

FlatFlame-brännare i degelugn

- ett utvecklingsprojekt på Skruf's Glasbruk

Hans Fredriksson & Stellan Persson
Glafo, Växjö

Flat-Flame burner in a pot furnace — a project of development at Skruf's Glassworks

The article describes a project with the aim of developing a competitive gas-fired alternative to conventional oil and electric heated pot furnaces for glass production.

During 1995-2000 the project was carried out as a full-scale test with a Flat-Flame burner at Skruf's Glassworks. The full-scale Flat-Flame idea was optimised concerning fuel consumption, NO_x emission and glass quality by using experiences from an earlier project called "The Nordic pot furnace project". The ambition was also to improve the control system of the furnace.

Twin-burners and a more ingenious control system were installed. These measures raise the price of rebuilding or new construction of this type of furnace. However, the company Skruf's Glassworks was so satisfied with the result so now there are plans to introduce the new technique also in the remaining pot furnaces.

Inledning och bakgrund

Projektet har sin utgångspunkt i det framgångsrika "Nordiska degelugnsprojektet" [1]. Försöksperioden på glasbruk var för det projektet dock för kort för att kunna fastställa konceptets långtidsstabilitet och resultatens reproducerbarhet.

Under det nordiska degelugnsprojektets gång fann man ett antal faktorer som borde undersökas vidare. Ugnregleringen borde t ex kunna optimeras med avseende på bränsleförbrukning och NO_x-emissioner. Eftersom man även bör ta hänsyn till arbetsmiljön och glas-kvaliteten är det inte säkert att den lägsta bränsleförbrukningen är den mest optimala.

Mål

Huvudmålen för projektet var att:

- Optimera det utvecklade Flat Flame-konceptets bränsleförbrukning, NO_x-emission och glaskvalitet genom att utnyttja erfarenheterna från det nordiska degelugnsprojektet.

- Utveckla ugnregleringssystemet inte enbart genom att optimera energiförbrukningen och NO_x-emissionerna utan även ta hänsyn till tryck och drag i ugnen samt arbetsmiljön för glasarbetarna.

När systemet utvecklades tog man hänsyn till att det skulle bli kom-

mersiellt gångbart och att brukets egen personal skulle kunna stå för den dagliga skötseln av anläggningen.

Projektet hade som övergripande syfte att öka konkurrenskraften för gasol jämfört med andra energiformer såsom el och olja. Det skulle också öka kvaliteten hos konstglaset och därmed stärka konkurrenskraften för Skruf's Glasbruk.

Projektdeltagare

Projektet genomfördes på Skruf's Glasbruk som idag ingår i koncernen Svenska Glasbruk AB.

Svenskt Gastekniskt Center (SGC) administrerade projektets finanser. Ramco AB svarade dels för

ombyggnad av en av glasbrukets konventionellt gaseldade degelugnar och dels för utvecklingen av regler-systemet. Sydkraft Konsult arbetade med den gastekniska utformningen, upphandling av utrustning, i driftsättning samt uppföljning. Glafo stöttade Ramco och Sydkraft Konsult i glastekniska frågor

FÖRSÖK PÅ SKRUFVS GLASBRUK

Ugnskonstruktion före ombyggnad

Ugnsrummet var uppbyggt på traditionellt sätt med gasolbrännare från sidan i höjd med överkanten på degeln. Flamman var riktad i en liten vinkel mot bakväggen så att det blev en svepande strömning runt degeln.

Under ugnen fanns en glasficka för spillglas där avgaserna passerade varefter de fortsatte genom en stålrekuperator för förvärmning av förbränningsluften.

Reglersystemet var av Osmundtyp med ventilstyrdon, det vill säga mekanisk styrning av gas och förbränningsluft. I toppen på stålskorstenen fanns en avgasfläkt som inte var varvvalsreglerad. Skorstensdraget reglerades manuellt med ett spjäll på skorstenen strax efter ugnen. Dragmätare fanns som visade undertrycket i avgaskanalen.

