatser
3	TEKNISKA LÖSNINGAR FÖR DEGELSMÄLTUGNAR
3.1	Smälttemperatur och teoretiskt energibehov för några olika metaller.
3.2	Energianvändningen i en degelsmältugn
3.3	Gasvärmd ugn med regenerativ återvinning
3.4	Gasvärmd ugn med rekuperativ återvinning
3.5	Miljöpåverkan
4	EKONOMISKA JÄMFÖRELSE
4.1	Kostnadsjämförelse mellan gasvärmda degelsmältugnar med och utan rekuperativ återvinning.
4.2	Kostnadsjämförelse mellan gasvärmda degelsmältugnar med och utan regenerativ återvinning
4.3	Kostnadsjämförelser mellan el- och gasvärmda rekuperativa degelsmältugnar.
5	VÄRNAMO-ANLÄGGNINGEN
5.1	Inledning och bakgrund
5.2	Beskrivning av befintlig utrustning
5.3	Nuvarande energianvändning
5.4	Investeringskalkyl för utbyte av en befintlig gasvärmd ugn mot en ny ugn med rekuperator.
5.4	Förslag till åtgärd
6	FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER I VÄRNAMOANLÄGGNINGEN
6.1	Utbyte av degelugn
6.2	Mätprogram
7	REFERENSER
8	APPENDIX
	Kontaktade leverantörer

0 SAMMANFATTNING

Denna studie har utförts på uppdrag av Svenskt Gastekniskt Center, SGC och Nordisk Gasteknisk Center, NGC.

Syftet med studien är att bedöma olika tekniker för värmeåtervinning i avgaserna från degelsmältugnar i metallgjuterier dvs icke järn- och stålgjuterier. Rapporten ska dessutom ge underlag för införande av värmeåtervinning i en befintlig degelugn på Värnamo Pressgjuteri, vilka idag har fyra gasolvärmda degelsmältugnar för aluminium.

I Norden finns totalt ca 300 metallgjuterier. Dessa är uppdelade på de nordiska länderna enligt figur 0.1.



Figur 0.1 Antal metallgjuterier i Norden

Bland de legeringar som gjuts dominerar aluminiumlegeringar. I Sverige utgör dessa ca 70 % av produktionen och har en växande andel. Den dominerande gjutmetoden är pressgjutning.

Användningen av degelugnar är utbredd. I Sverige uppskattas antalet degelugnar till mellan 400 och 500 st. De flesta av dessa är elvärmda.

Energianvändningen för metallgjuterier i Norden uppskattas till drygt 500 GWh/år. Energianvändningen i Sverige uppgick 1988 till 190 GWh varav 110 GWh el. Av dessa bedöms användning till smältning och varmhållning, dvs icke elspecifika ändamål, uppgå till 75 % av den totala energianvändningen. En maximal gaspotential för Norden uppskattas till knappt 400 GWh/år och för Sverige till ca 140 GWh/år.

Smältning av aluminium görs vid en temperatur av drygt 700 °C. Avgastemperaturen från en gasvärmd

degelugn varierar mellan 700 och 1100 °C. Detta ger avgasförluster på ca 50 %. Genom att förvärma förbränningsluft m h a avgaser kan dessa förluster minskas. Totalt sett bedöms en ny degelugn med rekuperativ värmeåtervinning och två-stegs brännare ge en bränslebesparing på ca 30 % gentemot ugnar med en-stegs kallluftbrännare.

Smältprocessen är energikrävande men framförallt effektkrävande. Vid en jämförelse av de totala kostnaderna för kapital, drift och underhåll har en gasvärmd ugn med rekuperator den lägsta årskostnaden. Lönsamhet finns upp till ett gaspris av 38 öre/kWh inkl energiskatt.

Vid gasvärmning finns dessutom möjligheter till värmeåtervinning för lokaluppvärmning vilket ytterligare kan förbättra kalkylen.

Ugnens utnyttjningstid har stor betydelse för den specifika energianvändningen per kg smält aluminium. För att utnyttja gasens egenskaper, att ge hög effekt till måttlig kostnad, ska därför ugnar med höga krav på kapacitet och stor produktion i första hand väljas för gasdrift.

Gasvärmda degelsmältugnar med rekuperativ avgasåtervinning finns i Tyskland m fl länder. Vid Värnamo Pressgjuteri kan en demonstrationsanläggning med denna teknik erhållas genom att en befintlig gasvärmd ugn byts ut mot en ny ugn med återvinning. Genom mätningar kan ett bra underlag erhållas för kalkyler för andra gjuterier. Företaget ligger i ett område med många mindre metallgjuterier.

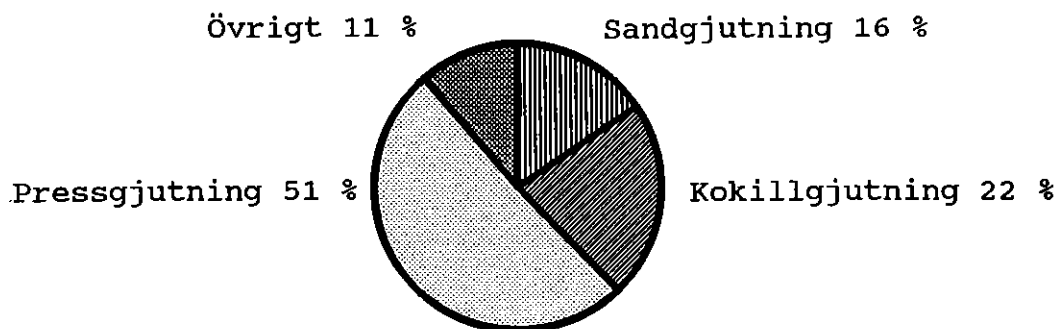
Mot bakgrund av en förväntad ökning på kostnaden för el framförallt för effektaavgiften, är det viktigt att få ett alternativ till elvärmning inom en konkurrensutsatt bransch som metallindustrin.

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Denna studie utförs på uppdrag av Svenskt Gasteknisk Center, SGC och Nordiskt Gasteknisk Center NGC.

Metallgjuterierna i Norden använder uppskattningsvis 500 GWh energi per år. I Sverige var användningen under 1988, 190 GWh, varav 110 GWh utgjordes av el och resten bränsle. Antalet installerade degelsmältugnar totalt i Sverige är ca 500. Den smälta metallen gjuts i flera olika typer av formar och med olika metoder varav den vanligaste typen är pressgjutning. Figur 1.1 visar fördelningen av olika typer av gjutning i Sverige 1985 <1>.



Figur 1.1 Olika typer av gjutning inom metallindustrin i Sverige 1985

Aluminiumlegeringar är dominerande för de gjutgods som produceras. För smältning användes idag både el och bränsle. Den höga smälttemperaturen, ca 700 ° C för aluminium, ger höga avgastemperaturer för bränslevärmda ugnar. Användningen av naturgas eller gasol som bränsle ger dock möjlighet till återvinning av energin i avgaserna genom förvärmning av förbränningsluften till brännaren. Därigenom kan energianvändningen för gasvärmda ugnar reduceras och konkurrenskraften gentemot el förbättras.

Framöver väntas kostnaderna för eluppvärmning öka främst beroende på högre effektagift. Det är därför viktigt att få fram ett bra alternativ till denna uppvärmningsform.

Som första gjuteri i Sverige har Värnamo Pressgjuteri gått över till gasol i fyra st degelsmältugnar för aluminium. Dessa saknar emellertid avgasåtervinning och har därför en relativt hög gasförbrukning. I studien undersöks möjligheten att konvertera en av dessa till en ugn med avgasåtervinning. Gasvärmda ugnar med rekuperator används i Tyskland m fl länder men någon referensanläggning finns inte i Sverige. Kontakt har tagits med tänkbara leverantörer vilka finns redovisade i appendix.

1.2 Syfte

Syftet med studien är att bedöma olika tekniker för avgasåtervinning för gasvärmda degelsmältugnar i metallindustrin, samt att ge underlag för införande av värmeåtervinning i en aluminiumsmältugn vid Värnamo Pressgjuteri.

1.3 Avgränsningar

Denna studie behandlar degelsmältugnar i metallgjuterier dvs gjuterier som inte gjuter järn- och stålgoods.

2 MARKNADSPOTENTIAL

2.1 Inledning

Följande sammanställning har i första hand koncentrerats på den svenska marknaden beroende på den begränsade tillgången av material för övriga nordiska länder. Uppgifter om företagen såsom antal anställda, geografisk placering, produktion samt energianvändning redovisas i möjligaste mån. Vidare behandlas utvecklingen inom metallgjuteribranschen.

2.2 Företagens struktur

Gjuteriindustrin fungerar som underleverantörer huvudsakligen till verkstadsindustrin. De nära relationerna mellan gjuteri- och verkstadsindustrin framgår av att allt flera större svenska gjuterier ägs av verkstadsföretag. Dessa gjuteriers huvuduppgift är att säkra leveranserna till den egna koncernen. Detta hindrar dem dock inte från att sälja delar av sin produktion på den öppna marknaden. Det största antalet svenska gjuterier är emellertid fristående företag som har stor betydelse särskilt för gjutgodsförsörjningen till mindre och medelstora verkstäder <2>.

Det totala antalet metallgjuterier har minskat under de senaste tjugo åren. 1974 fanns i Sverige ca 250 metallgjuterier, 1980 ca 200 och 1987 hade antalet sjunkit till 175 stycken. Av dessa hade ca 90 st mindre än fem anställda. Dessa svarade 1987 för drygt 6 % av den totala produktionen och sysselsatte 170 personer.

Antalet årsanställda vid metallgjuterier med fem eller fler anställda uppgick 1987 till ca 2.300 arbetare och 350 tjänstemän. Tabell 2.1 visar att antalet anställda vid metallgjuterierna inte förändrats särskilt mycket under de senaste åren. Från 1980 till 1987 har antalet ökat med någon procent.

Gjuterier med färre än fem årsanställda ingår ej i tabellmaterialet i denna rapport.

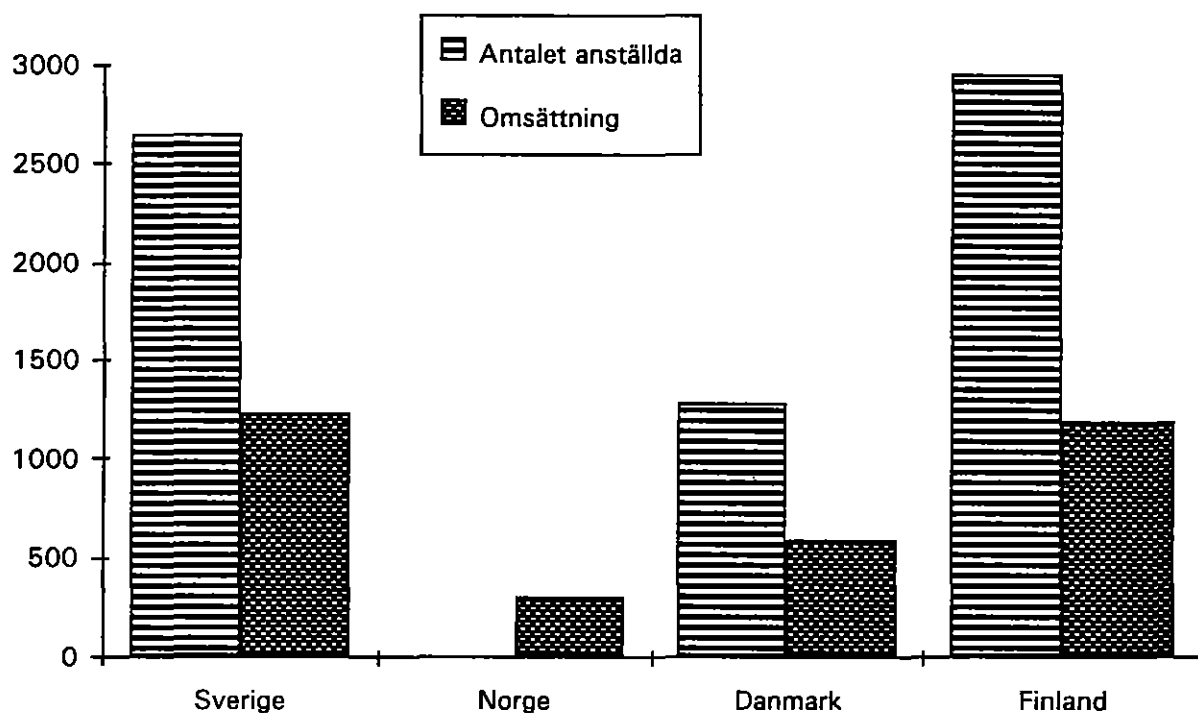
Tabell 2.1 Antal årsanställda vid svenska metallgjutierier som sysselsätter fler än fem personer <2>

