

JERNKONTORETS FORSKNING

Serie	Nr	Datum	Forskningsuppgift nr
D	799	2003-11-24	51044

TO 51-34
(MEF03047)

EFFEKTIVARE ENERGIANVÄNDNING I ÄMNESVÄRMNINGSUGNAR GENOM FÖRBÄTTRAD STYRNING

Slutrapport av Bo Leden, MEFOS och Nils-Eric Wessberg, SSAB Oxelösund AB

Nyckelord: värmningsugnar, processtyrning, temperaturberäkning, värmningsmodeller, ståltillverkning

SAMMANFATTNING

Inom projektet har nya tekniker provats ut att genom bättre styrning erhålla en effektivare energianvändning. Inledningsvis utfördes en kvalitetssäkring av ugnsoptimeringssystemet FOCS-RF för plåtverksugnarna # 1 och # 2 vid SSAB Oxelösund AB. Inom projektet har olika möjligheter att vidareutveckla värmningsmodellen i FOCS-RF studerats för att erhålla bättre styrning av dragningstakten för ämnena och temperaturskillnaderna mellan deras över- och undersidor. Studier med STEELTEMP[®] 2D har gjorts för att klarlägga hur värmningsmodellens noggrannhet påverkas om pådragsberoende konvektionstal, flamstrålningsbidrag införes samt av hårdareatäckningen. Detta har lett fram till en rekommendation att de indikerande och reglerande termoelementen i FOCS-RF i största möjliga utsträckning skall placeras i ugnssvalv och ugnsbotten i stället för i sidoväggarna, när hårdareatäckningen varierar kraftigt, för att erhålla en noggrann beräkning av ämnestemperaturen.

I ugnar med plan hård i utjämningszonen sker ett värmeutbyte mellan härden och ämnena, som befinner sig i utjämningszonen. I STEELTEMP[®] 2D kalibreringsmodellerna har detta värmeutbyte beskrivits genom att ett delproblem införts.

De utvecklade modellerna har utvärderats mot ett flertal prov för att deras relevans skall kunna säkerställas.

Kvalitetssäkringen och samkalibreringen av värmningsmodellen för flera prov för ugnsstyrsystemet FOCS-RF har starkt bidraget till en genomsnittlig energibesparing på 4-5 % för ämnesugnarna #1 och #2 under perioden januari 1999 till mars 2003. Under denna period har produktionen i valsverket ökat, vilket hanterats väl av ugnsstyrsystemet FOCS-RF. Den erhållna energibesparingen i ämnesugnarna #1 och #2 uppgår till 11 GWh/år motsvarande en kostnadsbesparing av 2 Mkr/år.

Genom att införa pådragsberoende konvektionstal och flamstrålningsbidrag, hårdmodellen samt ändra placeringen av vissa indikerande termoelement i ugnen kan ytterligare energibesparingar erhållas. Den totala potentiella energibesparingen för samtliga i projektet deltagande företag har beräknats till ca 113 GWh/år. Besparingen i form av minskad glödskaalsbildning på 39 GWh/år, inkluderad i de 113 GWh/år, är ej verifierad.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sida

1	BAKGRUND	4
2	MÅL	4
2.1	ENERGIMÅL	4
2.2	ÖVRIGA MÅL	5
3	KOMMITTÉMEDLEMMAR	5
4	ERFARENHETER UNDER PROJEKTET	5
5	RESULTAT	6
5.1	BESKRIVNING AV PLÅTVERKSUGNARNA ÄU1 OCH ÄU2	6
5.2	KVALITETSSÄKRING AV FOCS-RF FÖR PLÅTVERKSUGNARNA ÄU1 OCH ÄU2	8
5.3	VIDAREUTVECKLING AV VÄRMNINGSMODELLERNA IFOCS-RF	10
5.3.1	PÅDRAGS- OCH HÄRDAREATÄCKNINGSBEROENDE VÄRMNINGSPARAMETRAR	10
5.3.2	MODELL FÖR VÄRMEUTBYTET MELLAN HÄRD OCH ÄMNE	12
5.3.3	TEKNIK FÖR KALIBRERING AV UGNSPARAMETRARN FÖR FLERA PROV SAMTIDIGT	14
5.4	STUDIER AV SAMPELET MELLAN BRÄNNARPLACERING OCH BRÄNNARPÅDRAG KONTRA VÄRMNINGSFÖRLOPP OCH TEMPERATURJÄMNHET I ÄMNENA	16
5.5	DRIFTSFÖRSÖK MED LÄDPROV VID SSAB OXELÖSUND AB	18
5.5.1	FÖRSÖK MED PERSONAL DELTAGANDE FRÅN MEFOS [5]	18
5.5.2	FÖRSÖK UTFÖRDA AV SSAB OXELÖSUND AB SJÄLVA	22
6	INDUSTRINYTTA OCH ENERGIBESPARINGAR	23
6.1	INDUSTRINYTTA MED FÖRBÄTTRAD STYRNING	23
6.2	ENERGIBESPARINGAR	24
7	RESULTATSPRIDNING TILL INDUSTRI	29
8	REFERENSER	29

