
Rapport SGC 018

**SKÄRNING MED ACETYLEN
OCH NATURGAS.
En jämförelse**

Åsa Marbe
Sydkraft Konsult AB

April 1992



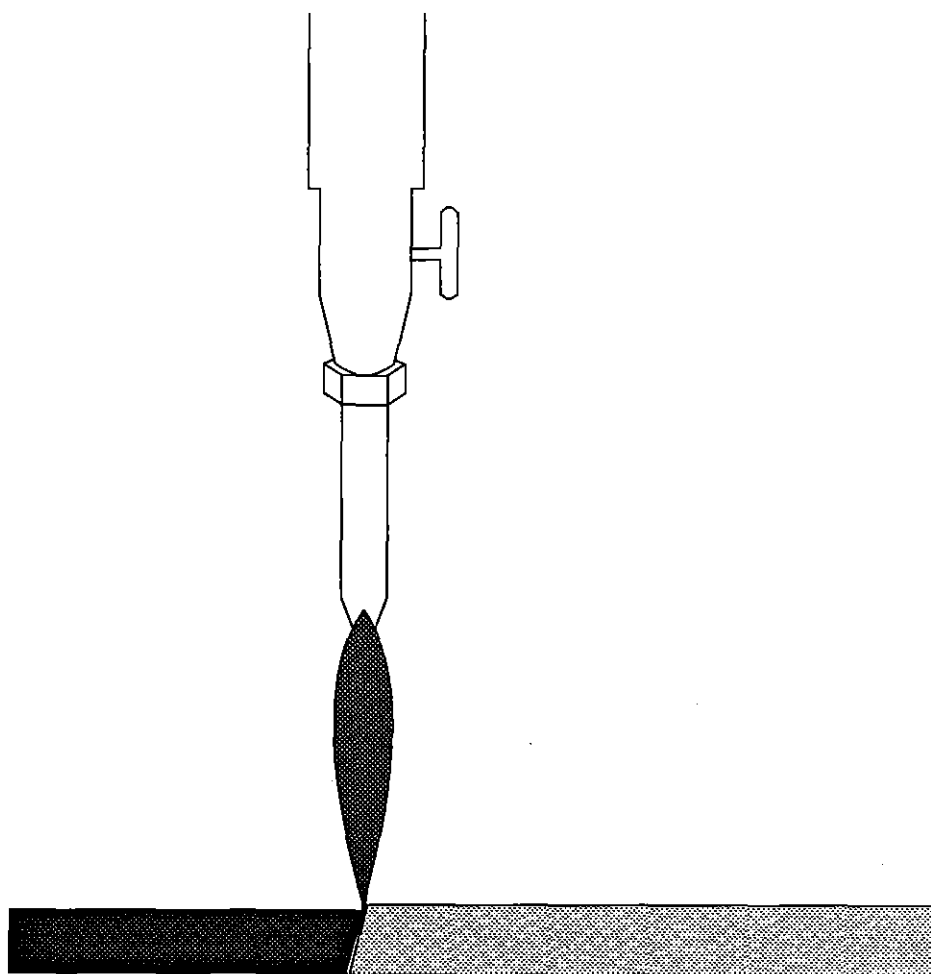
Rapport SGC 018

**SKÄRNING MED ACETYLEN
OCH NATURGAS.
En jämförelse**

Åsa Marbe
Sydkraft Konsult AB

April 1992

SKÄRNING MED ACETYLEN OCH NATURGAS EN JÄMFÖRELSE



ÅSA MARBE
APRIL 1992

Förord


FUD-projekt inom Svenskt Gastekniskt Center AB avrapporteras normalt i rapporter som är fritt tillgängliga för envar intresserad.

SGC svarar för utgivningen av rapporterna medan uppdragstagarna för respektive projekt eller rapportförfattarna svarar för rapporternas innehåll. Den som utnyttjar eventuella beskrivningar, resultat eller dyl i rapporterna gör detta helt på eget ansvar. Delar av rapport får återges med angivande av källan.

En förteckning över hittills utgivna SGC-rapporter finns i slutet på denna rapport.

Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, Vattenfall Naturgas AB, Sydgas AB, Vattenfall AB, Sydkraft AB, Göteborg Energi AB och M.E.Malmö Energi AB.

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Jörgen Thunell". The signature is written in a cursive style with a large initial "J".

Jörgen Thunell

SKÄRNING MED ACETYLEN OCH NATURGAS - EN JÄMFÖRELSE

SAMMANFATTNING

Skärbränning sker genom att ytan på det material som skall skäras hettas upp med en syrgas/bränningslåga till antändningstemperatur. Genom att rikta en koncentrerad syrgasstråle med hög hastighet mot den heta ytan antänds metallen varvid det bildas en skåra i materialet. Det finns huvudsakligen tre olika bränn-gaser; acetylen, gasol och naturgas. Acetylen är mest lämplig för skärning av tunna plåtar, medan naturgas och gasol är lämpligare för skärning i tjocka plåtar. Naturgasskuren plåt har mindre slag än acetylen-skuren plåt. Naturgasflamman har en lägre ljusstyrka än acetylenflamman.

Naturgasen är överlägsen acetylen både tekniskt och ekonomiskt vid skärning i tjocka plåtar (>50 mm). Energiförbrukningen (bränningsgas) minskar med upp till 20 % och syrgasförbrukningen minskar med ca 45 %. Skärning med naturgas ger mycket bra resultat vid skärning av paketskärning vilket innebär att flera på varandra staplade plåtar skärs samtidigt. Denna teknik går inte att utnyttja vid skärning med acetylen. Paketskärning medför att skärkostnaderna minskar.

Gasförbrukningen är beroende av vilken plåttjocklek som skall skäras. Skärning med acetylen är billigare vid skärning i tunn plåt, medan naturgas är billigare vid skärning i tjock plåt. De ekonomiska beräkningarna visar att det är ekonomiskt försvarbart totalt sett att använda naturgas som bränningsgas. Återbetalningstiden för investeringar i nya brännare, munstycke, slangar samt naturgasanslutning och rördragning varierar mellan 4 månader och 2,5 år beroende på skärhastighet och produktionsfördelning.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		<u>Sid nr</u>
1	INLEDNING	3
2	SKÄRBRÄNNING	4
3	BRÄNNGASER	6
	3.1 Allmänt	
	3.2 Acetylen	
	3.3 Gasol	
	3.4 Naturgas	
	3.5 Jämförelser	
	3.5.1 Flamtemperatur	
	3.5.2 Förbränningshastighet	
	3.5.3 Tändningsgräns och tändtemperatur	
4	TEKNISK UTRUSTNING	13
	4.1 Allmänt	
	4.2 Brännare	
	4.3 Skärmunstycke	
	4.3.1 Allmänt	
	4.3.2 Slitsmunstycke	
	4.3.3 Mixmunstycke	
	4.3.4 Ridåmunstycke	
	4.3.5 Munstycke för naturgas	
5	VIKTIGA PARAMETRAR VID SKÄRBRÄNNING	17
	5.1 Allmänt	
	5.2 Inställning av brännaren	
	5.3 Värmeflamman	
	5.4 Skärhastigheten	
	5.5 Skärsyretrycket	
	5.6 Munstycksavstånd	
6	PRAKTISKA FÖRSÖK OCH FÖRSÖKSUTRUSTNING	19
7	RESULTAT	20
8	EKONOMI	22
9	SLUTSATSER	25

BILAGOR

Bilaga 1: Egenskaper hos skärbrännngaser

Bilaga 2: Gasförbrukning vid skärbränningsförsök

1 INLEDNING

Målsättningen med projektet var att visa att naturgas kan ersätta acetylen vid skärning i plåt utan att det ger försämrat resultat. För den skull har utförts praktiska skärprov med såväl naturgas som acetylen som bränningsgas. Proven har genomförts på Bruces Verkstads AB i Landskrona. Därutöver har gjorts vissa teoretiska jämförande bedömningar.