Ugnskonstruktion efter ombyggnad

Ugnen efter ombyggnad visas i en principskiss i figur 1.

Den gamla brännaren ersattes av två brännare. En i valvet av så kallad FlatFlame-typ och en liten konventionell brännare lågt ner vid sidan under platsen för den gamla, tangentiellt riktad. Reglersystemet ändrades under försöksperioden då toppbrännaren koksade under dagkörningarna. Sotflagor lossnade och ramlade ner i glaset.

Processbetingelser

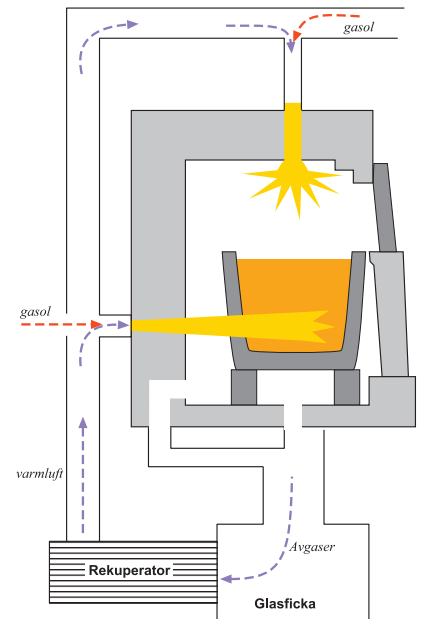
Skrufvs ordinarie glassats med blyfritt kristallglas smältes under hela

försöksperioden. Degelkvaliteten har varit sura Fastnerdeglar. Produktionen har varierat från servisglas till större vaser.

En dygns cykel kunde se ut på följande sätt:

- Kl 16.00 kördes ugnen upp för smältning från arbetstemperatur ca 1150 °C.
- Ca kl 17.00 gjordes första ilägg av råvaror i degeln, temperatur ca 1350 °C.
- Ytterligare ett eller två ilägg gjordes senare på kvällen.
- Smälttemperaturen på ca 1400 °C hölls tills glaset var rensmålt, omkring midnatt.
- Tryckbalansen regleras hela smältcykeln med hjälp av ett skorstensspjäll och en dragmätare. Målet var att alltid ha ett svagt övertryck i ugnsrummet.
- Glaset fick sedan svalna till arbetstemperatur.
- Kl 07.00 - 16.00 glasproduktion.

Temperaturen mättes och styrdes av ett termoelement i valvet. Dessutom gjordes varje kväll en kontrollmätning på degelkanten med optisk pyrometer. Tider och temperaturer noterades i en smältrapport.



Figur 1 Principskiss av försöksdegelugnen på Skrufvs Glasbruk efter ombyggnad.

Temperaturmätning

Termoelement monterades på fem olika platser. Fyra av typ S och ett av typ K. Temperaturförloppet under några smältdygn registrerades med en datalogger.

Mätningen upprepades efter ugnens ombyggnad. Tyvärr blev tiden mellan mätningarna lång och kurvorna presenterades inte likadant. En sammanställning har dock gjorts i tabell 1.

De låga nattemperaturerna efter ombyggnad beror troligen på att placeringen av termoelementet inte var

Tabell 1 Temperaturloggning i försöksugnen på Skrufvs Glasbruk

	Före ombyggnad		Efter ombyggnad	
	Dag, °C	Natt, °C	Dag, °C	Natt, °C
valv	1060	1370	1076	1306
bakvägg	1100	1430	1138	1344
under degel	1030	1320	852	1339
avgaser före rek	700	980	*361	708
luft till brännare	350	500	320	403

* Ej bottenbrännare

rätt när det fanns en FlatFlame-brännare i valvet. Kontroll med optisk pyrometer visade på ca 35 °C högre temperatur på degelkanten än vad regulatorn visade. Missvisningen har förmodligen varit större periodvis.