Kategori	1974	1980	1987
Gjuteriarbetare	2 490	1 790	1 810
Modellarbetare	} 230	45	40
Verktogsarbetare		145	120
Övriga arbetare	220	310	340
Summa arbetare	2 940	2 290	2 310
Teknisk personal	250	185	220
Administrativ personal	200	140	110
Försäljningspersonal	20	15	25
Summa tjänstemän	470	340	355
Totalt antal anställda	3 410	2 630	2 665

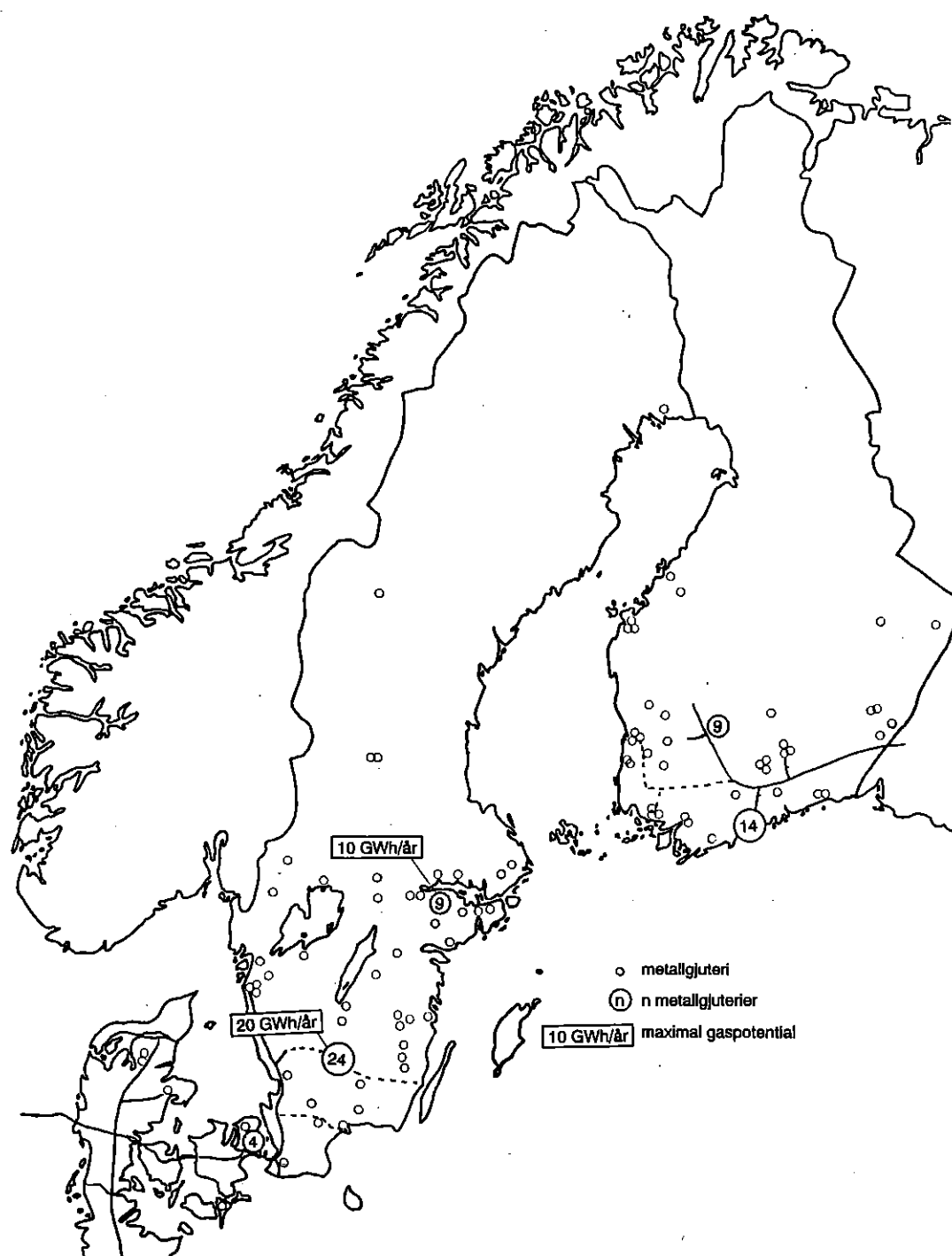
Statistik från Danmark, Finland och Norge ger upplysningar om antal metallgjuterier, anställda och omsättning. Enligt dansk statistik finns det 26 metallgjuterier i Danmark <3>. Totalt har dessa gjuterier en personalstyrka på 1.282 personer. I Norge återfinns 27 metallgjuterier varav de allra flesta sysselsätter mindre än tio personer <4>. Enligt finska uppgifter <5> uppgår antalet metallgjuterier till 69 med totalt 2.945 anställda. Antal anställda och metallgjuteriernas totala omsättning för respektive land visas i figur 2.1.

2.3 Geografisk utbredning

Den svenska metallgjuteriindustrin är huvudsakligen lokaliserad till syd- och mellansverige med en koncentration till Mälardalen och Småland <6>. De danska metallgjuterierna återfinns till stora delar kring Köpenhamn <7>. I Finland har en koncentration skett kring Helsingfors och Tammerfors <8>. För övriga nordiska länder saknas uppgifter om geografisk utbredning. Figur 2.2 visar i stort metallgjuteriernas placering i Finland, Sverige och Danmark.



Figur 2.1 Antal anställda och total omsättning för metallgjuteriindustrin i Norden. Uppgifter om totala antalet anställda i Norge saknas



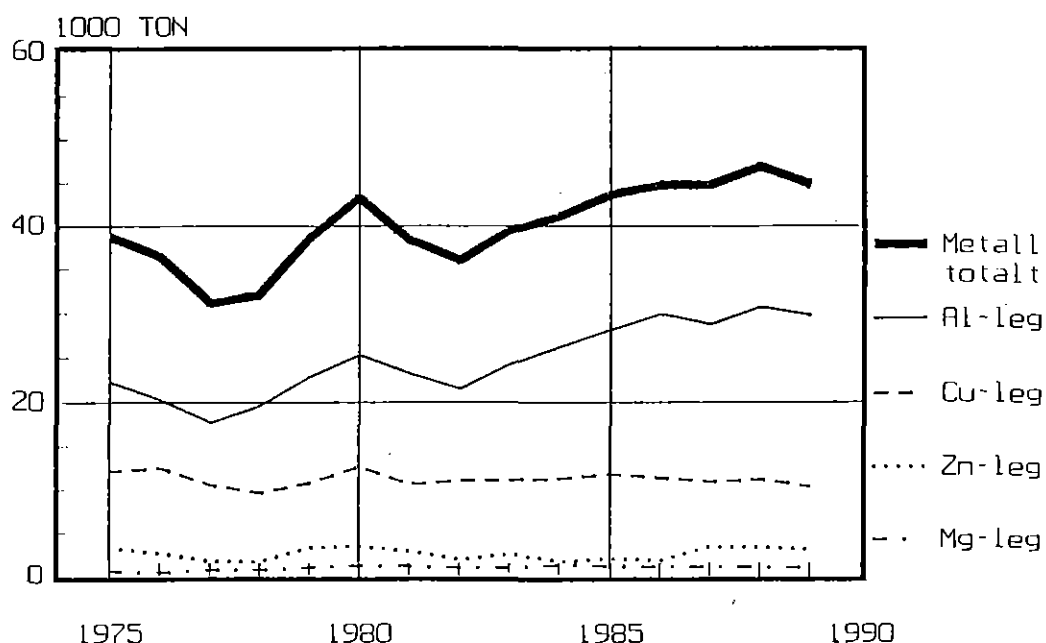
Figur 2.2 Översiktlig bild över metallgjuteriernas utbredning i Finland, Sverige och Danmark

2.4 Produktion

De svenska metallgjuterierna tillverkade år 1987 45.000 ton gjutgods av aluminium-, koppar-, magnesium- och zinklegeringar. Produktionsvärdet uppgick till 1.535 MSEK. Andelen salufört gods utgjorde ungefär 30.000 ton till ett värde av drygt en miljard kr <2>.

30.300 ton av den totala gjutgodsproduktionen 1987 bestod av lättmetall, det vill säga aluminium- och magnesiumlegeringar. Resterande del 14.700 ton av produktionen utgjordes av gjutgods i tungmetall (koppar- och zinklegeringar).

Produktionen av metallgjutgods har ökat successivt sedan slutet av 1970-talet. I figur 2.3 visas den svenska metallgjutgodsproduktionen dels totalt, dels fördelad på aluminium-, koppar-, magnesium- och zinklegeringar under åren 1975 - 1989. Här syns tydligt att det är huvudsakligen aluminiumgjutgodset som ökat, medan produktionen av övriga metalllegeringar har varit i det närmast konstant under den aktuella perioden.



Figur 2.3 Produktion av metallgjutgods i Sverige 1975--89 <2>

Antalet metallgjuterier med en viss årsproduktion samt deras produktionsandel under åren 1974, 1980 och 1987 framgår av tabell 2.2.

Det är i första hand de mindre gjuterierna som minskat både i antal och produktionsandel <2>.

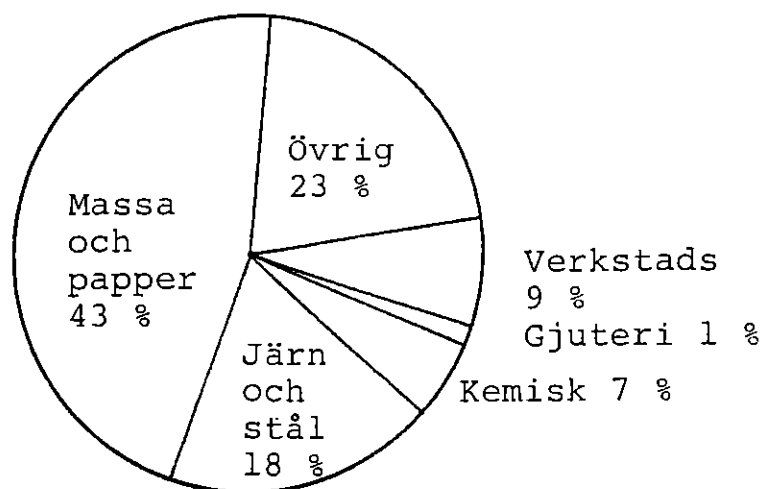
Tabell 2.2 Antal metallgjuterier med en viss årsproduktion och deras produktionsandel <2>

Produktion ton	1974		1980		1987	
	Antal gjute- rier	Produk- tions- andel % vikt	Antal gjute- rier	Produk- tions- andel % vikt	Antal gjute- rier	Produk- tions- andel % vikt
<500	84	32	72	30	62	27
500 - 2 999	20	50	18	43	19	45
3 000 - 9 999	2	18	3	27	3	28
Summa	106	100	93	100	84	100
Summa produktion 1 000 ton		48		41		42

2.5 Energianvändning

Svensk industris totala energianvändning uppgick 1985 till 141 TWh. Hela gjuteriindustrin, det vill säga järn-, stål- och metallgjuterier svarade för knappt 1% av den totala energianvändningen <9>, se figur 2.4. Enbart metallgjuterierna använde drygt 190 GWh energi 1988 varav elförbrukningen utgjorde 110 TWh <10>.

Andelen olja har stadigt minskat och andelen el ökat under senare år, se tabell 2.3. Övergången från olja till el har även medfört stora energibesparingar <9>.