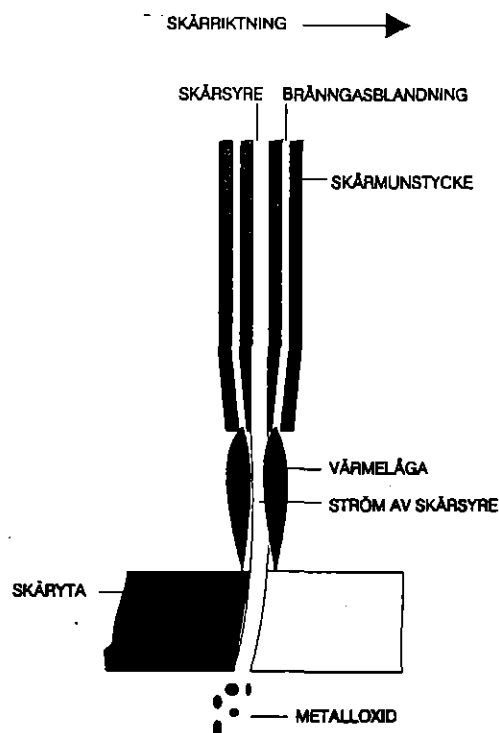
Vid utvärderingen av bränngaserna jämfördes följande parametrar vid olika plåttjocklekar: snittkvalitet, slaggbildning, skärhastighet samt brännings- och syrgasförbrukning.

Även en ekonomisk bedömning av övergång från acetylen till naturgas har gjorts. Denna omfattar dels brännings- och syrgaskostnader, dels de investeringar som krävs på skärmaskinen för bl a nya brännare och munstycke, samt för naturgasanslutning.

Tidigare har det genomförts en jämförelse mellan naturgas och gasol som bränningsgas vid skärbränning. Resultaten från detta projekt finns redovisat i en GasCentrumrapport (Rapport GC 89.05 "Skärning med naturgas", Åsa Marbe, Sydkraft AB, Mars 1990)

2 SKÄRBRÄNNING

Skärbränning inleds med att ytan på den plåt som skall skäras upphettas med en syrgas/bränningslåga till antändningstemperatur, vilket för t ex stål innebär en temperatur på ca 1 150⁰C. Genom att där- efter rikta en syrgasstråle med hög hastighet mot den heta ytan antänds den metall som befinner sig i strålens väg. Syrgasstrålens kinetiska energi av- lägsnar smält metall och förbränningsrester och det uppstår på så vis en skåra i plåten. Då syrgasstrålen rör sig framåt uppstår en sammanhängande skåra, se figur 1.



Figur 1: Principen vid skärbränning

För att skärbränningen skall fungera måste metallen:

- kunna förbrännas i syre
- ha en antändningstemperatur som är lägre än smält-temperaturen
- ha så låg värmeledningsförmåga att den värme som bildas inte leds bort snabbare än den värme som tillförs
- ha en oxid med en smältpunkt som är lägre än metallens och vara så lättflytande att den lätt blåses bort av kraften från syrgasstrålen (skärsyret)

Snittet uppkommer i ett reaktionsområde, där metallen reagerar med syret. Hur fort skärbränningen kan framskrida beror på hur snabbt syret diffunderar in i reaktionsområdet. Syrets diffusionshastighet beror bl a på syrgasens partialtryck, d v s skärsyrestrålens renhet. Renhetskravet för skärsyre är 99,5 %. Möjlig skärhastighet avtar med 15 % och syrgasförbrukningen ökar med 25 %, om syrgasens renhet minskar med 1 %.

Vid skärbränning utförs det egentliga skärarbetet av den kraftiga syrgasstrålen. Bränngas behövs till värmelågan, vars huvudsakliga uppgift är att värma metallytan till antändningstemperatur och att upprätthålla en tillräckligt hög temperatur under skärningen. Huvuddelen av det värme som uppstår vid skärbränning av stål härstammar från metallens förbränning (exotermisk reaktion). Värmeandelen som kan erhållas från bränngasen minskar ju större plåt-tjockleken är. Värmelågans huvudsakliga uppgift är, som tidigare nämnts, att upprätthålla temperaturen vid skärningen. Det medför att värmelågan har den viktigaste rollen i snittets övre del eftersom värmeöverföringen från förbränningen är minst och värmeförlusterna till omgivningen är som störst.

På plåtens yta smälter eller förbränner värmelågan föroreningar såsom valsflagor, rost och färg, vilket medför att skärbränningen blir störd. Värmelågan stödjer också skärsyrestrålen i snittet samt förhindrar uppkomsten av virvlar som kan förorsaka föroreningar i snittet.

3 BRÄNNGASER

3.1 Allmänt

De vanligaste bränngaserna i Sverige idag är acetylen och gasol. I bl a Danmark används därutöver naturgas med mycket goda erfarenheter. De fysikaliska egenskaperna för dessa bränngasar är sammanställda i bilaga 1.

Följande faktorer inverkar på valet av bränngas:

- gasens tillgänglighet och pris
- värmelågans syrgasbehov
- gasbehållarnas hanterbarhet
- säkerhet vid hantering och transport
- förvärmningstid
- gasens användbarhet till andra ändamål, såsom uppvärmning, värmebehandling, lödning och svetsning
- gasens transportsätt

Acetylen förekommer nästan enbart som flaskgas. Det är mycket vanligt med ett verkstadsinternt acetylenät som matas från ett flaskpaket. Gasol förekommer antingen som flask- eller tankgas beroende på förbrukningsvolymen. Naturgas distribueras i rörnät.

3.2 Acetylen

Den kemiska formeln för acetylen (etyn) är C_2H_2 . Kolatomerna är sammanbundna med en trippelbindning, vilket ger strukturen $H-C\equiv C-H$.

Det är främst trippelbindningen som ger acetylen dess specifika egenskaper. Acetylen sönderdelas lätt under tryck, till kol och vätgas under värmeutveckling. Förvaringsflaskorna är därför fyllda med en porös massa i vars hålrum finns aceton, i vilken acetylenen löser sig. Acetylen är mycket explosivt i syre- och luftblandning. Vissa storförbrukare har egna karbidverk för framställning av acetylen.

Acetylen kan brinna med både reducerande och oxiderande flamma. Den reducerande flammen uppstår vid förbränning med syreunderskott.

Värmeutvecklingen är mycket stor och koncentrerad till ett litet område, den s k kärnlågan, vilket ger en snabb och intensiv uppvärmning.

Acetylen är förutom till skärbränning även användbart till gassvetsning och lödning. Detta har medfört att gasen tidigare utgjort ett självklart val som bränn- gas vid skärbränning. Trots att gassvetsningen har förlorat sin industriella betydelse är acetylen allt- jämt den vanligaste bränngasen.

Nedan redovisas acetylenens viktigaste egenskaper vid skärbränning.