Temperaturen under degeln var lägre på dagen (endast toppbrännare) och högre under smältning (båda brännarna på) efter ombyggnaden. Avgasttemperaturen före rekuperatorn var påtagligt lägre, vilket tyder på bättre förbränning i ugnsummet.

Den förvärmade förbränningsluften är lägre efter ombyggnad, vilket delvis kan förklara en högre energiförbrukning.

Glaskvalitet

En arbetsblankett utarbetades i EXCEL för att underlätta för syningspersonal att föra statistik på olika massa- och arbetsfel. Ett fåtal blanketter fylldes i strax innan ugnen började slagga i toppbrännaren. Sedan började en period med olika

ugnsproblem vilket medförde att det inte var meningsfullt att föra statistik över produktionresultatet och inga syningsrapporter lämnades in för sammanställning.

De uppgifter som kom fram vid intervjuer var dock att när ugnen fungerat bra var också kvaliteten bra. Glasarbetarna observerade en mindre tendens till blåsor vid anfångning på post.

Om man inte smälte nytt glas varje dygn ökade mängden slirigt glas i referensugnen den andra arbetsdagen efter smältning. Detta fenomen uppträdde inte i ugnen med toppbrännare. Primautbytet bedömdes av glasarbetarna ha ökat påtagligt, men någon statistisk har inte förts som kan redovisa detta.

Gasförbrukning

Avläsning av gasmätare gjordes två gånger per arbetsdag, kl 07.00 och kl 16.00.

Avläsningsvärdena subtraherades och räknades om till normalkubik-

meter och kWh. För beräkning av energi per kg glas användes uppgifter från smältrapporterna. Restglasdjupet mättes/uppskattades före varje smältning. Restglasdjupet räknades om till kg restglas. Genom att beräkna degelns volym och minska med mängden restglas plus skärv får man mängden glas som tillsatts i form av råvaror (råvaror x 0,84 = kg glas). 0,84 = glasbildande faktor vid 16 % smältförlust.

Mängden smält glas definierades som summa skärv + (råvaror x 0,84). Restglaset räknades inte med eftersom det redan hade arbetstemperatur när ugnen kördes upp för smältning. Denna förenklade beräkningsmodell medförde förmodligen för höga energivärden per kg glas när det fanns mycket restglas kvar i degeln.

Om man bortser från enstaka avvikande toppar var förbrukningen per smältdygn 60-80 Nm³ före ombyggnaden och 80-100 Nm³ efter. Referensugnen med det gamla brän-

Tabell 2 Resultat från miljömätningar på försöksugnen på Skruf's Glasbruk före och efter ombyggnad.

Avseende	Dagtid		Nersmältning		Rensmältning	
	före	efter	före	efter	före	efter
O ₂ (%)	13,1	12,6	7,6/9,5 ¹	8,3	9,6	7,9
CO ₂ (%)	5,0	5,5	8,8	8,8	7,4	8,5
CO (ppm)	38	60	5	40	170	8
NO (ppm)	205	92,6	1006 ¹	759	-	386
NO _x (ppm)	212	92,6	1108 ¹	806	-	423
NO _x -emission vid 8% O ₂ (mg/m ³ ntg)	715	294	2568 ¹	1691	-	860
Stoftemission vid 8 % O ₂ (mg/m ³ ntg)	-	-	222	57	394	56
Rökgastemperatur (°C)	-	-	345	353	325	360
Gasflöde, uppmätt (m ³ ntg/s)	-	-	0,10	0,10	0,09	0,10
Fukthalt, X (kg/kg tg)	-	-	0,09	0,07	0,10	0,07

¹Resultatet från mätningarna utförda 951129. Övriga resultat från 951108.

Anmärkning:

- m³ntg = m³ torr gas vid normaltillstånd (0°C och 101,3 kPa).

- NO_x-emissionen är beräknad som NO₂.

Källa: ÅF-Processdesign AB

narsystemet förbrukade 70-80 Nm³/dygn. Beräkning av energiförbrukning per kg smält glas visar på stora variationer, men tendensen är något högre värden efter ombyggnad.