Figur 2.4 Enskilda branschers andel av industrins totala energianvändning 1985 <9>

Tabell 2.3 Energianvändning i % vid metallgjuterier för åren 1972, 1982, 1985 <9>

Energi- slag	Metallgjuterier			Metall- gj. Prognos 1990
	1972	1982	1985	
El	21	45	51	55
Olja	72	44	38	30
Kol/koks	1	-	-	-
Gasol	5	9	10	10
Fjärrvärme	-	1	1	<3
Fasta bränslen	1	1	-	<2

Den ökande elanvändningen beror på kvalitetshöjande produktionsförändringar och förhöjd automatiserings- och förädlingsgrad i branschen. Bränsleanvändningen är dock fortfarande betydande och skillnaderna i energianvändning beror i huvudsak på automatiseringsgrad och vilken typ av ugn som används. I tabell 2.4 redovisas energi- och elanvändning för olika processteg. Som synes åtgår det mest energi för smältning och varmhållning av gods. Smältning av metaller görs i olika typer av ugnar. Antalet degelugnar i Sverige uppskattas till mellan 400 och 500. Flertalet av

dessa använder el för uppvärmning <11>.

Tabell 2.4 El- och energianvändning inom metallgjuterier fördelat på olika processteg (skattade värden) <9>

Process	Energianvändning (inklusive elenergi)	Elanvändning
Smältning, varmhållning	75	65
Formning, avgjutning	5	7
Rensning	1	4
Yt- och värmebehandling	1	2
VVS och belysning	15	15
Övrigt	3	7
Totalt	100%	100%

Energikostnadens andel av saluvärdet beräknas uppgå till ungefär 5% och elkostnadens andel till 2% för metallgjuterier. Vidare kännetecknas branschen av en relativt hög elpriskänslighet där eventuella höjningar av elpriset ej kan kompenseras genom höjning av produktpriset. Kompensationen måste ske genom effektivisering av företaget och sänkning av övriga produktionskostnader. Den låga vinsten i förhållande till förädlingsvärdet ger liten drivkraft till utveckling och gjuterierna blir sårbara för kostnadsökningar <9>.

I tabell 2.5 ges en sammanställning av metallgjuterier i Sverige, med mer än fem anställda uppdelade på regioner <2>. För varje företag redovisas vilket energislag som används till smältugnen, produktionskapacitet samt uppskattad energianvändning. Den genomsnittliga produktionskapaciteten för metallgjuteribranschen är 570 ton per företag och år. Energianvändningen uppgår i medeltal till 2.430 MWh per företag och år.

Av de ca 80 företag som ingår i sammanställningen använde sig knappt en fjärdedel av enbart el till smältugnarna. För två företag saknas uppgifter. I övriga metallgjuterier förekommer både el- och bränsledrivna smältugnar.

Tabell 2.5 Metallgjuterier i Sverige uppdelade i regioner <2>

Gjuterier, > 5 anställda	Energislag E = el, B = olja/gas	Produktions- kapacitet ton/år	Energi- användning MWh/år
Region Sydkraft			
Alunova Metallgjuteri, Svängsta	E, B	20	85
Blomstermåla Metallgjuteri AB, Blomstermåla	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Broby - Glimåkra Valves AB, Glimåkra	E, B	600	2 560
AB Bröderna Hammarströms Gjuteri, Klavrestrom	E, B	< 500	1 070 (snitt)
AB Bröderna Sandbergs Metallgjuteri, Reftele	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Calmeks Metall - & Konstgjuteri AB, Svedala	E	< 500	1 070 (snitt)
Ekbergs Metallgjuteri AB, Reftele	E, B	50	210
AB Electrolux, Gjuteriet i Ankarsrum, Västervik	E	1 800	7 680
Gjutal AB, Sölvesborg	E	1 000	4 270
Gjuteribolaget AB, Bredaryd	E	< 500	1 070 (snitt)
Hultsfred Pressgjuteri AB, Hultsfred	E	1 000	4 270
Klavrestroms Mekaniska AB, Klavrestrom	E	< 500	1 070 (snitt)
AB Lammhults Metallgjuteri, Lammhult	E	< 500	1 070 (snitt)
Ljuders Nickelsilfverfabrik, Hovmantorp	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Ljunghäll AB, Södra Vi	E	3 500	14 930
Lundbergs Pressgjuteri, Vrigstad	E, B	< 300	< 2 130
AB Mönsterås - Metall, Fliseryd	Uppgift saknas	600	2 560
AB Mönsterås - Metall, Mönsterås	E	600	2 560
AB Nya Metallgjuteriet, Halmstad	Uppgift saknas	< 500	1 070 (snitt)
AB Reftele Metallfabrik, Reftele	E, B	300	1 280
Svensk Tryckgjutning AB, Vimmerby	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Torps Metallgjuteri AB, Torpsbruk	E, B	< 500	1 070 (snitt)
AB Traryds Metallgjuteri, Strömsnäsbruk	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Unnaryds Metallgjuteri AB, Unnaryd	E, B	< 500	1 070 (snitt)
VÅ-Pressgjuteri AB, Bredaryd	E, B	650	2 770
Värnamo Aluminiumgjuteri AB, Värnamo	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Värnamo Pressgjuteri AB Värnamo	E	< 500	1 070 (snitt)
Åg-Es Metallgjuteri AB, Unnaryd	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Region Vattenfall Västsverige			
Britanniafabriks AB, Lerum	E, B	100	430
Byarums Bruk AB, Vaggeryd	E	< 500	1 070 (snitt)
Cedervall & Söner AB, Angered	E, B	100	430
Electrolux Motor AB, Huskvarna	E	2 000	8 530
Ezze AB, Gnosjö	E	< 500	1 070 (snitt)
AB Fixfabriken, Göteborg	E, B	400	1 710 (snitt)
Gårö Elektriska AB, Gnosjö	E	< 500	1 070 (snitt)
Halla - Bergvalla i Gnosjö AB, Gnosjö	E, B	< 500	1 070 (snitt)
AB Holmgrens Armaturfabrik, Gnosjö	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Melins Metall AB, Anderstorp	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Metallfabriken EVO AB, Gnosjö	E, B	< 500	1 070 (snitt)
AB Metallteknik, Hillerstorp	E, B	< 500	1 070 (snitt)

Gjuterier, > 5 anställda	Energislag E = el, B = olja/gas	Produktions- kapacitet ton/år	Energi- användning MWh/år
Region Vattenfall Västsverige fortsättning			
AB J Nyströms Metallfabrik, Gnosjö	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Rani Metall AB, Borås	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Sibes Metall AB, Hillerstorp	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Skoglunds Metallgjuteri, Anderstorp	E	< 500	1 070 (snitt)
Suncab, Lidköping	E, B	400	1 710
Tenhults Pressgjuteri AB, Tenhult	E	200	850
Tour & Andersson AB, Ljung	E, B	3 200	13 650
Värgårda Armatyr AB, Värgårda	E	1 000	4 270
Region Vattenfall Östsverige			
AB Elmo, Flen	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Fundo Aluminium AB, Charlottenberg	E, B	5 000	21 330
Johnson Metall AB, Örebro	E, B	4 000	17 060
Karlstads Pressgjuteri AB, Karlstad	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Nyskogens Metallgjuteri, Storå	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Nyströms Metallgjuteri AB, Ljungsbro	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Näfveqvarns Bruk AB, Näveqvarn	E, B	1 000	4 270
Årjäng Gjuteri AB, Årjäng	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Öringe Metallgjuteri, Mjölby	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Region Vattenfall Mellansverige			
ABB Motors AB, Västerås	E	< 500	1 070 (snitt)
AGE-Metall AB, Eskilstuna	E, B	< 500	1 070 (snitt)
BCA Gjuteri & Verkstad AB, Eskilstuna	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Cawe Metall AB, Eskilstuna	E, B	< 500	1 070 (snitt)
AB EBÖ Tors Hammare, Eskilstuna	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Frid-Metall AB, Arboga	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Lättmetallverket i Norrtälje AB, Norrtälje	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Malmströms Kokillgjuteri AB, Torshälla	E, B	< 500	1 070 (snitt)
F M Mattsson AB, Mora	E, B	400	1 710 (snitt)
Mora Armatyr AB, Mora	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Nyzells Metallgjuteri AB, Eskilstuna	E	< 500	1 070 (snitt)
AB Sedenborgs Metallgjuteri AB, Kviksund	E, B	< 500	1 070 (snitt)
AB Solna Pressgjuteri, Upplands- Väsby	E, B	1 000	4 270
AB Strängnäs Aluminiumgjuteri, Strängnäs	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Sörberg Produktion AB, Kungsör	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Varnäsföretagen AB, Bröderna Söderberg, Eskilstuna	E, B	1 500	6 400
Varnäsföretagen AB, Kolbäck Metall, Kolbäck	E, B	1 500	6 400
Weda Cast AB, Södertälje	E, B	< 500	1 070 (snitt)
AB Westermalms Metallgjuteri, Norsborg	E, B	< 500	1 070 (snitt)
AB Öhlander & Westberg Metallgjuteri, Eskilstuna	E, B	< 500	1 070 (snitt)
Norrland			
Hackås Precisionsgjuteri AB, Hackås	E	< 500	1 070 (snitt)
Mekinor Metall AB, Kalix	E	< 500	1 070 (snitt)

2.6 Utvecklingstendenser

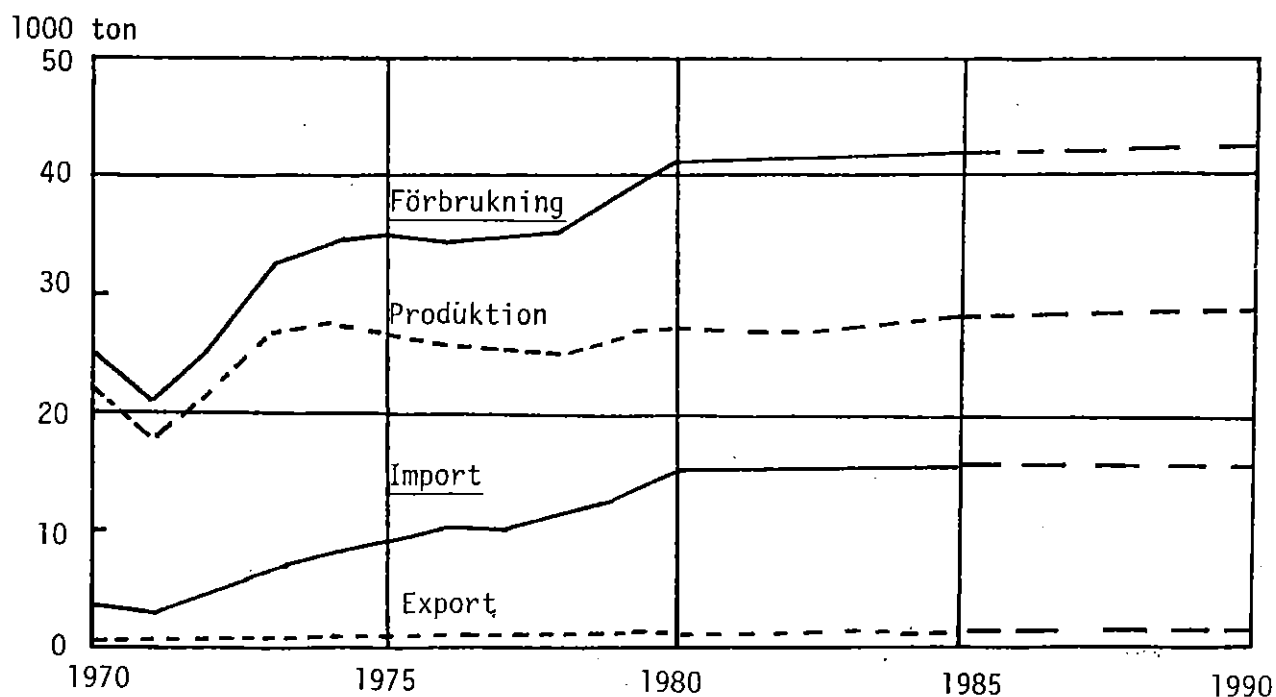
Antalet gjuterier har under en längre tid minskat, inte bara i Sverige utan även i de flesta västliga industriländer. Bakgrunden här till är den globala lågkonjunktur som framkallades av bland annat 1970-talets oljekriser. Därmed sjönk investeringar i nya industri anläggningar kraftigt, samtidigt som bilproduktionen gick tillbaka. Därmed minskade även behovet av gjutgods. Tillgänglig statistik tyder dock på att takten i minskningen har varit högre i Sverige än på flera andra håll. Flera interngjuterier inom större industriföretag har lagts ned. Samtidigt har nyetableringarna varit få. Efterfrågan på svenskt gjutgods stabiliserades dock relativt tidigt under 1980-talet. Förklaringen till detta är bland annat det förbättrade konkurrensläget som svenska gjuterier uppnådde genom devalveringen 1982.