- Neutral låga (stökiometrisk förbränning) med hög temperatur samt en kärnlåga med stort värmeinnehåll. Den värmeintensiva kärnlågan medför att förvärmningstiden blir förhållandevis kort.
- Hög skärhastighet i tunna plåtar p g a den koncentrerade värmeförseeln i kärnlågan.
- Det är möjligt att skära större fasvinklar med acetylen än med övriga bränn-gaser.
- Värmelågans syrgasförbrukning är till följd av förmånligt blandningsförhållande (se bilaga 1) lägre än vid bruk av övriga bränn-gaser. Vid skärning av tunnare plåt, där en betydande del av syrgasen går till värmelågan, resulterar det i lägre gaskostnader.
- Acetylen är lättare än luft, vilket medför att gasen är lämplig att använda under mark samt i slutna utrymmen såsom skeppsdockor och fartygsskott.
- Acetylen förorsakar större nedsotning än övriga bränn-gaser. Nedsotningen medför att skärmunstyckena behöver rengöras oftare, vilket orsakar större slitage.

3.3 Gasol

Gasolens huvudbeståndsdelar är propan (C_3H_8) och butan (C_4H_{10}). En vanlig sammansättning är 95 % propan och 5 % butan.

Propans största fördel är stor värmeutveckling per volymenhet. Den är dock inte koncentrerad till kärnlågan som är fallet med acetylen. Gasol är ca 60 % tyngre än luft så vid ett eventuellt läckage lägger sig utströmmande gas vid marken.

Användning av gasol till skärbränning har blivit mer utbredd efter det att gassvetsningen förlorat sin betydelse som industriell svetsmetod.

Med tanke på användningen vid skärbränning är gasolens viktigaste egenskaper följande:

- Låga med stort värmeinnehåll.
- Neutral låga (stökiometrisk förbränning) med låg temperatur och kärnlåga med mindre värmeinnehåll än acetylen, varav följer att det i skärningens inledning behövs längre förvärmningstider än med acetylen.
- Låg förbränningshastighet med åtföljande ringa benägenhet för bakslag.
- Vid skärning av tjocka plåtar blir snittytan till följd av värmelågans jämna temperaturfördelning och fasta stöd till skärsyrestrålen av jämnare kvalitet än då acetylen används.
- Gasol går lätt att kondensera, varigenom ett stort energiinnehåll kan inrymmas i en gasolflaska. Gasol förvaras antingen i flaska eller tank. Vidare är gasolflaskorna lätta att transportera och byta.

3.4 Naturgas

Naturgas består till ca 90 % av metan (CH_4), resten utgörs huvudsakligen av etan, propan och koldioxid. Det finns även små mängder butan, pentan m m. Metan har endast enkelbindningar i molekylstrukturen.

Metanflamman har lägre ljusstyrka än både gasol- och acetylenflamman, därför kan det vara svårt att ställa in brännaren. Enkelbindningarna medför att metan ger en oxiderande flamma. Värmeutvecklingen är inte koncentrerad till kärnlågan.

Naturgasens tillämpningsområden inom verkstadsindustrin liknar mycket gasolens. De viktigaste användningsområdena är uppvärmning, värmebehandling, lödning och skärbränning. Enligt de senaste forskningsrönen lämpar sig naturgasen också som bränngas vid flamriktning, dvs riktning av plåtar genom uppvärmning med hjälp av en flamma (bränngas/syrgas). Tidigare har acetylen ansetts vara den enda möjliga gasen härför.

Med tanke på användning vid skärbränning är naturgasens viktigaste egenskaper följande:

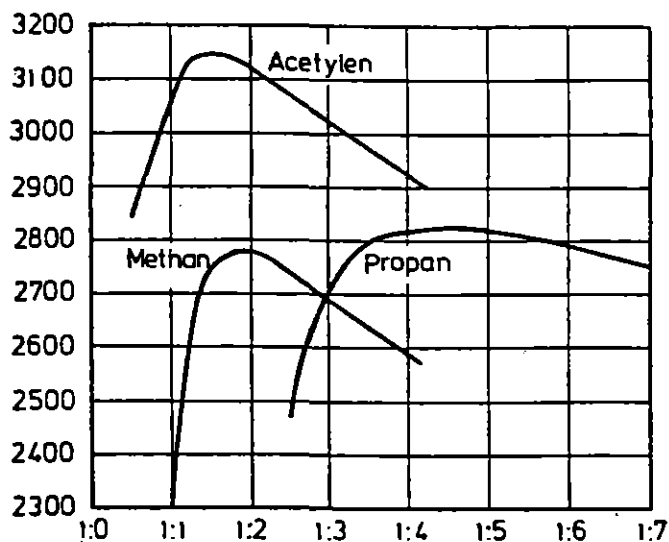
- Lågt pris jämfört med acetylen.
- Låga med mycket jämn temperaturfördelning, vilket gör att snittet blir kvalitetsmässigt synnerligen bra vid skärning av tjocka plåtar och att snittets övre kant förblir skarp även vid skärning av tjocka plåtar. Dessutom blir snittytanets hårdhetskillnader i plåtens tvärsnitt mindre än vid skärning med andra bränningsgas.
- Tack vare den mjuka lågan fastnar inte slag lika hårt på snittytan som vid skärning med t ex acetylen.
- Till följd av lågans låga temperatur och kärnlågans lilla värmeinnehåll krävs vanligen längre förvärmningstid i skärningens inledningsskede än med övriga bränningsgas.
- Gasens transportsätt förutsätter relativt stor förbrukning.

3.5 Jämförelser

3.5.1 Flamtemperatur

Flamtemperaturen har stor betydelse vid skärbränning och är beroende av blandningsförhållandet bränningsgas/syrgas, se figur 2.

Flamtemperatur
(°C)



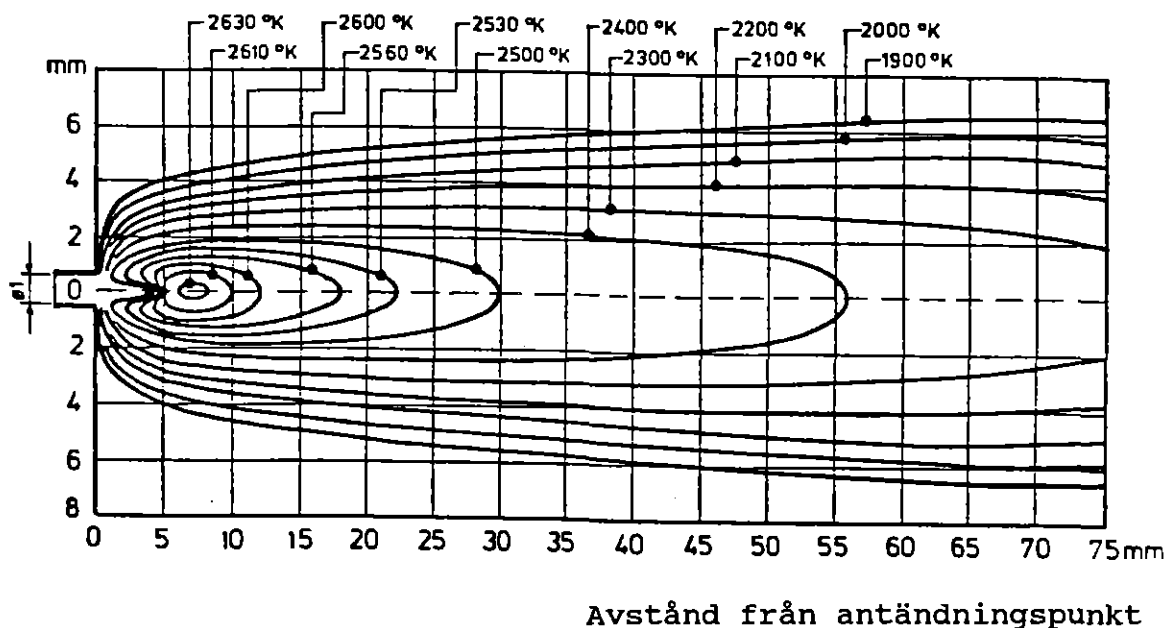
Blandningsförhållande Bränningsgas/Syrgas

Figur 2: Flamtemperatur som funktion av blandningsförhållandet.