Gasförbrukningen ökade trots att temperaturen före rekuperatorn var lägre. Avgastemperaturen var enligt konsulten ÅF:s mätningar något högre, vilket är inkonsekvent. Det borde vara så att den förvärmade lufttemperaturen är lägre, vilket i sin tur ger en högre gasförbrukning.

Miljömätningar

ÅF Energikonsult Syd utförde mätningar av NO_x och stoft i skorsten från försöksugnen före och efter ombyggnad. På grund av driftsproblemen blev det långt mellan mätningarna vilket medförde att olika personer utförde mätningarna. Dessa redovisades på något olika sätt. Resultaten har sammanställts för jämförelse i tabell 2.

Halterna NO_x och stoft sjönk påtagligt efter ombyggnaden.

Slutsats

Fullskaleförsöket med Flat Flamebrännare på Skrufs glasbruk genomfördes under 1995-2000. Projektet blev kraftigt försenat på grund av problem med att få rätt brännartyp. Det var också problem med att få styr- och reglersystem att fungera tillfredsställande och tillgänglighet till anläggningen begränsades då produktion pågick parallellt med test och utprovning.

Mätdata registrerades under de perioder som ugnen gick stabilt. Från dessa kan följande slutsatser dras:

- Energiförbrukningen har ökat något men samtidigt har glaskvaliteten förbättrats påtagligt vilket medför en bättre totalekonomi per kg producerat glas.

- NO_x- och stoftemissionerna minskades väsentligt.

- Dubbla brännare och ett mer raffinerat reglersystem fördyrar om- eller nybyggnad av denna ugnstyp. Skrufs Glasbruk är dock så nöjda att de har för avsikt att införa den nya tekniken i sina övriga degelugnar.

[1] **Svensson, Eva-Maria**, Nordic Pot Furnace Project - a new approach to gas heating, *Glasteknisk tidskrift*, 1993, nr 2, s 43-52

[2] **Fredriksson, Hans & Persson, Stellan**, Rapport SGC 120, Fullskaleförsök med FlatFlame brännare i degelugn. FUD-projekt på Skrufs Glasbruk, Svenskt Gastekniskt Center - Juli 2001, ISSN: 1102-7371, ISRN SGC-R—120—SE



NOTISER NOTISER NOTISER NOTISER NOTISER NOTISER NOTISER NOTISER NOTISER NOTISER NOTISER NOTISER NOTISER NOTISER NOTISER NOTISER

Self-Cleaning Glass

The Pilkington research scientist Kevin Sanderson who led the team which pioneered the development of Pilkington Activ™ self-cleaning glass, has won this year's prestigious Worshipful Company of Glass Sellers' 'Award of Excellence'.

Pilkington Activ™ has a patented, microscopically thin, pyrolytic coating which is applied on-line when the glass is being made. The durable coating has two important chemical properties. The active coating absorbs ultraviolet light from the sun which in turn gradually and continuously breaks down and loosens organic dirt on the glass surface through what is called a photocatalytic effect. The coating

also has a hydrophilic property, which causes falling rain water to spread out, or 'sheet', across the glass surface, washing away any dirt particles.

The Award is intended to recognise any significant new development or innovation that has significantly advanced glass science or technology. Applications are carefully evaluated by the SGT to produce a final short list of two. These are then scrutinised by an independent referee with wide technical expertise who makes a final judgement based on the originality and merits of the project.

Commenting on the award, John

Clark, this year's President of the International Glass Congress, past President of the SGT and a Past Master of the Worshipful Company of Glass Sellers, said - "I'm very excited that Kevin Sanderson and Pilkington have been awarded this year's prize for researching and commercially developing what is a remarkable innovation in glass science. I've already heard people comparing the development of Pilkington Activ™ with the Pilkington invention of the float process in the late 1950s and perhaps it will have the same dramatic impact that had for the worldwide glass industry."