Ägarstrukturen har under senare år i viss mån utvecklats mot flera grupp- och koncernbildningar, men måste fortfarande karaktäriseras som relativt heterogen. Antalet medelstora och små företag är stort <1,8>.

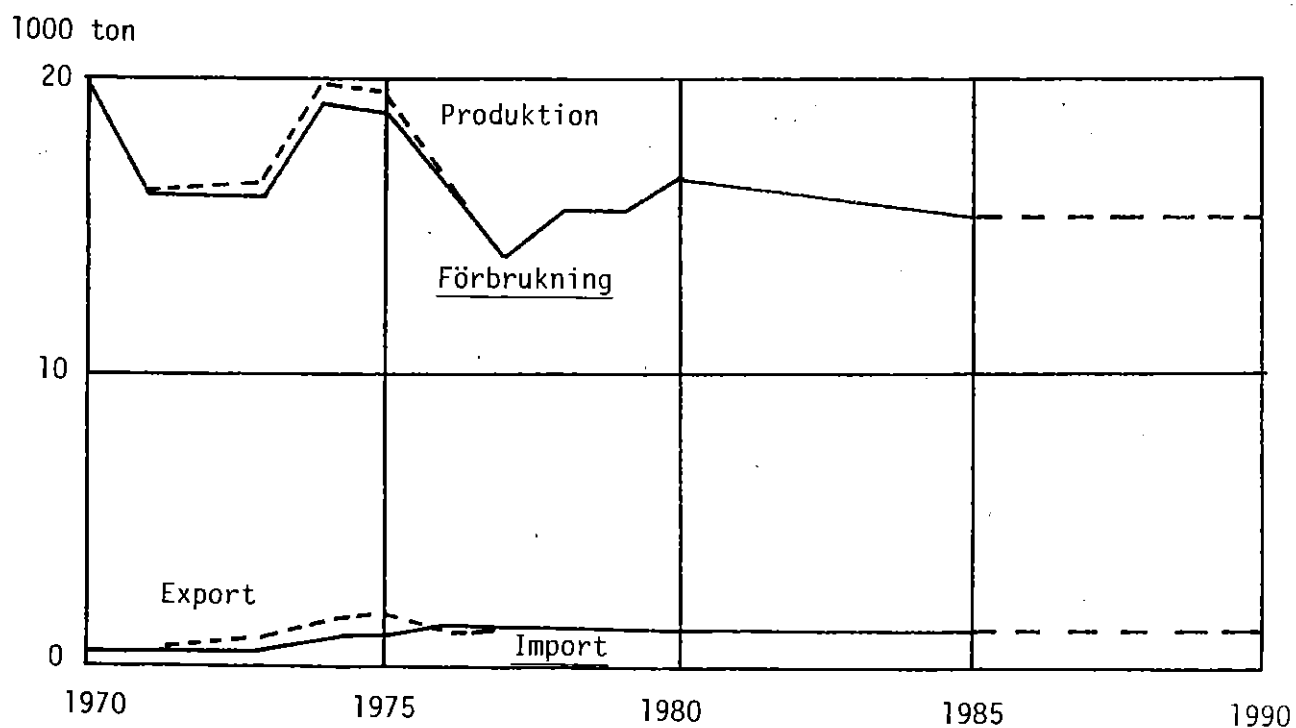
Konkurrensen med andra tillverkningsmetoder och alternativa material är ständigt intensiv. Samtidigt råder en stark tendens till övergång från tunga konstruktioner till lättare, vilket gynnar bland annat gjutgods i aluminium. I konkurrensen gentemot exempelvis svetsning och smide gynnas gjutning av verkstadsindustrins strävan att reducera materialflödet genom att minska antalet komponenter i produkterna. Allmänt sett kommer gjutningen att försvara sin ställning som en av de viktigaste metoderna för att framställa produktkomponenter <6>.

I figur 2.5 visas förbrukningen av metallgjutgods i Sverige från 1970 - 1990. Som synes har förbrukningen av gjutgods i lättmetall ökat med 65 % sedan 1970. Den inhemska produktionen har ökat något men inte i takt med förbrukningsutvecklingen. Den ökade förbrukningen har täckts genom import. Exporten av gjutgods är i stort sett obetydlig. Produktionen av framför allt pressgjutna produkter bedöms öka något de närmaste åren <9>.

Tungmetaller visar i genomsnitt en mer statisk utveckling, se figur 2.5. Den svenska produktionen täcker i stort sett inhemsk efterfrågan och de relativt låga export- och importsiffrorna balanserar varandra tonnagemässigt. Produktionen bedöms ligga på samma nivå några år framåt <9>.



Figur 2.5 Förbrukning, produktion, import och export av lätmetallgjutgods <9>



Figur 2.6 Förbrukning, produktion, import och export av tungmetallgjutgods <9>

Sveriges stora importberoende beträffande gjutgods är unikt i Europa och sannolikt även i hela den industrialiserade världen. Samtidigt är vår direktexport lägre än från något annat jämförbart land i Väst-europa <2>.

2.7 Slutsatser

Den växande elanvändningen inom branschen, den låga vinstmarginalen samt de begränsade möjligheterna till kostnadsbesparingar medför att metallgjuteribranschen är relativt känslig för höga elpriser. Av denna anledning kan gas bli ett attraktivt alternativ.

En grov uppskattning av andelen energi som kan erhållas med hjälp av gas har gjorts utifrån material från tabell 2.4. Av den totala energianvändningen används 75 % till smältning och varmhållning. Om gas används för dessa ändamål blir gaspotentialen för metallgjuterier i Sverige drygt 140 GWh. Därav återfinns drygt 90 % i mellersta och södra Sverige. I figur 2.2 har den maximala gaspotentialen angivits för trakten kring Gnosjö och Eskilstuna. Dessa områden är av intresse till följd av att ett stort antal gjuterier finns samlade inom ett starkt begränsat område. Andra intressanta gjuterier är de två största metallgjuterierna, Fundo Aluminium AB i Charlottenberg och Johnson metall AB i Örebro, som var och en förbrukar ungefär 20 GWh energi per år.

För övriga nordiska länder saknas uppgifter om metallgjuteriernas energianvändning men statistik över omsättningen finns tillgänglig. Om förhållandet mellan omsättning och energianvändning antages vara detsamma i övriga nordiska länder som i Sverige, kan en maximal gaspotential beräknas. Resultatet av denna redovisas i tabell 2.6.

Tabell 2.6 Omsättning och uppskattad maximal gaspotential för de nordiska länderna

	Omsättning	Beräknad årlig gaspotential
	MSEK	MWh
Sverige	1.220	142
Norge	290	34
Danmark	590	69
Finland	1.190	139
Summa	3.290	383

3 TEKNISKA LÖSNINGAR FÖR DEGELSMÄLTUGNAR

3.1 Smälttemperatur och teoretiskt energibehov för några olika metaller

I tabell 3.1 visas smälttemperaturer, specifik värmekapacitet och smältvärme för några olika grundämnen som används i legeringar inom metallindustrin.

Tabell 3.1 Smältpunkt, värmekapacitet och smältvärme för metaller

Grundämne	Smältpunkt (°C)	Värme- kapacitet ($10^{-3} \times$ kWh/kg °C)	Smältvärme ($10^{-3} \times$ kWh/kg)
Aluminium	658	0,25	108
Koppar	1083	0,11	58
Magnesium	651	0,28	58
Nickel	1450	0,13	83
Zink	419	0,11	31
Legering			
Silium	~600		
Aluminiumbrons	~1050		
Mässing	~900		
Tennbrons	~1000		
Nysilver	~1100		

Generellt gäller att smältpunkten för en legering är lägre än den högsta smältpunkten för de ingående metallerna. Flertalet legeringar har en smältpunkt under 1100 °C även om de innehåller nickel. Med värdena i tabell 3.1 kan den teoretiska energianvändningen för att värma och smälta metaller beräknas. Resultatet av en sådan beräkning visas i tabell 3.2. I tabellen är de metaller medtagna som är huvudbeståndsdel i flertalet använda legeringar. Tabellen visar att aluminium kräver mest energi för smältning trots att smälttemperaturen inte är den högsta. Tabell 3.2 visar den teoretiska energianvändningen per kg smält metall.

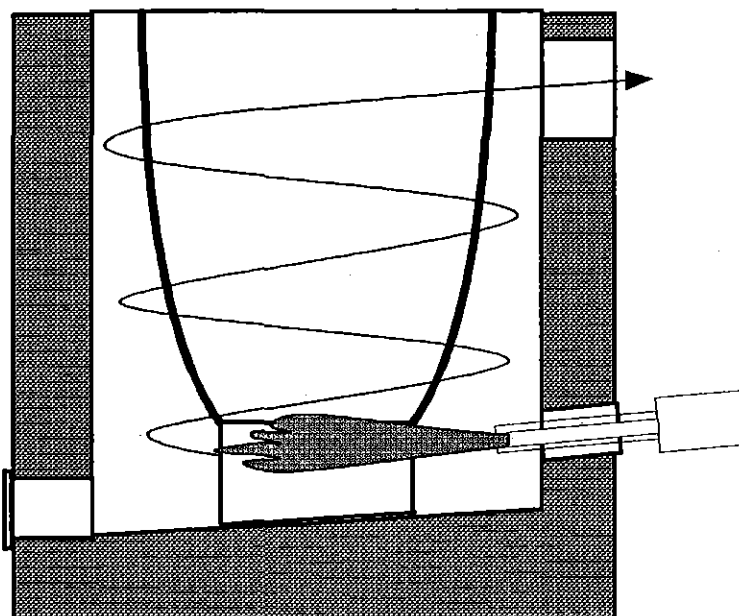
Tabell 3.2 Teoretisk energianvändning för värmning och smältning av 1 kg metall från rumstemperatur (+20 °C) till en temperatur 10 % över smälttemperaturen

Grundämne	Sluttemperatur (°C)	Energianvändning (kWh/kg)
Aluminium	720	0,28
Koppar	1190	0,19
Magnesium	715	0,25
Zink	460	0,07

3.2 Energianvändningen i en degelsmältugn

I figur 3.1 visas den principiella uppbyggnaden av en degelugn för gas eller oljeeldning. Degeln kan vara utförd i olika material. Vid aluminiumsmältning används deglar av kiselkarbid (SiC) eller grafit och lera. Vid smältning av andra metaller används även gjutjärnsdeglar.

Brännaren är placerad tangentiellt och avgaserna roterar 2-3 ggr runt degeln innan de lämnar ugnen. Värmeöverföring från avgaser till metall bestäms av temperaturskillnaden mellan smälta och avgaser, strömningshastighet och degels värmegenomgångstal.



Figur 3.1 Principiell uppbyggnad av en degelsmältugn

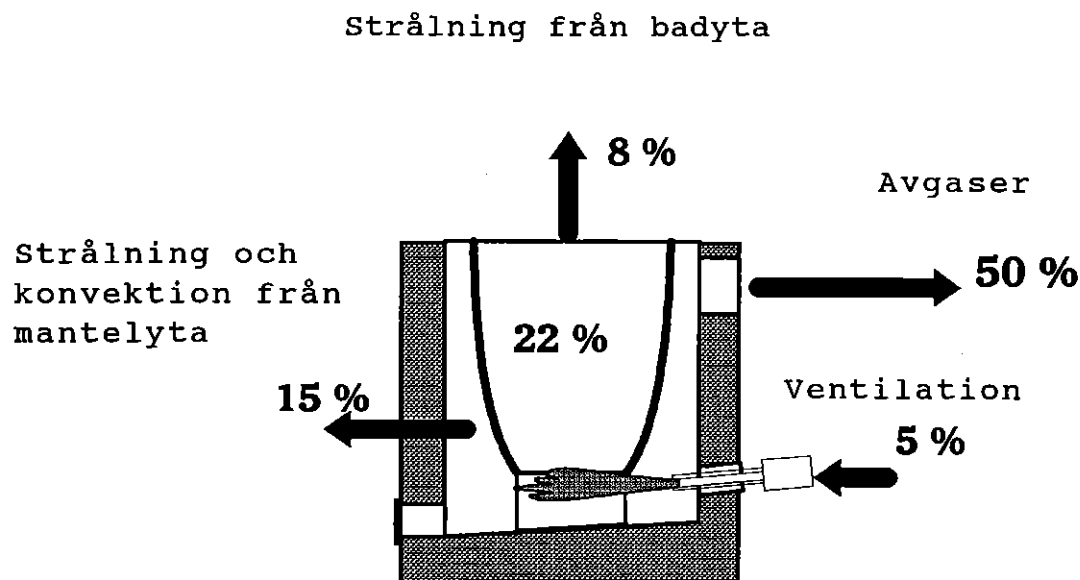
I ugnsrum där temperaturen överstiger 900 °C överförs 80-85 % av värmen genom strålning. Ett så lågt luftöverskott som möjligt eftersträvas, ca 15 % ($O_2 \sim 3\%$). Detta ger en varmare låga vilket ökar andelen strålningsvärme i förhållande till konvektion. Vid O_2 -halten 3 % är flamtemperaturen ca 1850 °C för naturgas. Vid en ökning av luftöverskottet till 25 % sjunker flamtemperaturen till 1750 °C. Vid en badtemperatur på ca 700 °C minskar medeltemperaturdifferensen mellan avgaser och degel med ca 4 %. Den överförda effekten sjunker i samma grad medan ugnförlusterna inte nämnvärt påverkas. Dessutom ökar luftmängden i avgaserna som värmts utan att delta i förbränningen. Därmed ökar avgasförlusten med ca 6 %. Totalt sett leder ett 10 % för högt luftöverskott till 10 % lägre verkningsgrad.