Som figuren visar har acetylen den högsta flamtemperaturen, maximalt ca 3 150⁰C. Maximal flamtemperatur för gasol (propan) och naturgas (metan) är ungefär lika, ca 2 800⁰C.

Naturgasflamman avger den största energimängden i sekundärflamman (området utanför kärnlågan), som därmed blir förhållandevis varm. Figur 3 visar temperaturfördelningen i en naturgasflamma.

Avstånd
från
flam-
centrum



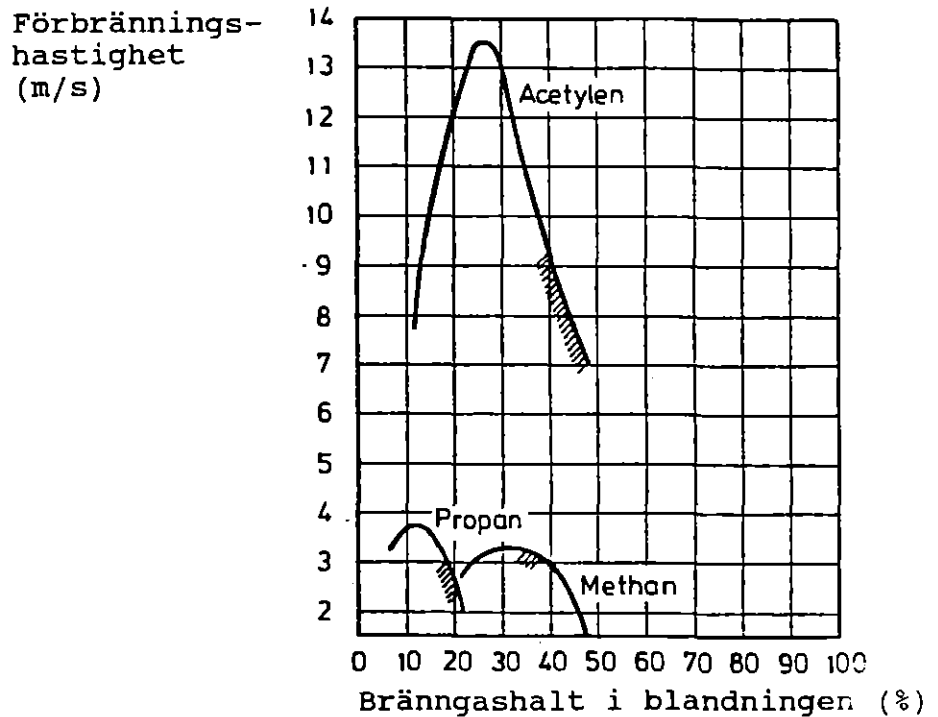
Figur 3: Temperaturfördelningen i en naturgas-/syreflamma (1/1.4)

Naturgas och gasol har sin optimala flamtemperatur för skärbränning 20-30 mm från antändningspunkten. Acetylens höga flamtemperatur medför att det är större risk för övertemperatur på arbetsplåten jämfört med naturgas och gasol. Avståndet mellan munstycke och arbetsplåt är därmed mindre viktigt för naturgas och gasol än för acetylen.

Temperaturen på gasen påverkar snittkvaliteten vid skärbränning. Generellt gäller att vid skärning av tunna plåtar, tjocklekar under 10 mm, erhålls det bästa snittet med acetylen. Vid plåttjocklekar över 20 mm erhålls ett bättre snitt med naturgas och gasol, bl a förblir snittets övre kant mycket skarp. Tack vare den mjuka värmelågan lossnar den slagg av oxid som bildas på naturgasskuren yta i allmänhet lättare än den som bildas vid skärning med övriga bränningsgaser.

3.5.2 Förbränningshastighet

Med förbränningshastighet menas förbrännings-
utbredningshastighet. Blandningsförhållandet
brännngas/ syrgas påverkar förbränningshastigheten
enligt figur 4.

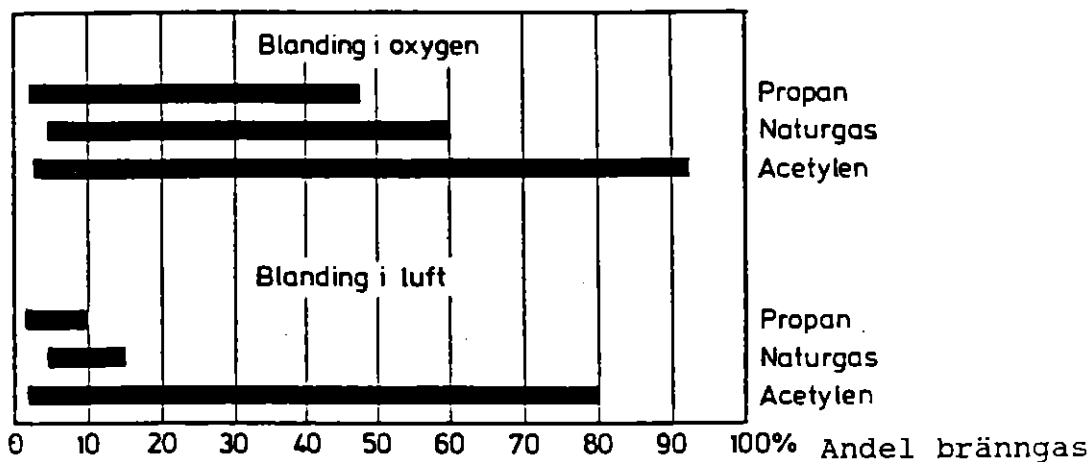


Figur 4: Förbränningshastighetens beroende av
brännngasens andel i blandningen med syre

Det intressanta området vid skärbränning är markerat
i figur 4. I detta område har den neutrala lågan
maximal temperatur.

3.5.3 Tändningsgräns och tändtemperatur

Tändningsgränsen för brännngaserna är av stor bety-
delse. Acetylen kan brinna i ett stort blandnings-
intervall både med luft och syre, se figur 5. Bränn-
barheten för propan och naturgas ligger inom ett
mycket begränsat område, speciellt vid förbränning
med luft.



Figur 5: Tändningsgränser för brännigas i syre och luft

Tändtemperaturen är betydligt lägre för acetylen, 305⁰C, än för metan, 632⁰C, och gasol, 510⁰C.

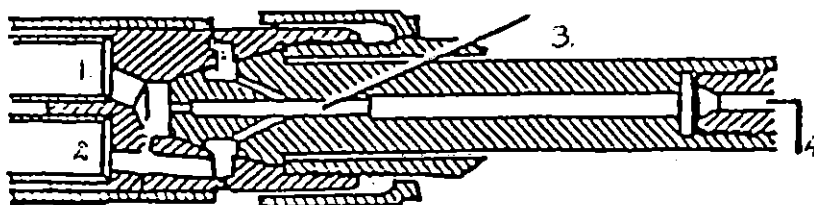
4 TEKNISK UTRUSTNING

4.1 Allmänt

Skärbränningsutrustningen är inte i någon större omfattning beroende av vilken bränningsgas som används. De delar som i viss mån påverkas av använd bränningsgas är brännare, skärmunestycke, bränningsgasslangar och reglage. Skärmunestyckena skruvas fast på brännaren. Storleken på munstycket är beroende av vilken plåt-tjocklek som skall skäras.

4.2 Brännare

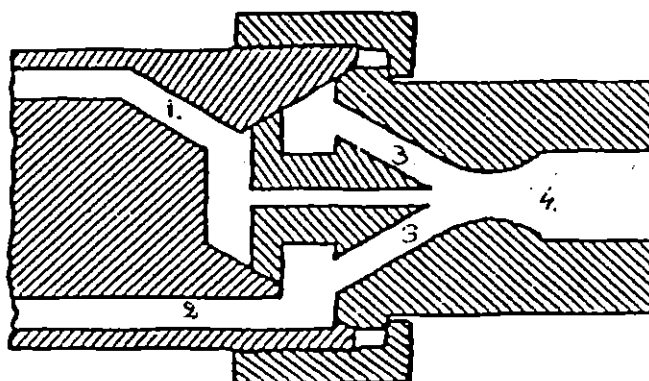
Brännarens uppgift är att föra syrgas och bränningsgas till skärmunestycket i en så jämn ström som möjligt. Beroende på var i brännaren bränningsgasen och värmesyret blandas, används benämningarna injektorbrännare, se figur 6, och blandningsbrännare, se figur 7.



1. Bränningsgaskanal
2. Syrgaskanal
3. Blandgasmunestycke
4. Munstycke

Figur 6: Injektorbrännarens uppbyggnad

I injektorbrännaren suger syrgasströmmen med sig en lagom mängd bränningsgas.



1. Syrgaskanal
2. Bränningsgaskanal
3. Bränningsgasöppning
4. Munstycke

Figur 7: Blandningsbrännarens uppbyggnad

I blandningsbrännaren strömmar brännigas och syrgas av eget tryck in i brännarens kammare där de blandas. Blandningsbrännaren förutsätter för sin funktion att brännigasens tryck är så stort, att syrgasen som strömmar in i munstycket inte kan förorsaka bakströmning i brännigaskanaler eller slangar. Därför används vid naturgasskärning mestadels injektorbrännare, i vilka värmesyret suger med sig brännigas i lagom proportion och brännaren fungerar tillförlitligt också vid mycket lågt brännigastryck.

4.3 Skärmunstycke

4.3.1 Allmänt

Skärmunstycket spelar en avgörande roll för snittets kvalitet och för skärningens ekonomi. Dess funktion är att bilda en lång cylindrisk syrestråle utan virvlar och tvärsnittsändringar. Utformningen av munstyckets hål för skärsyret och skärsyretrycket bestämmer syrestrålens form.

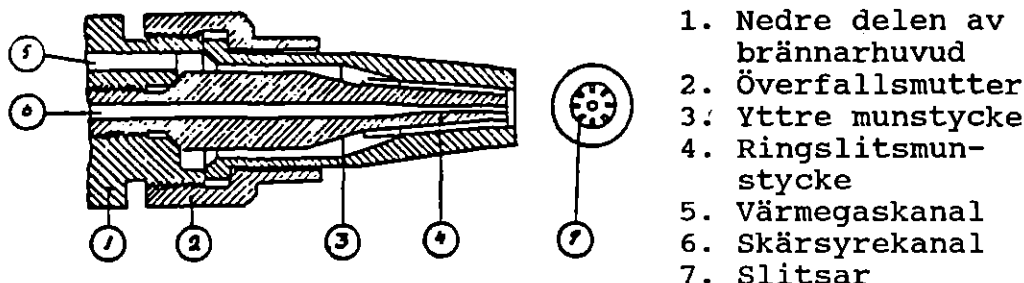
Munstyckena är vanligtvis specialkonstruerade för varje brännigas. Vid dimensioneringen av munstyckenas kanaler beaktas den aktuella brännigasens värmevärde och förbränningshastighet.

De vanligaste munstyckena är slits- och mixmunstycken.

4.3.2 Slitsmunstycke

Slitsmunstycket i figur 8 består av två delar. Den inre delen, skärmunstycket, består av en central skärsyrekanal och ett antal yttre kanaler för värmegasen. Den yttre delen utgörs av en påskruvad slät mantel (överfallsmutter).

Kanalerna går samman i ett s k ringslitsmunstycke en bit från avslutningen. Ringslitsmunstycket ger en ideal ringformad värmeflamma.



Figur 8: Slitsmunstycke

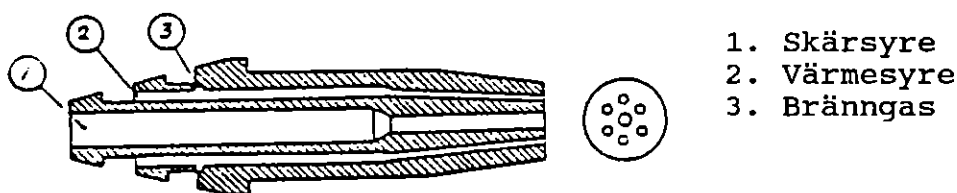
Slitsmunstycket kräver brännare med inbyggt blandningssystem, t ex injektorbrännare.

Slitsmunstycket är lätt att ställa in. Det är det mest använda munstycket för propan.

4.3.3 Mixmunstycke

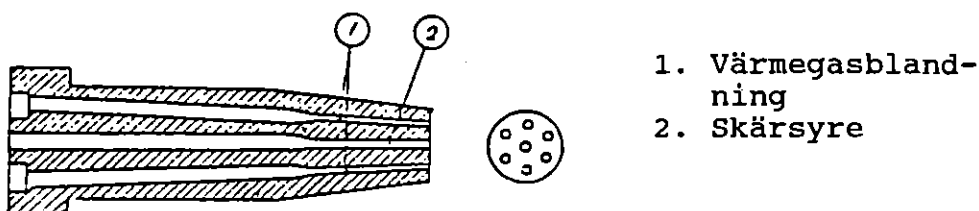
Mixmunstycken är utförda så att blandningen av bränn-
gas och syrgas sker i munstycket. Trots detta krävs
det brännare eftersom det är på brännaren som trycket
på bränngas och syrgas finjusteras.

En typ av mixmunstycke består av tre, i regel
koniska, tätningsstycken. Mixmunstycket består av ett
tätningsstycke med blandningskammare på vilken det
monteras skärmunstycke och förvärmningsmunstycke
efter slitssystemet, se figur 9. Denna typ av mun-
stycke är mycket säker mot bakslag av gaser.



Figur 9: Mixmunstycke

För acetylen finns ett mixmunstycke som är utfört i
ett massivt stycke, s k blockmunstycke, se figur 10.