Ett lågt luftöverskott ger även en längre livslängd på degeln eftersom syre försprödar degelmaterialet.

De förluster som kan uppstå i ugnen är följande.

- * avgasförluster
- * strålnings- och konvektionsförluster från ugnens mantelyta
- * vädrings- och ventilationsförluster
- * strålnings och konvektionsförluster från smältbadytan

I figur 3.2 visas översiktligt fördelningen av förluster från en degelugn för aluminiumsmältning med en-stegs kallluftbrännare. I produktionen uppstår dessutom förluster till följd av återsmältning av material. Återsmältningens andel beror av vilka detaljer som gjuts och av hur stor kassationen är.



Figur 3.2 Energibalans för en degelsmältugn med kallluftsbrännare

Den dominerande förlusten är avgasförlust. Avgas-temperaturen från en aluminiumsmältugn varierar från 700 upp till 1100 ° C. Det är viktigt att inte välja en för stor brännare. Är effekten för stor kan den ej överföras till smältan vilket ökar avgas-temperaturen.

Strålnings- och vädringsförluster från mantelytan kan minskas genom bättre isolering. Traditionellt används murade ugnar. Emellertid används även andra material med bättre isoleringsförmåga. T ex används en blandning av kiseloxid och aluminiumoxid som primärskikt framför ett lager av mineralull. En tillverkare använder keramisk fiber direkt i eldstaden. Förutom låg värmeledningsförmåga är även värmekapaciteten låg för fibern vilket ger mindre förluster vid intermittent drift och speciellt vid uppstart av ugn.

Ett sätt att minska förlusterna är att sänka bad-temperaturen under varmhållningsperioder. Genom att utrusta brännaren med styrautomatik kan temperaturen automatiskt nedregleras under dessa perioder.

Ventilationsförluster uppstår i kallluftsbrännare

genom de självdrag som uppstår genom ugnen. Detta kan elimineras genom ett luftspjäll på brännaren. Detta medför emellertid mindre kylning av brännaren och ställer därför högre krav på materialet i denna.

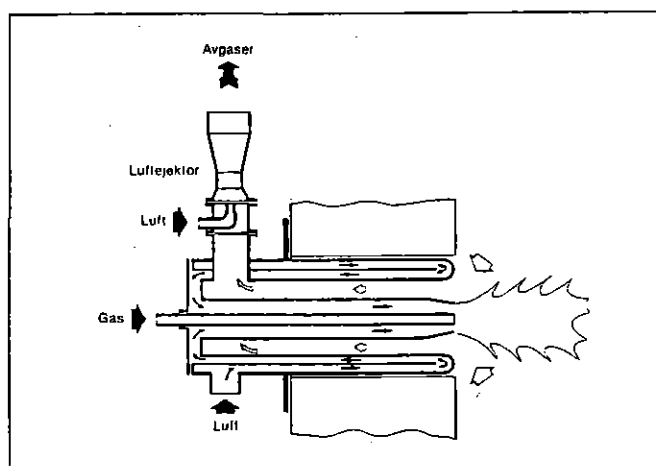
Enligt gällande normer skall ugnsrummet vädras 5 ggr sin volym före start av brännaren. Om temperaturen i ugnsrummet överstiger gasens självantändningstemperatur kan brännaren emellertid starta utan vädring. En startsekvens för brännaren inleds ofta med att brännarfläkten startas. Därefter tar det upp till 10 s innan gasventilen öppnar. Beroende på utförande av programverk kan denna tid minimeras.

Genom att använda 2-stegs brännare kan vädrings och ventilationsförluster minskas genom längre gångtider på brännaren och ett mindre antal starter.

Förluster från badet utgörs främst av strålning från metallen. Genom att använda ett isolerat lock under varmhållningsperioder kan dessa förluster kraftigt reduceras.

3.3 Gasvärmad ugn med rekuperativ återvinning

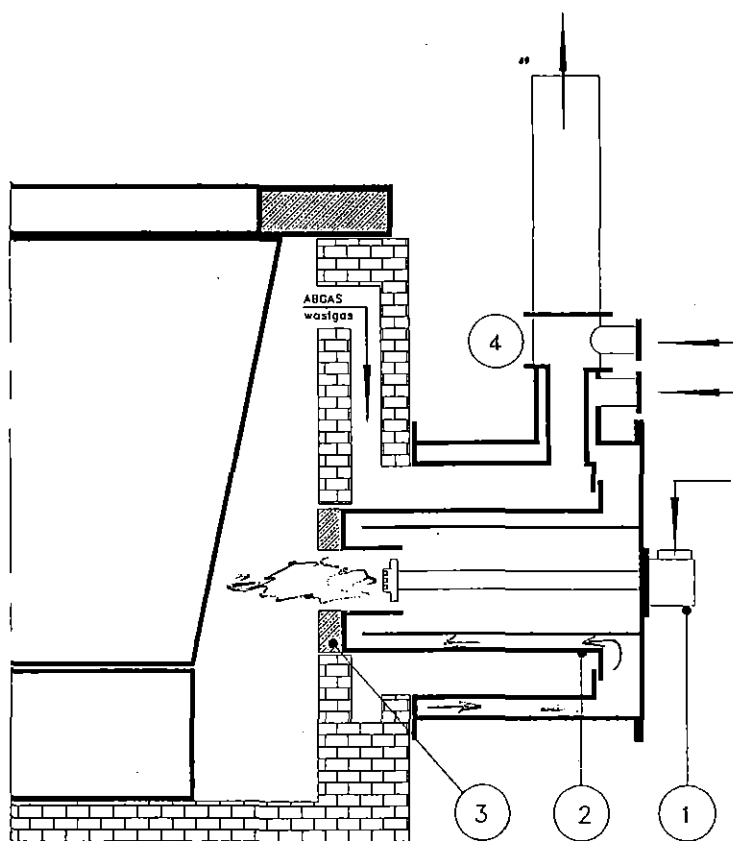
Vid rekuperativ avgasåtervinning värmeväxlas utgående avgaser med inkommande förbränningsluft. Värmeväxlingen kan ske antingen i en rekuperativ brännare eller i en separat rekuperator. I figur 3.3 visas exempel på en rekuperativ brännare.



Figur 3.3 Rekuperatorbrännare

En rekuperatorbrännare kan ge förvärmningstemperaturer upp till 650 °C.

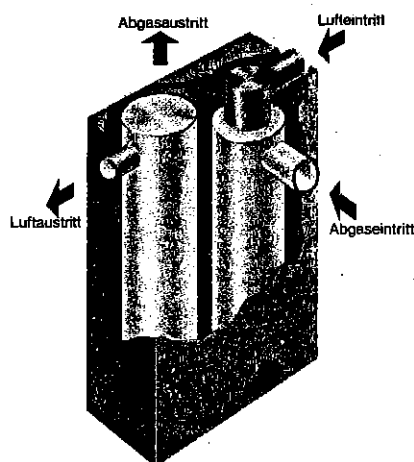
I en degelsmältugn är det emellertid svårt att ta ut avgaserna på samma ställe som de tillförs. En tillverkare har därför tagit fram en degelugn med en inmurad kanal som leder avgaserna från toppen av ugnen ner till rekuperatorbrännaren. Därigenom kan en god strömning runt degeln bibehållas. I figur 3.4 visas konstruktionens principiella utförande.



Figur 3.4 Degelugn med inre avgaskanal i förbränningsrummet.
1 Brännarlans
2 Rekuperator
3 Eldfast sten
4 Eduktor (Denna bidrar till utsug av avgaser.)

Förvärmningstemperaturen i denna applikation är ca 350 grader C.

Figur 3.5 visar exempel på konstruktion av en separat avgasvärmväxlare.

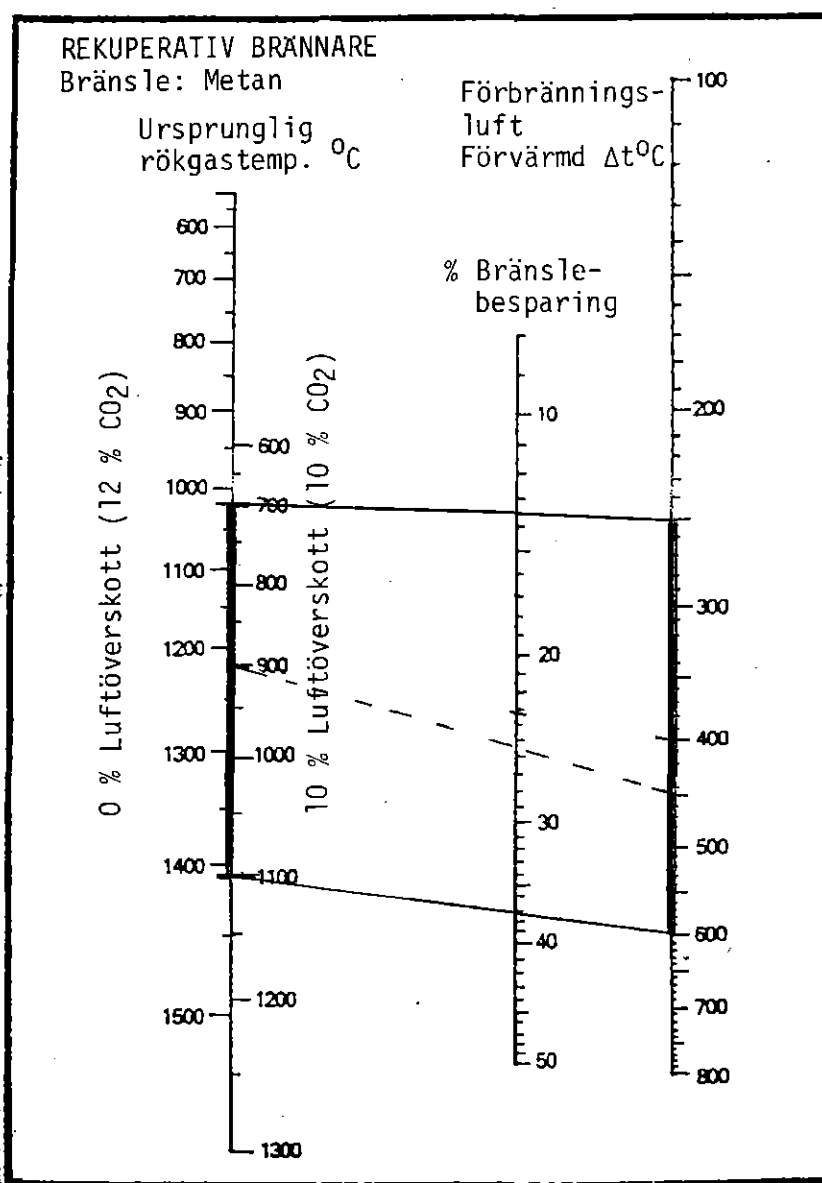


Figur 3.5 Rekuperativ avgasvärmväxlare.