Figur 10: Mixmunstycke av blocktyp

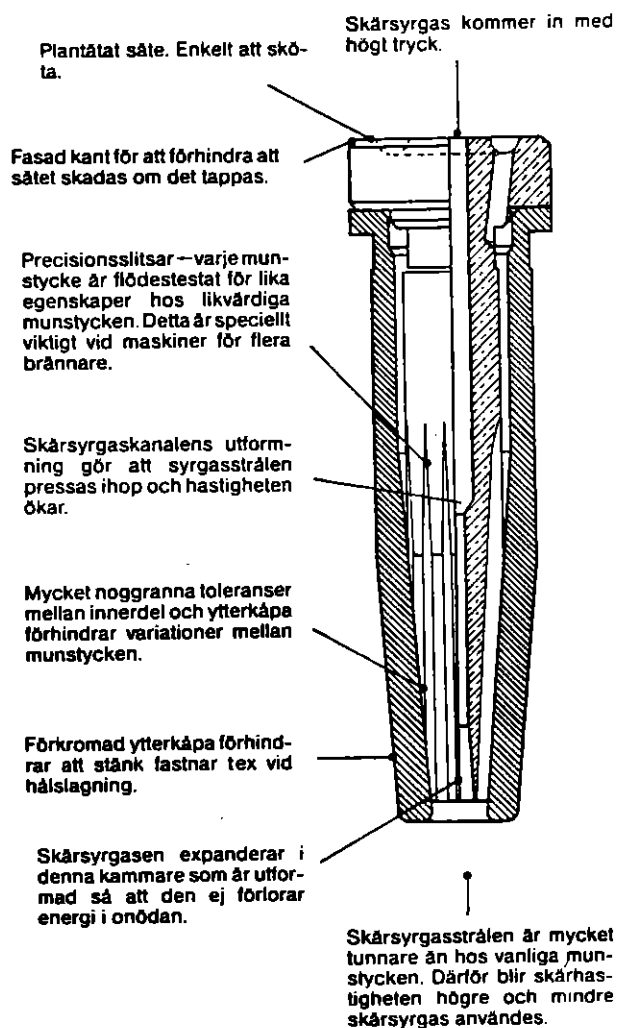
4.3.4 Ridåmunstycke

En annan typ av munstycke är ridåmunstycke. Detta är
försedd med dubbla skärsyrgaskanaler där den ena har
till uppgift att skärma värmesyret från skärsyret.
Det medför att snittkvaliteten bibehålls vid hög
skärhastighet.

Ridåmunstycke förbrukar betydligt mer syre än andra
typer av munstycken.

4.3.5 Munstycke för naturgas

De munstycken som lämpar sig bäst för skärning med naturgas är propanmunstycken baserade på slitssystemet (se punkt 4.3.2 ovan). Ett exempel på detta är HARRIS munstycket, se figur 11. Skärsyrestrålen har vid utgången av munstycket en mycket hög hastighet vilket medför att det är möjligt att öka skärhastigheten, dessutom minskar materialspillet p g a att syrgasstrålen är mycket smal, jämfört med traditionella slitsmunstycke med ett lägre syrgastryck.



Figur 11: Princip för HARRIS-munstycket

Idag finns det några munstycken på marknaden som är speciellt utvecklade för naturgas. Materialdata och Koike Sanso är exempel på tillverkare av speciella naturgasmunstycken.

5 VIKTIGA PARAMETRAR VID SKÄRBRÄNNING

5.1 Allmänt

Det är många faktorer som påverkar resultatet vid skärbränning. Följande kan nämnas:

- Ytbeläggning
- Materialkvalitet
- Skärbrännarens inställning
- Skärmunstycke
- Värmefflamma
- Brännarföringen
- Skärhastigheten
- Munstycksavståndet
- Skärsyretrycket
- Skärsyrets renhet

De viktigaste av ovanstående faktorer kommer att behandlas nedan.

5.2 Inställning av brännaren

Brännarens inställning är mycket viktig. Blandningsförhållandet gas/syre är speciellt viktigt för kalla gaser eftersom flamtemperaturen är låg. För naturgas är det optimala förhållandet 1.0 volymsdel naturgas till 1.8 volymsdelar syre.

För acetylen är optimalt förhållande 1.0 volymsdel gas till 1.1 volymsdel syre och för gasol 1.0 volymsdel gas till 3.9 volymsdelar syre.

5.3 Värmefflamman

Värmefflammans uppgift är dels att förvärma materialet till antändningstemperaturen så att skärningen kan påbörjas, dels att tillföra nödvändig värmemängd för att hålla skärningen igång.

Värmefflammans form, storlek och front är mycket viktig för snittkvaliteten. Flammen skall vara koncentrisk kring skärsyrestrålen och obruten i sin ringform.

Värmefflamman skall vara så liten som möjligt. Stor flamma ökar risken för att snittkanten smälter. Flammans storlek påverkar dock inte skärhastigheten.

5.4 Skärhastigheten

Den optimala skärhastigheten är beroende av bränningsgas och typ av munstycke.

Den optimala skärhastigheten är i samma storleksordning vid skärbränning med naturgas och gasol. För acetylen ligger den ca 10 % högre.

Vid för hög skärhastighet blir skärlinjerna bakåtlutande och skärytan blir ofta något konkav. Överkanten kan vara bar men på undersidan bildas det slagg.

Då hastigheten är för låg bildas tryckmärken på snittytan eftersom det finns för mycket gas för skärningen. Överkanten blir rundad eller vågig.

Om man höjer skärhastigheten utan att öka tillströmningen av skärsyre leder det vanligen till att eftersläpningen växer i storlek och att kvaliteten på snittytan försämras.

5.5 Skärsyretrycket

Om mer syrgas tillförs än vad som behövs för oxidationsprocessen, bildas överskott som ger spår, s k tryckmärken. Snittytan blir grov och det bildas slagg.

Vid för lågt skärsyretryck blir skärlinjerna bakåtlutande och snittytan hålig.

5.6 Munstycksavstånd

Då avståndet mellan munstycke och arbetsstycket är för litet brinner förvärmningslågan inne i snittet. Denna ostabila skärning gör att det bildas räfflor och djupa skärlinjer.

Om avståndet däremot är för stort fungerar inte förvärmningen tillräckligt. Övre kanten blir ojämn och avrundad. Snittytan blir också ojämn och ofta en aning vinklad.

6 PRAKTISKA FÖRSÖK OCH FÖRSÖKUTRUSTNING

Avsikten med försöken som genomfördes på Bruces Verkstads AB i Landskrona, var att göra en teknisk och ekonomisk jämförelse mellan bränngaserna acetylen och naturgas. Eftersom naturgas inte finns framdragen till den lokal där skärmaskinerna är placerade utnyttjades istället metan på flaska.

Under försöken användes en befintlig skärmaskin av fabrikat ESAB. Vid skärning med acetylen användes brännarstockar och skärmunstycken av fabrikat ESAB. Vid skärning med metan användes brännare av fabrikat HARRIS, typ I98-2TF och munstycke av fabrikat HARRIS, typ VVC. Till metanförsöken användes naturgasanpassad gasolustrustning.

För att erhålla bästa möjliga resultat delades försöken in i två etapper. Under den första etappen fick personalen "lära känna" den nya bränngasen. Samtidigt togs lämpliga skärparametrar fram. Under den andra etappen mättes gasförbrukningen.

Vid mätning av gasförbrukningen användes en bälgmätare G4 för bränngas och en vridkolvmätare G25 för syrgasen. Försöken utfördes på plåttjocklekarna 10, 25, 50, 100 och 150 mm.