Värmväxlaren består av två koncentriska u-formade tuber av högtemperaturmaterial. Förbränningsluften strömmar i det inre röret och avgaserna i det yttre för att ej få för stort strömningsmotstånd för avgaserna. Värmväxlaren är av medströmstyp. Därigenom erhålls direkt en god kylning av av rekuperatorn direkt i utloppet från ugnen. Luften förvärms till mellan 400 och 500 °C innan den tillförs brännaren. Vid en förvärmningstemperatur över 500 °C måste andra material användas i brännaren vilket medför ökade tillverkningskostnader. Tillverkaren bedömer därför att det ej är lönsamt att bygga en rekuperator med högre förvärmningstemperatur.

I figur 3.6 visas bränslebesparingen för avgasåter-
återvinning som funktion av luftförvärmningstempe-
ratur. För en degelsmältugn för alumium med kalllufts-
brännare varierar avgastemperaturen mellan 700 och
1100 °C. Genom återvinning kan förbränningsluften
förvärmas mellan 250 och drygt 600 °C för rekupera-
torbrännare. Bränslebesparingen som därmed kan uppnås
varierar mellan 14 och 40 %. Som ett genomsnittsvärde
antages en ursprunglig avgastemperatur på 900 °C och
en förvärmningstemperatur på 450 °C. Under dessa
förutsättningar erhålls en bränslebesparing på
ca 25 %.

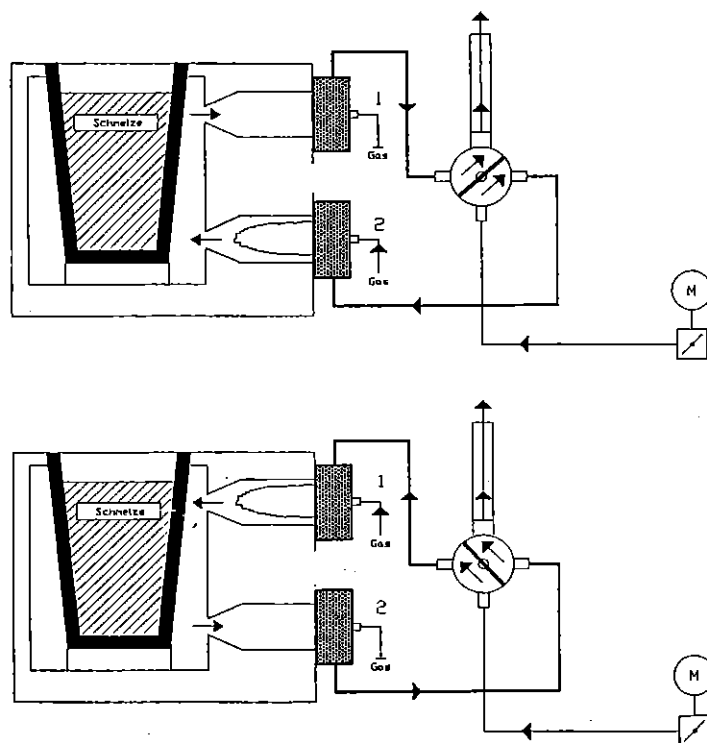
Med rekuperator kan vidare ventilationstförlusterna
elimineras. Även förlusterna vid vädring minskas.



Figur 3.6 Nomogram för bränslebesparing som funk-
tion av förvärmningstemperatur och
luftöverskott

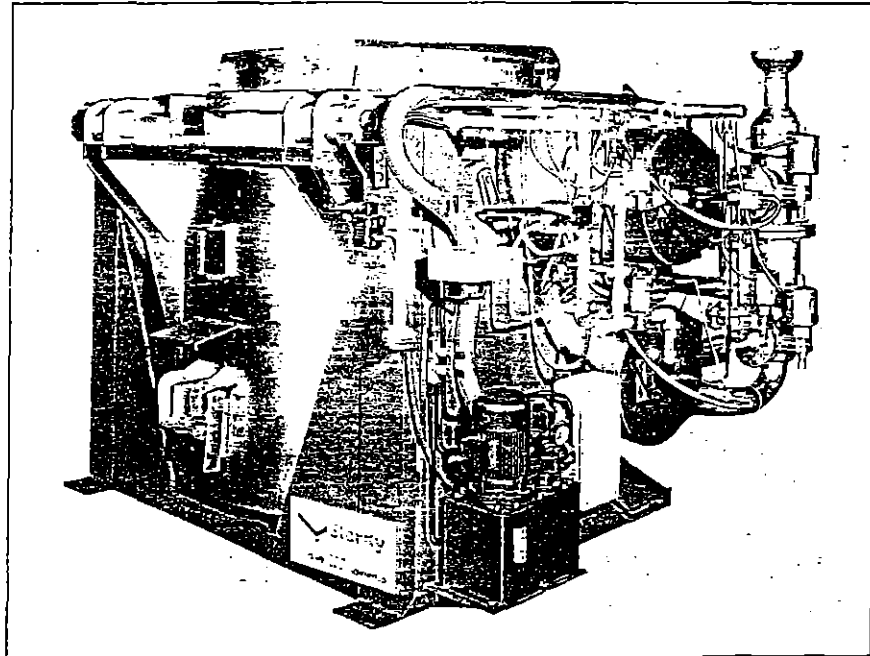
3.4 Gasvärmd ugn med regenerativ återvinning

I figur 3.7 visas en principiell uppbyggnad av en degelsmältugn med regenerativa brännare.



Figur 3.7 Regenerativt brännarsystem

Två brännare med tillhörande värmemagasin arbetar växelvis. Värmemagasinen är fyllda med kulor av aluminiumoxid. När brännare 1 är i drift laddas värmemagasinet i brännare 2. Efter en cykeltid på ca 60 s släcks brännare 1 och nr 2 tänds. Förbränningsluften till brännaren förvärms i det uppladdade magasinet. Avgastemperaturen från regenerativa brännare är endast ca 300 °C vid aluminiumsmältning. Detta ger en högre förvärmning av förbränningsluften än för ett rekuperativt system. Samtidigt elimineras ventilationsförlusterna. Jämfört med en kalluftbrännare kan en besparing på upp mot 50 % förväntas. De problem som kan uppstå är försmutsning av värmemagasinet. Detta är emellertid lätt att rengöra. I figur 3.8 visas ett exempel på en ugn med regenerativa brännare.

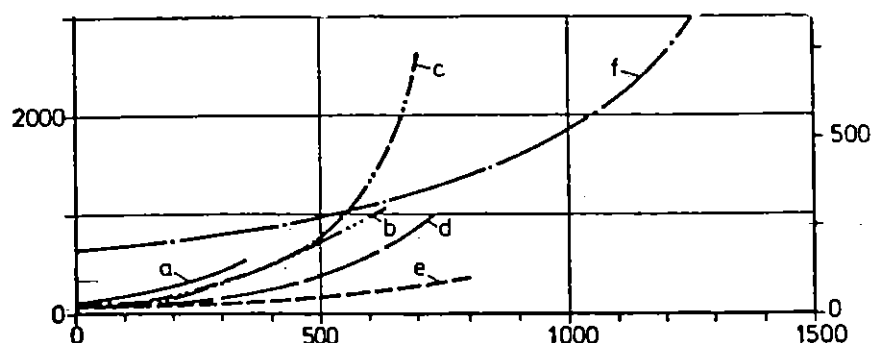


Figur 3.8 Degelugn med regenerativt brännarsystem

3.5 Miljöpåverkan

Vid konvertering av en ugn till rekuperatordrift är det huvudsakligen NO_x-bildningen som påverkas. Bildning av kväveoxider, sker vid all förbränning med luft eller där bränslet innehåller kväve. NO_x-bildningen är starkt beroende av förbränningstemperaturen. Vid förbränning med förvärmad luft stiger temperaturen i förbränningsrummet och ger upphov till en ökad NO_x-bildning. Härvidlag spelar utformningen av förbränningsrummet en stor roll.

I figur 3.9 visas hur bildningen av kväveoxider påverkas av en ökad förvärmningstemperatur vid industriella processer.



Figur 3.9 Luftförvärmningens inverkan på NO_x-emissioner i industriella processer

NO_x-emissionen från en degelugn utan rekuperator uppmättes i Värnamo till 60 mg/MJ. Vid konvertering till en ugn med rekuperator kan NO_x-bildning förväntas öka till ca 150 mg/MJ tillfört bränsle. På ca 30 % lägre bränsleförbrukning motsvarar detta ett värde på ca 105 mg/MJ för en ugn utan rekuperator.

4 EKONOMISKA JÄMFÖRELSE**4.1 Kostnadsjämförelse mellan gasvärmda degelsmältugnar med och utan rekuperativ återvinning.**

I kostnadsjämförelsen har antagits att energibesparingen för en rekuperatorugn är ca 30 %. Förutom den besparing som erhålls vid avgasåtervinningen minskar vädrings och ventilationsförluster. I tabell 4.1 visas resultatet av kostnadsjämförelsen.

Tabell 4.1 Kostnadsjämförelse mellan gasvärmda ugnar utan och med rekuperator

Förutsättningar

	Utan Rek.	Med Rek.
Smältkapacitet (kg/h)	150	150
Effekt (kW)	325	180
Produktion (kg/år)	64.000	64.000
Återsmältningsfaktor	1,2	1,2
Energianvändning (kWh/år)	257.000	180.000
Spec energianvändning (kWh/kg)	3,3	2,3
Gasmedelpris* (öre/kWh)	30	30
Avskrivningstid (år)	5	5
Kalkylränta (%)	15	15
Annuitetsfaktor	0,298	0,298

Kalkyl

Ugnspris (kr)	100.000	170.000
Installationskostnad (kr)	30.000	30.000
Anslutningskostnad (kr)	10.000	10.000
Summa investering	140.000	210.000
Kapitalkostnad (kr/år)	42.000	63.000
Energikostnad (kr/år)	77.000	54.000
Underhållskostnad	2.000	2.000
Total årskostnad	121.000	119.000

* Gasmedelpris inkl abonnemang och skatt, exkl moms.

Kalkylen visar att den årliga kostnaden för en rekuperatorugn är ca 2000 kr lägre än för en konventio-

nell ugn. Den årliga energikostnadsbesparingen uppgår till 23 000 kr. Merinvesteringen på 70 000 kr är således enligt rak pay-off betald efter ca 3 år.

4.2 Kostnadsjämförelse mellan gasvärmda degelsmältugnar med och utan regenerativ avgasåtervinning

Merkostnaden för en ugn med regenerativa brännare uppskattas till ca 220 000 kr. Besparingen bedöms till 45 %. För att återbetala denna investering på 3 år krävs en gasförbrukning för en konventionell gasvärmd ugn på ca 550 000 kWh/år dvs en smältning av ca 165 ton/år vid ett gaspris på 30 öre/kWh. Vid 5 års rak pay-off tid krävs en förbrukning på ca 330 000 kWh/år eller ca 100 ton/år. Denna typ av återvinning är således aktuell endast för de största förekommande degelugnarna med chargevikter upp mot 1000 kg aluminium.

4.3 Kostnadsjämförelse mellan elvärmd degelsmältugn och gasvärmd rekuperativ ugn.

Kostnadsberäkningen refererar till förhållandena på Värnamo Pressgjuteri men bör vara giltiga även för andra mindre gjuterier. Utgångspunkten är att istället för gasolvärmda ugnar, installera nya elvärmda ugnar. Totalt installeras fyra ugnar varav tre körs samtidigt. För att ha tillräcklig smältkapacitet är eleffekten 50 kW för två ugnar och 90 kW för de två övriga. De tre ugnar som körs samtidigt ger en tillkommande eleffekt i gjuteriet gentemot gasdrift på 230 kW. Totalt måste gjuteriet abonnera på 350 kW el inkl kylkompressorer och övrig elanvändning. Jämfört med nuvarande elabonnemang vid gasdrift ökar effekt och abonnemangs avgift för el med 110 000 kr/år. Jämförelsen mellan el- och gasvärmning görs för en av 90 kW:s ugnarna. Denna står för 39 % av den tillkommande eleffekten och belastas därför med en årlig abonnemangs- och effektavgift på 43 000 kr.

Jämförelsen görs mellan en ny elugn med stegvis effektreglering och en gasvärmd ugn med 2-stegs brännare och rekuperator.

Produktionssiffrorna motsvarar ett medelvärde av 1990 och 1991 års produktion vid Värnamo Pressgjuteri varav 40 % anses tillhöra ugnen i kalkylen. Andelen återsmältningen antages till 20 %. Energianvändningen är baserad på produktion 8 tim dagtid och varmhållning resten under 45 veckor per år. Återstående tid är ugnarna kalla.