Närvarande under etapp 1 var:

Kalle Kure	Axson AB
John Lundin	Axson AB, Danmark
Gert Assarsson	Bruces Verkstads AB
Lennart Hansson	Bruces Verkstads AB
Ulf Helgesson (operatör)	Bruces Verkstads AB
Peter Lundmark	Bruces Verkstads AB
Sven Isaksson	Bruces Verkstads AB
Åsa Marbe	Sydkraft Konsult AB

Närvarande under etapp 2 var:

Ulf Helgesson (operatör)	Bruces Verkstads AB
Åsa Marbe	Sydkraft Konsult AB

7 RESULTAT

Redan under de inledande försöken (etapp 1) visade det sig att det var möjligt att skära snabbare med naturgas än vad Bruce's Verkstads AB skär med acetylen idag och likväl upprätthålla snittkvaliteten. Detta gällde speciellt för tjockare plåt där hastigheten kunde ökas med 40-50 %.

Den bildade slaggen var betydligt lättare att avlägsna vid skärning med naturgas än vid skärning med acetylen.

Det genomfördes även försök med skärningspaket vilket innebär att flera på varandra staplade plåtar skärs samtidigt. Denna teknik, till vilken acetylen inte går att använda, fungerade mycket bra med naturgas (metan) som bränsle.

Gasförbrukningen vid skärbränning med acetylen respektive naturgas redovisas i tabellerna 1 och 2. Ett mer utförligt försöksprotokoll redovisas i bilaga 2.

Tabell 1: Gasförbrukning vid skärbränning med acetylen.

Tjocklek (mm)	Bränsle (Nm ³ /m)	Bränsle (kWh/m)	Skärsyre (Nm ³ /m)	Värmsyre (Nm ³ /m)	Totalsyre (Nm ³ /m)
10	0,011	0,178	0,055	0,006	0,061
25	0,018	0,288	0,117	0,010	0,127
50	0,024	0,394	0,323	0,015	0,338
100	0,035	0,581	0,715	0,025	0,740
150	0,062	1,023	1,587	0,037	1,624

Tabell 2: Gasförbrukning vid skärbränning med naturgas

Tjocklek (mm)	Bränsle (Nm ³ /m)	Bränsle (kWh/m)	Skärsyre (Nm ³ /m)	Värmsyre (Nm ³ /m)	Totalsyre (Nm ³ /m)
10	0,021	0,230	0,134	0,024	0,157
25	0,031	0,337	0,195	0,040	0,235
50	0,038	0,411	0,304	0,046	0,350
100	0,048	0,523	0,475	0,045	0,520
150	0,076	0,818	0,782	0,100	0,882

Vid kontroll av de uppmätta värdena visade det sig att förbrukningen av värmsyre, vid både acetylen- och naturgasförsöken, var lägre än den teoretiskt framräknade förbrukningen. Detta kan förklaras med att värmsyrgasflödet var så litet att stora fel i mätningarna uppstod. För att analysen av gasförbrukning och därav beroende kostnader skall bli mer realistisk justerades syrgasförbrukningen så att mängden värmsyre motsvarar det teoretiska behovet.

Den justerade totala syrgasförbrukningen redovisas i tabell 3.

Tabell 3: Den justerade totala syrgasförbrukningen för bränngaserna acetylen och naturgas.

Tjocklek (mm)	Totalsyre Acetylen (Nm ³ /m)	Totalsyre Naturgas (Nm ³ /m)
10	0,067	0,176
25	0,137	0,257
50	0,349	0,380
100	0,754	0,572
150	1,655	0,934

Ovanstående tabell visar att syrgasförbrukningen ökar vid övergång från acetylen till naturgas då skärning sker i tunnare plåt (ca 15 % i 10 mm). Däremot minskar syrgasförbrukningen med upp till ca 45 % vid skärning i tjockare plåt (150 mm). Detsamma gäller för bränngasförbrukningen räknat som energiförbrukning per skuren meter plåt (kWh/m), se bilaga 2. Vid skärning i 10 mm plåt ökar energiförbrukningen med ca 30 % vid övergång från acetylen till naturgas och vid skärning i 150 mm plåt minskar energiförbrukningen med ca 20 %.

8

EKONOMI

Kostnadsberäkningarna baseras på följande gaspriser.

Acetylen: 35,35 kr/Nm³ (2,31 kr/kWh)
 Naturgas: 3,78 kr/Nm³ (0,35 kr/kWh)
 Syrgas: 1,90 kr/Nm³

Gaskostnad per meter skärlängd

Plåttjocklek (mm)	Gaskostnad (kr/m) ¹⁾		
	Acetylen	Naturgas Max.hast. ²⁾	Naturgas Rek.hast. ³⁾
10	0,493	0,390	0,545
25	0,847	0,568	0,782
50	1,444	0,809	1,295
100	2,549	1,184	1,834
150	5,063	1,919	2,700

¹⁾ Kostnad för bränngas och totalsyre.

²⁾ Maximal skärhastighet avser den hastighet som användes i de praktiska försöken på Bruces Verkstads AB, se s. 20.

³⁾ Rekommenderad hastighet avser den hastighet som leverantörerna av skärutrustning rekommenderar.

Exempel på ekonomisk kalkyl för verkstadsföretag

Antag ett företag med 3 st skärmaskiner och en acetylenförbrukning på 35 000 Nm³/år. Investeringskostnader för ett sådant företag redovisas nedan.

Brännare (18 st a 2 500 kr)	45 kkr
Munstycke (10*18 st a 100 kr)	18 kkr
Slangar (5 m*18 st a 400 kr/m)	36 kkr
Anslutning och rördragning	150 kkr
TOTALT	250 kkr

Nedan har beräkningar gjorts för olika produktionsfördelningar och olika skärhastigheter.

Exempel 1

Förutsättningar: Maximal skärhastighet
Produktionsfördelning enligt nedan

Plåttjocklek (mm)	Produktionsandel (%)
10	20
25	40
50	25
100	10
150	5

Resultat: Total gaskostnad acetylen	2,1 Mkr/år	
Total gaskostnad naturgas	1,2 Mkr/år	(45 %)
	<hr/>	
Besparing	0,9 Mkr/år	

Investering enligt tidigare 250 kkr. Med en besparing på 900 000 kr/år blir således den raka pay-off tiden 0,3 år.

Exempel 2

Förutsättningar: Samma som i exempel 1 men med rekommenderad skärhastighet.

Resultat: Total gaskostnad acetylen	2,1 Mkr/år	
Total gaskostnad naturgas	1,7 Mkr/år	
	<hr/>	
Besparing	0,4 Mkr/år	(20 %)

Under dessa förutsättningar ökar pay-off tiden till 0,7 år.

Exempel 3

Förutsättningar: Maximal skärhastighet
Produktionsfördelning: större andel
tunnplåt än i de föregående
exemplen, se tabell nedan

Plåttjocklek (mm)	Produktionsandel (%)
10	30
25	60
50	7
100	2
150	1

Resultat: Total gaskostnad acetylen 1,8 Mkr/år
Total gaskostnad naturgas 1,2 Mkr/år

Besparing 0,6 Mkr/år (33 %)

Pay-off tiden under dessa förutsättningar blir 0,4
år.

Exempel 4

Förutsättningar: Samma produktionsfördelning som i
Exempel 3 men med rekommenderad
skärhastighet.

Resultat: Total gaskostnad acetylen 1,8 Mkr/år
Totalgaskostnad naturgas 1,7 Mkr/år

Besparing 0,1 Mkr/år (6 %)

Pay-off tiden ökar till 2,5 år.

9 SLUTSATSER

Vid användning av naturgas istället för acetylen som bränngas vid skärbränning bildas det mindre slag vid skärnittet, vilket leder till att efterarbetet minskar. Ljusstyrkan från en naturgaslåga är lägre än från en acetylenlåga, vilket medför både för- och nackdelar. Operatören kan titta en längre tid i lågan utan risk för ögonskador. Nackdelen är att det är svårare att ställa in lågan.

En intressant upptäckt som gjordes under de praktiska försöken är att man med minst lika hög kvalitet på skärnittet kan skära snabbare med naturgas än med acetylen. Detta påverkar ekonomin positivt för naturgasalternativet.

Naturgasen är ekonomiskt överlägsen acetylen vid skärning i tjocka plåtar (> 50 mm) då minskar energiförbrukningen (bränngas, kWh/m) med upp till ca 20 % och syrgasförbrukningen (Nm³/m) minskar med ca 45 %.

Ekonomiska beräkningar för ett verkstadsföretag visar att det är ekonomiskt försvarbart att gå över från acetylen till naturgas vid skärbränning. Det faktum att det är möjligt med paketskärning med naturgas men inte med acetylen ökar den ekonomiska vinsten mer än vad de presenterade beräkningarna visar.

Mot bakgrund av den goda ekonomin i naturgasskärning skulle det vara intressant att undersöka om det är möjligt att utnyttja naturgas inom andra områden såsom bockning och riktning.

EGENSKAPER HOS SKÄRBRÄNNGASER

	<u>Acetylen</u>	<u>Gasol</u>	<u>Naturgas</u>
Kemisk formel	C_2H_2	C_3H_8	CH_4
Bindningar	Trippel	Enkel	Enkel
Neutral flamtemp. ($^{\circ}C$)	3087	2526	2538
Högsta flamtemp. ($^{\circ}C$)	3153	2836	2775
Värmeutveckling i primärlågan (MJ/Nm ³)	19	10	0,4
Värmeutveckling i sekundärlågan (MJ/Nm ³)	36	94	37
Förbränningsvärme (MJ/Nm ³)	55	104	37,4
Antändningstemp. ($^{\circ}C$)	335	510	645
Max förbr.hastig. (cm/s)	1310	450	330
Explosionsgräns i luft (% gas)	2,3-82	2,1-9,5	4-17
Hyg. gränsvärde (mg/m ³ luft)	-	1800	-
Densitet (kg/Nm ³)	1,09	2,0	0,8455
Specifik vikt (luft=1)	0,906	1,52	0,60
Blandningsförhållande O ₂ (Nm ³ O ₂ /Nm ³ gas)	1-1,4	3,6-4,5	1,5-1,7

GASFÖRBRUKNING VID SKÄRBRÄNNINGSFÖRSÖK PÅ BRUCES MEKANISKA AB

ACETYLEN

Tjocklek (mm)	10	25	50	100	150
Munstycke ESAB-4450xxx	500A	500A	501A	501A	502A
Hastighet (mm/min)	600	400	325	220	150
Bränngastryck (bar)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Bränngasförbrukning (l/min)	5,0	5,4	6,0	6,0	7,2
Bränngasförbrukning (Nm ³ /m)	0,011	0,018	0,024	0,035	0,062
Bränngasförbrukning (kWh/m)	0,178	0,288	0,392	0,581	1,023
Skärsyretryck (bar)	4,5	6,0	6,0	7,5	7,5
Skärsyreförbrukning (l/min)	6,0	6,7	15,0	18,5	28,0
Skärsyreförbrukning (Nm ³ /m)	0,055	0,177	0,323	0,715	1,587
Värmesyretryck (bar)	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Värmesyreförbrukning (l/min)	0,9	1,0	1,2	1,4	1,4
Värmesyreförbrukning (Nm ³ /m)	0,006	0,010	0,015	0,025	0,037
Total syrgasförbrukning (Nm ³ /m)	0,061	0,127	0,338	0,740	1,624

NATURGAS

Tjocklek (mm)	10	25	50	100	150
Munstycke HARRIS-xxxVVC	00	0 1/2	1	2	2 1/2
Hastighet (mm/min)	700	550	400	310	225
Bränngastryck (bar)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Bränngasförbrukning (l/min)	12,4	14,3	12,7	12,5	14,2
Bränngasförbrukning (Nm ³ /m)	0,021	0,031	0,038	0,048	0,076
Bränngasförbrukning (kWh/m)	0,230	0,337	0,411	0,523	0,818
Skärsyretryck (bar)	5,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Skärsyreförbrukning (l/min)	15,6	13,4	15,2	18,4	22,0
Skärsyreförbrukning (Nm ³ /m)	0,134	0,195	0,304	0,475	0,782
Värmesyretryck (bar)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Värmesyreförbrukning (l/min)	4,7	6,3	5,3	4,0	6,4
Värmesyreförbrukning (Nm ³ /m)	0,024	0,040	0,046	0,045	0,100
Total syrgasförbrukning (Nm ³ /m)	0,157	0,235	0,350	0,520	0,882

92-05-15

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
001	Systemoptimering vad avser ledningstryck	Apr 91	Stefan Grudén TUMAB	100
002	Mikrokraftvärmeverk för växthus. Utvärdering	Apr 91	Roy Ericsson Kjessler & Mannerstråle AB	100
003	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige	Apr 91	Svenskt Gastekniskt Center AB	100
004	Krav på material vid kringfyllnad av PE-gasledningar	Apr 91	Jan Molin VBB VIAK	50
005	Teknikstatus och marknadsläge för gasbaserad minikraftvärme	Apr 91	Per-Arne Persson SGC	150
006	Keramisk fiberbrännare - Utvärdering av en demo-anläggning		R Brodin, P Carlsson Sydkraft Konsult AB920212	100
007	Gas-IR teknik inom industrin. Användnings- områden, översiktlig marknadsanalys	Aug 91	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	100
008	Catalogue of gas technology RD&D projects in Sweden	Jul 91	Swedish Gas Technology Center	100
009	Läcksökning av gasledningar. Metoder och instrument	Dec 91	Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
010	Konvertering av aluminiumsmältugnar. Förstudie	Sep 91	Ola Hall, Charlotte Rehn Sydkraft Konsult AB	100
011	Integrerad naturgasanvändning i tvätterier. Konvertering av torktumlare	Sep 91	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	100
012	Odöranter och gasolkondensats påverkan på gasrörssystem av polyeten	Okt 91	Stefan Grudén, F. Varmedal TUMAB	100
013	Spektralfördelning och verkningsgrad för gaseldade IR-strålare	Okt 91	Michael Johansson Driftekniska Institut. vid LTH	150
014	Modern gasteknik i galvaniseringsindustri	Nov 91	John Danelius Vattenfall Energisystem AB	100
015	Naturgasdrivna truckar	Dec 91	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100
016	Mätning av energiförbrukning och emissioner före o efter övergång till naturgas	Mar 92	Kjell Wanselius KW Energiprodukter AB	50

92-05-15

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
017	Analys och förslag till handlingsprogram för området industriell vätskevärmning	Dec 91	Rolf Christensen ÅF-Energikonsult Syd AB	100
018	Skärning med acetylen och naturgas. En jämförelse.	Apr 92	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100



Svenskt Gastekniskt Center AB

Box 50525, 202 50 MALMÖ

Telefon: 040-700 40

Telefax: 040-30 50 82