Merkostnaden för installation av elugnar samt ett större ställverk har beräknats och fördelats lika mellan dem. Kostnaden för installation av den gasvärmda ugnen baseras på uppgifter från installation

pris.

Kostnaden för underhåll av elugnen inkluderar byte av elelement vart tredje år. Arbetskostnaden för detta är ej medtagen eftersom det kan göras av egen personal. Någon hänsyn till produktionsbortfall har inte heller tagits. Kostnad för det kan emellertid vara betydande men är mycket svår att beräkna. Underhållskostnaden för den gasvärmda ugnen innefattar tillsyn av gastekniker samt byte av UV-diod.

Resultatet av kalkylen visas i tabell 4.2. Kalkylen visar således att det är lönsamt med en gasvärmd ugn. Det högsta gaspris som kan betalas utan att årskostnaden för den gasvärmda ugnen överstiger den elvärmda ugnens årskostnad är 38 öre/kWh.

Tabell 4.2 Kostnadsjämförelse mellan elvärmd och gasvärmd degelsmältugn, där den gasvärmda ugnen har rekuperativ avgasåtervinning

Förutsättningar

	El	Gas
Smältkapacitet (kg/h)	150	150
Effekt (kW)	90	180
Produktion (kg/år)	64.000	64.000
Återsmältningsfaktor	1,2	1,2
Energianvändning (kWh/år)	110.000	180.000
Spec energianvändning (kWh/kg)	1,4	2,3
Energipris*(öre/kWh)	30	30
Avskrivningstid (år)	5	5
Kalkylränta (%)	15	15
Annuitetsfaktor	0,298	0,298

Kalkyl

Ugnspris (kr)	115.000	170.000
Anslutningsavgift (kr)	27.000	10.000
Installationskostnad (kr)	25.000	30.000
Summa investering (kr)	167.000	210.000
Kapitalkostnad (kr/år)	50.000	63.000
Effektavgift (kr/år)	43.000	
Rörlig energikostnad (kr/år)	33.000	54.000
Energi kostnad (kr/år)	76.000	54.000
Underhållskostnad (kr)	7.000	2.000
Total årskostnad (kr)	133.000	119.000

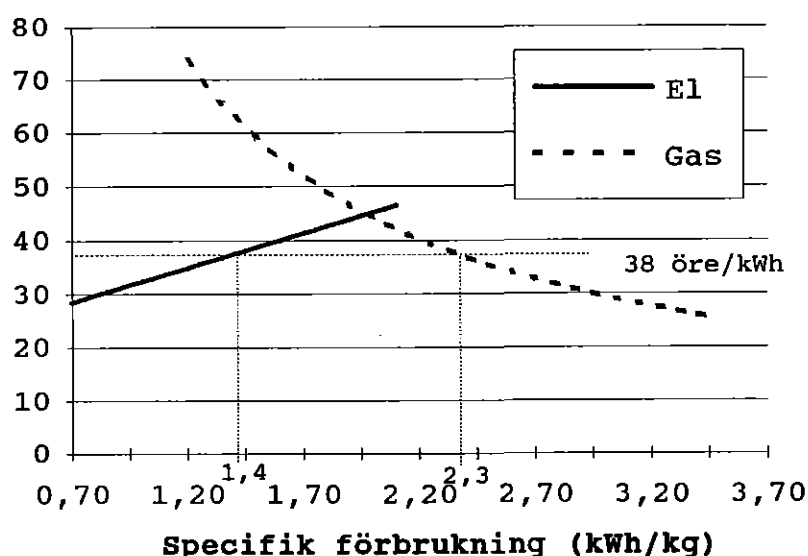
Högsta gaspris för lönsamhet med gasdrift inkl energiskatt(öre/kwh)

38

* Gaspris inkl abonnemang och skatt exkl moms.
Rörligt elpris inkl skatt exkl moms.

De värden som är mest osäkra i kalkylen är förbrukningssiffrorna för respektive ugn. Den dominerande kostnaden för elugnar är emellertid effektavgift och kapitalkostnad. Den rörliga energikostnaden utgör endast 25 % av den totala årskostnaden. En förändring av elugnens energianvändning med 50 % uppåt eller neråt innebär en förändring av högsta gaspris med ± 10 öre/kWh vilket innebär att högsta gaspris varierar mellan 28 och 48 öre/kWh. För den gasvärmda ugnen är kapitalkostnaden dominerande. Den specifika förbrukningen har emellertid större betydelse för årskostnaden för den gasvärmda ugnen än för elugnen. En förändring av denna med ± 50 % innebär att högsta gaspris varierar med - 14 och + 39 öre/kWh således mellan 24 och 77 öre/kWh. I figur 4.1 visas hur högsta gaspris varierar med spec förbrukning för el- resp gasvärmdugn.

Gaspris (öre/kWh)



Figur 4.1 Högsta tillåtna gaspris för lönsamhet med gas som funktion av specifik förbrukning hos den el- resp gasvärmda ugnen

Kurvan markerad "el" visar vilket gaspris som ger lika årlig kostnad för en elvärmad resp gasvärmad ugn med rekuperator då den specifika förbrukningen för gasugnen är 2,3 kWh/kg och elugnens spec förbrukning varierar ± 50 % från 1,4 kWh/kg. För kurvan markerad

"gas" är elugnens specifika förbrukning 1,4 kWh/kg och gasugnen förbrukning varierar.

Genom att köra ugnarna i mer än ett skift minskar effektavgiftens andel för elugnarna vilket ger lägre kostnader för dessa. I tabell 4.3 har kalkylen gjorts för 2 x 8 timmar per dag 5 dagar i veckan. Jämfört med kalkylen i tabell 4.2 är produktionen fördubblad. Emellertid ökar energi användningen endast med 45 % beroende på mindre andel varmhållning. Vi ser att även i detta fall är gasdrift lönsamt men marginalen har krympt.

Tabell 4.3 Kostnadsjämförelse mellan elvärmd och gasvärmd degelsmältugn där den gasvärmda ugnen har rekuperativ avgasåtervinning. Drift under 2-skift.

Förutsättningar

	El	Gas
Smältkapacitet (kg/h)	150	150
Effekt (kW)	90	180
Produktion (kg/år)	128.000	128.000
Återsmältningsfaktor	1,2	1,2
Energianvändning (kWh/år)	160.000	260.000
Spec energianvändning (kWh/kg)	1,0	1,7
Energipris (öre/kWh)	30	30
Avskrivningstid (år)	5	5
Kalkylränta (%)	15	15
Annuitetsfaktor	0,298	0,298

Kalkyl

Ugnspris (kr)	115.000	170.000
Anslutningsavgift (kr)	27.000	10.000
Installationskostnad (kr)	25.000	30.000
Summa investering (kr)	167.000	210.000
Kapitalkostnad (kr/år)	50.000	63.000
Effektavgift (kr/år)	43.000	
Rörlig energikostnad (kr/år)	48.000	78.000
Energikostnad (kr/år)	91.000	78.000
Underhållskostnad (kr)	7.000	2.000
Total årskostnad (kr)	148.000	143.000

I kapitel 4.1 gjordes en jämförelse mellan en gasvärmd ugn med och utan rekuperator. Om resultaten från denna jämförs med tabell 4.2 erhålls tabell 4.4.

Tabell 4.4 Kostnadsjämförelse mellan gasvärmd ugn med och utan rekuperator samt elvärmd ugn.

Förutsättningar

	Utan Rek.	Med Rek.	Elugn
Smältkapacitet (kg/h)	150	150	150
Effekt (kW)	325	180	90
Produktion (kg/år)	64.000	64.000	64.000
Återsmältningsfaktor	1,2	1,2	1,2
Avskrivningstid (år)	5	5	5
Kalkylränta (%)	15	15	15

Kalkyl

Summa investering (kr)	140.000	210.000	167.000
Kapitalkostnad (kr/år)	42.000	63.000	50.000
Energikostnad (kr/år)	77.000	54.000	76.000
Underhållskostnad (kr/år)	2.000	2.000	7.000
Total årskostnad (kr)	121.000	119.000	133.000

Denna kalkyl visar att den gasvärmda ugnen med rekuperator har lägst årskostnad. I tabell 4.5 sammanfattas värdena för investering och besparing i de olika alternativen.

Tabell 4.5 Investering och besparing för olika uppvärmningsalternativ

	Utan Rek.	Med Rek.	Elugn
Energi och underhåll (kr/år)	79.000	56.000	83.000
Investering (kr)	140.000	210.000	167.000
Årlig besparing (kr/år)	4.000	27.000	0

Tabellen visar att en gasvärmd ugn utan rekuperator har lägre investerings- samt energi och underhållskostnad än en elvärmd ugn. Investeringen är 27 000 kr lägre och en energi och underhållskostnad som är 4000 kr lägre.

Den gasvärmda ugnen med rekuperator är 43 000 kr dyrare än elugnen men ger en besparing på 27 000 kr/år och betalar sig således på mindre än två år.

Jämfört med en gasvärmd ugn utan rekuperator fås en besparing med rekuperatordrift på 23 000 kr/år. Denna skall betala en merinvestering på 70 000 kr. Avbetalningstiden för denna blir således 3 år.

5 VÄRNAME-ANLÄGGNINGEN

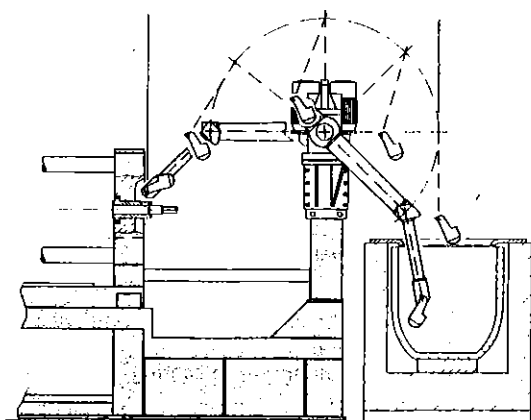
5.1 Inledning och bakgrund

I slutet av 1989 flyttade Värnamo Pressgjuteri från sina lokaler i centrala Värnamo till ett nytt industriområde väster om Värnamo. I detta område fanns tillgång till nätgasol från ett lokalt distributionsnät. Gasolen levereras av Värnamo Energi. Detta öppnade möjligheter att prova gasol som uppvärmningsform för pressgjuteriets degelsmältugnar för aluminium. Företaget använde tidigare el till sina smältugnar. Värnamo Energi startade därför ett projekt som finansierades av dem själva och Svensk Energiutveckling, SEU. I projektet köptes fyra st degelsmältugnar för uppvärmning med gasol. Ugnarna installerades och kördes igång i början av 1990.

Drifttiden på gjuteriet är 8 timmar dagtid mån - fre, 45 veckor/år. Centralsmälta kan ej användas eftersom flera legeringar gjuts.

5.2 Beskrivning av befintlig utrustning

Värnamo Pressgjuteri har fyra pressgjuterimaskiner för pressgjutning av aluminium och zink. Maskinerna har ett injektionstryck på 32 MPa, 22 MPa, 18 MPa och 15 MPa. Den största och minsta maskinen används alltid medan 22 och 18 MPa maskinerna används alternerande. Vid varje pressgjutningsmaskin står en ugn med degelstorlek 300 kg. Aluminium tas ur degeln med en uttagsautomat och hålls i pressgjutmaskinen, s k kallpressning (se figur 5.1).



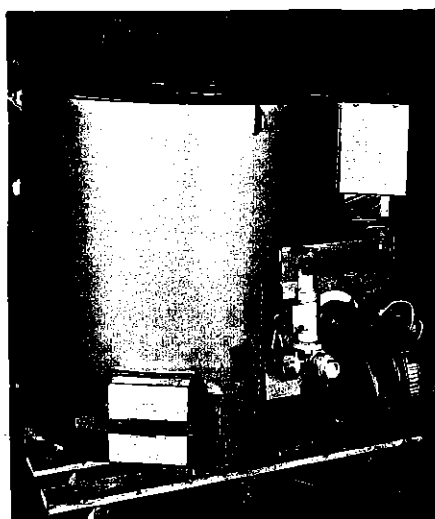
Figur 5.1 Automatiskt uttag ur degelsmältugn

Uttagskapacitet för den största maskinen är drygt 100 kg/h.

Av de tidigare elugnarna hade två ugnar effekten 78 kW och två 54 kW. Vid gjutning av stora detaljer var emellertid denna effekt otillräcklig. Detta medförde begränsningar i produktionen.

De nuvarande gasolvärmda degelsmältugnarna (se figur 5.2) har nedanstående data.

Fabrikat	Hindenlang GmbH
Typ	SLVP-300
Chargevikt	300 kg
Brännarkapacitet	325 kW
Smältkapacitet	150 kg/h



Figur 5.2 300 kg:s gasolvärmd degelugn vid Värnamo Pressgjuteri

Brännaren är av enstegstyp. Effekten är nedställd från 325 kW till 250 kW på den ugn som betjänar den största maskinen och till 175 kW för de övriga.

Regleringen av temperaturen i smältan sker via en givare som är placerad i sidan av degeln. En givare som är placerad mellan degel och mantel känner temperaturen i förbränningsrummet. När denna temperatur överstiger 600 °C, överskrids självantändningstemperaturen för gasol. Därmed kan brännaren starta utan att först vädra förbränningsrummet. P g a programverkets konstruktion tar det emellertid ca 10 s från brännarfläktens start tills gasventilen öppnar och lågan tänds. Om temperaturen i förbränningsrummet understiger 600 °C, vädras ugnen under 30 s innan lågan tänds. Ugnen saknar nedsättning av badtemperaturen under varmhållning.

Temperaturen på avgaserna är ca 850 °C vid varmhållning. Avgaserna från ugnen spädes med luft från lokalen och leds till en värmeväxlare där tilluften till lokalen värms. Tilluften tillförs via deplacerande don till lokalen. Avgasåtervinningen tillgodoser hela uppvärmningsbehovet i gjuterilokalen. Kontorsdelen är elvärmd.

De gasolvärmda ugnarna har fungerat utan störningar, och har hittills inte krävt några underhållskostnader.

5.3 Nuvarande energianvändning

En uppskattning av elanvändningen för de tidigare, elvärmda degelsmältugnarna har gjorts. Förutom el till ugnarna används el till kylkompressorer för kylning av pressgjuterimaskinerna samt till rensverktyg och belysning. Uppskattningsvis används 90 % av elen till ugnarna. Under 1990 producerades 185 ton metallgods. Med en återsmältningsfaktor på 1,2 var elförbrukningen 1,9 kWh/kg i genomsnitt för smältning och varmhållning för de fyra ugnarna.

Under 1990 har mätningar gjorts för de nyinstallerade gasvärmda ugnarna. Totalt producerade företaget under 1990 134 ton gjutgods. Med återsmältningsfaktorn 1,2 var gasförbrukningen 5,0 kWh/kg i genomsnitt för de fyra ugnarna. Den höga gasförbrukningen antas ha följande orsaker.

- låg produktion
- för hög brännareffekt
- stor avgasförlust
- enstegs brännare

Produktionen 1990 var ca 30 % lägre än 1989 beroende på orderläget. Detta gav en större andel varmhållning som höjer den specifika förbrukningen. Ca halva gasförbrukningen under 1990 beräknas åtgå för varmhållning. Under detta antagande skulle den specifika förbrukningen för 1990 varit 4,3 kWh/kg om produktionen detta år varit lika hög som 1989.

En för hög gaseffekt ger dels en högre avgastemperatur dels flera start och stopp av brännaren. Båda ger ökade förluster i form av vädring/ventilationsförluster samt avgasförluster.

Vid en mätning på degelugnen för 15 MPa maskinen konstaterades att tillförd effekt var 175 kW och avgasförlusten 84 kW, dvs nästan 50 %.

Med enstegs brännare kan brännaren inte själv anpassa effekten efter behov. Detta leder till fler starter och en genomsnittligt högre avgastemperatur.

De ovan presenterade spec förbrukningen, 5 kWh/kg gäller i genomsnitt för alla fyra ugnarna. Mätningar på den ugn som betjänar den största pressgjutningsmaskinen visar att den spec förbrukningen för denna, vid gjutning med full kapacitet, är mellan 2,4 och 2,6 kWh/kg.

Hur ugnen utnyttjas har således stor betydelse för de specifika åtgångstalen. Jämfört med elugnar har de gasvärmda ugnarna en hög förbrukning för varmhållning. För att utnyttja gasens egenskaper, att ge hög effekt till måttlig kostnad, skall därför ugnar med höga krav på kapacitet och stor produktion väljas för gasdrift. Optimering av samtliga deglars värmningsform måste göras specifikt för varje anläggning.

5.4 Investeringsskalkyl för utbyte av en befintlig gasvärmd ugn mot en ny ugn med rekuperator

I detta fall förutsätts att den ugn som idag har den största årliga gasförbrukningen, ersätts med en gasvärmd ugn med rekuperator. Produktionen för denna ugn antas vara 40 % av medelvärdet av samtliga fyra ugnars produktion under 1989 och 1990. Återsmältningsgraden är 20 %. Ugnen ersätts med en ugn på samma smältkapacitet. Mot bakgrund av tidigare jämförelser mellan ugnar med rekuperator och två-stegs brännare med ugnar som har en-stegs kallluftsbrännare bedöms den specifika gasförbrukningen minska med 30 % vid utbyte av ugn.

Drifftiden för smältning är 8 timmar 5 dgr/v och resten varmhållning under 45 veckor per år. Under 7 veckor per år är ugnen kall. I tabell 5.1 visas resultatet av kalkylen. Tabellen visar att investeringen får en lång pay-off tid. I kalkylen har den utbytta ugnen ej tilldelats något restvärde. En ny ugn utan rekuperatorbrännare bedöms kosta ca 100 000 kr (jfr tabell 4.1).

Tabell 5.1 Pay-off tid för utbyte av befintlig
gasvärmad ugn mot ny ugn med rekuperator**Förutsättningar**

	Bef ugn	Ny ugn
Smältkapacitet (kg/h)	150	150
Effekt (kW)	325	180
Produktion (kg/år)	64.000	64.000
Återsmältningsfaktor	1,2	1,2
Energianvändning (kWh/år)	257.000	180.000
Spec energianvändning (kWh/kg)	3,3	2,3
Gasmedelpris (öre/kWh)	30	30

Kalkyl

Investering		200.000
Energikostnad (kr/år)	77.000	54.000
Energibesparing (kr/år)		23.000
Energibesparing (%)		30%
Pay-off tid (år)		8,7

Även alternativet att bygga om en befintlig ugn och förse den med en separat rekuperator har undersökts. Den förväntade gasförbrukningen i detta alternativ blir emellertid högre än för en ny ugn. Kostnaden för rekuperator och brännare är 90 000 kr. Ombyggnadskostnad och installation uppskattas till ca 50 000 kr dvs totalt 140 000 kr. Tillsammans med den redan gjorda investeringen i befintlig ugn blir kostnaden högre än för en ny ugn med rekuperator. I konkurrens med elugnar är detta alternativ därför mindre intressant.

6 FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER I VÄRNAMOANLÄGGNINGEN

6.1 Utbyte av degelugn

En gasvärmd degelsmältugn med rekuperator har förutsättningar att kunna konkurrera med elvärmda ugnar. Någon referensanläggning finns emellertid inte i Sverige. Det är därför av vikt att en sådan uppförs och mätningar utförs som kan ligga till grund för kalkyler på andra gjuterier.

Befintlig ugn för den största pressgjuterimaskinen ersätts med en ugn med rekuperativ värmeåtervinning. Brännaren bör vara av 2-stegstyp. Ugnen förses med temperaturgivare för att blockera vädring vid en brännkammartemperatur över 600 °C. Ugnen bör vidare förses med ett veckour för nedsättning av smältbadtemperaturen under varmhållning.

Utförande av mätningar enligt mätprogram i kap 6.2

6.2 Mätprogram

Genom mätprogrammet avses att dels bestämma gasförbrukningen före och efter utbyte av ugn dels bestämma skillnader i emission samt verifiera eventuella skillnader i kvalitet på smältan.

För att verifiera gasförbrukningen för befintlig ugn respektive ny ugn med rekuperator bör omfattande mätningar utföras. Mätningarna syftar till att ge underlag för beräkning av gasförbrukningen i andra gjuterier. Förhållandena varierar ofta kraftigt mellan olika gjuterier och det är därför viktigt att klargöra vilka parametrar som påverkar gasförbrukningen och försöka kvantifiera deras påverkan. Nedan följer en lista av de parametrar som kan förväntas påverka gasförbrukningen.

- Mängd smält material
- Smältbadtemperatur
- Brännareffekt
- Luftöverskott
- Avgastemperatur
- Luftförvärmningstemperatur
- Användning av lock
- Förhållande drifttid/varmhållningstid
- Temperatur mantelyta
- Andel återsmält material

Mätningarna utförs dels i form av punktmätning under en eller två dagar för befintlig respektive ny ugn dels som långtidsmätningar.

Syftet med punktmätningarna är följande:

- a) att ställa upp en energibalans för ugnen

b) att bestämma emissionerna

Vid punktmätningarna bör två driftfall beaktas

- 1 Smältning
- 2 Varmhållning

Nedanstående mätningar görs för de två driftfallen.

- Brännareffekt, två effekter testas
- Luftöverskott
- Avgasförluster
- Vädringsförluster
- Ventilationsförluster
- Strålningsförluster från badyta och mantel med och utan användning av lock samt med och utan nedställning av badtemperaturen (gäller endast varmhållning)
- Badtemperatur
- Halterna av CO, CO₂ och NO_x
- Ljudnivån

Syftet med långtidsmätningarna är att tillsammans med punktmätningarna ge underlag för lönsamhetskalkyler på andra gjuterier.

Under dessa mätningar registreras och lagras data kontinuerligt i en datalogger. Följande värden registreras:

- Gasförbrukning
- Antal skott (antal skopor aluminium som laddas i maskinen.)
- Avgastemperatur
- Badtemperatur
- Luftförvärmningstemperatur
- Drifttid brännare för steg 1 och steg 2

Skotten vägs manuellt vid byte av detalj.

Mätningarna utförs under 2 st två-veckorsperioder före konvertering och 4 st två-veckorsperioder efter konvertering. Mätperioderna bör väljas så att mätvärden fås vid olika produktion. Under varmhållningsperioderna körs både med och utan lock samt med och utan sänkt badtemperatur.

7 REFERENSER

- 1 Karlebo handbok, 1986
- 2 "Sveriges gjutgodsförsörjning 1987", studie utförd av Svenska Gjuteriföreningen på uppdrag av Statens Industriverk
- 3 Dansk Industristatistikk 1989
- 4 NOS Industristatistikk 1988
- 5 Finlands Företag 1988
- 6 M., Holmgren, "Naturgasanvändning inom gjuteri-industrin", rapport från Svenska Gjuteriföreningen, 10 oktober, 1989
- 7 Medlemsöversigt, Danske Støberiers Brancheforening, 26 mars, 1991
- 8 Medlemsöversikt, Finlands Metallindustris Centralförbund, 4 maj, 1989
- 9 C., Gustavsson, M., Holmgren, M., Wesslén, "Effektivare energianvändning i gjuterier", rapport från Svenska Gjuteriföreningen, 28 september, 1987
- 10 Industri 1988, del 1, Statistiska Centralbyrån
- 11 Samtal med Per Henrik Pahlsson, Beijer Industri AB

8 APPENDIX

Kontaktade leverentörer av degelsmältugnar

Under studien har kontakter tagits med nedanstående leverentörer av degelsmältugnar med rekuperativ eller regenerativ avgasåtervinning.

Hindenlang GmbH u. CO, Heidelberg, Tyskland Tel 0 62 26/43 64-66 Svensk agent, G & L Beijer Industri AB, Malmö Tel 040/-35 83 00

Schmitz+Apelt LOI, Wuppertal, Tyskland Tel 02 02/60 98-0 Svensk agent, Axel Johnson Maskin, Kvicksund Tel 016/35 49 55

STÖTEK, Naestved, Danmark Tel 55 77 18 70 Svensk agent, Smältteknik i Halmstad AB Tel 035/11 92 60

Stordy, Wornbourn, England Tel 0902/89 76 54 Svensk agent, SwedGas AB, Stockholm Tel 08/785 08 00



Svenskt Gastekniskt Center AB

Box 50525, 202 50 MALMÖ

Telefon: 040-700 40

Telefax: 040-30 50 82