APPENDIX

1 BAKGRUND

I dag ställs allt högre krav på energiutnyttjandet i valsverkens omvärmningsugnar. Vid SSAB Oxelösund AB har nya tekniker provats att erhålla en mer kontrollerad värmning av ämnena. De två ämnesugnarna # 1 och # 2 i plåtverket styrs av ett ugnsoptimeringssystem FOCS-RF [1] med radtaktning för kontroll av ugnstakten. Takten styrs i huvudsak av beräknade avvikelser mellan ämnenas temperaturer i respektive positioner och specificerad ideal värmningskurva samt uppehållstid över viss temperatur för ämnen med särskilda krav. Styrningen syftar till att ge ämnen inom samma produktgrupp likartad temperatur och temperaturjämnhet i dragningspositionen. Dessa storheter beräknas on-line med hjälp av värmningsmodellen i FOCS-RF [1]. Det är därför viktigt att denna modell är kvalitetssäkrad och att kritiska delar i modellen vidareutvecklas så att en förbättrad styrning av ugnen och minskad energiförbrukning erhålls.

Idag värms ämnena i kampanjer till tre olika måldragningstemperaturer 1150, 1170 och 1245 °C beroende på slutvalsningstjockleken och stålqualitén. Härden i utjämningszonen har en stor värmetröghet, vilket innebär att vid byte av måldragningstemperatur kommer de första ämnena i den nya kampanjen att värmas eller kylas av härden. Detsamma inträffar vid igångkörning av produktionen efter ett längre driftstopp. Detta får till följd att temperaturskillnaderna mellan ämnenas över- och undersidor kommer att variera med produktionen. Detta ger upphov till s k skidspetsar på ämnena, när de valsas, vilket försvårar valsningen avsevärt. För att studera detta förhållande har en möjlighet att inkludera härden i utjämningszonen i beräkningen införts i STEELTEMP[®] 2D.

I samband med installationen av konventionella brännare i ämnesugn # 1 snedvalv mellan mörk- och värmningszonen har möjligheter erhållits att studera hur ämnenas värmningsförlopp och produktiviteten förändras i samband med en sådan installation.

2 MÅL

2.1 Energimål

Genom en jämnare temperaturfördelning i ugnarna och en förbättrad styrning av ämnenas värmningsförlopp skattas en energibesparing erhållas på ca 3 %. I dag värms ca 6 200 kton i de fyra deltagande svenska verkens omvärmningsugnar. Med en energiåtgång i omvärmningsugnen på 400 kWh/ton blir den potentiella energibesparingen

$$0,03 * 6\,200\,000 \text{ ton/år} * 400 \text{ kWh/ton} = 74 \text{ GWh/år.}$$

Genom att värma effektivare så att en ökad produktivitet erhålls blir glödskaibildningen mindre, vilket uppskattas ge en höjning av utbytet på ca 0,1 %. Med en

energiåtgång på 6 351 kWh/ton för framställning av band eller plåt från malm fås följande potentiella besparing

$$0,001 * 6\,200\,000 \text{ ton/år} * 6\,351 \text{ kWh/ton} = 39 \text{ GWh/år.}$$

Den totala potentiell energibesparingen blir således 113 GWh/år

2.2 Övriga mål

Genomförandet av projektet förväntas ge ökad kunskap om

- erhållna produktionsökningar och energibesparingar vid installation av konventionella brännare i ugnens snedvalv mellan mörk- och värmningszonen i en omvärmningsugn
- förändringar av värmningsförlopp och temperaturjämnheten i ämnena när en befintlig omvärmningsugn kompletteras med konventionella brännare i ugnens snedvalv mellan mörk- och värmningszonen
- O₂-halter, oförbrända kolväten och NO_x-halter i ugnens olika zoner
- förbättrad värmningsmodell i ugnsstyrsystemet FOCS-RF och STEELTEMP[®] 2D
- ny teknik för kalibrering av ugnsparmetrarna för flera prov i STEELTEMP[®] 2D

3 KOMMITTÉMEDLEMMAR

Gunnar Carlén, ordf (t o m 2000-09-06)	SSAB Oxelösund AB
Nils-Eric Wessberg, ordf	SSAB Oxelösund AB
Lars Arvidsson	Ovako Steel AB, Hofors
Björn Jönsson	AvestaPolarit AB, Avesta
Stefan Olsson	SSAB Tunnpå AB, Borlänge
Jarkko Rautiainen	Rautaruukki Oy, Raah
Leden Bo, sekreterare	MEFOS

4 ERFARENHETER UNDER PROJEKTET

Inom projektet har ett intensivt samarbete skett med såväl de deltagande företagen som andra företag. Kvalitetssäkringen av ugnsoptimeringssystemet FOCS-RF har skett med stort engagemang av såväl Nils-Eric Wessberg, SSAB Oxelösund AB som Per-Olof Norberg, APC AB.

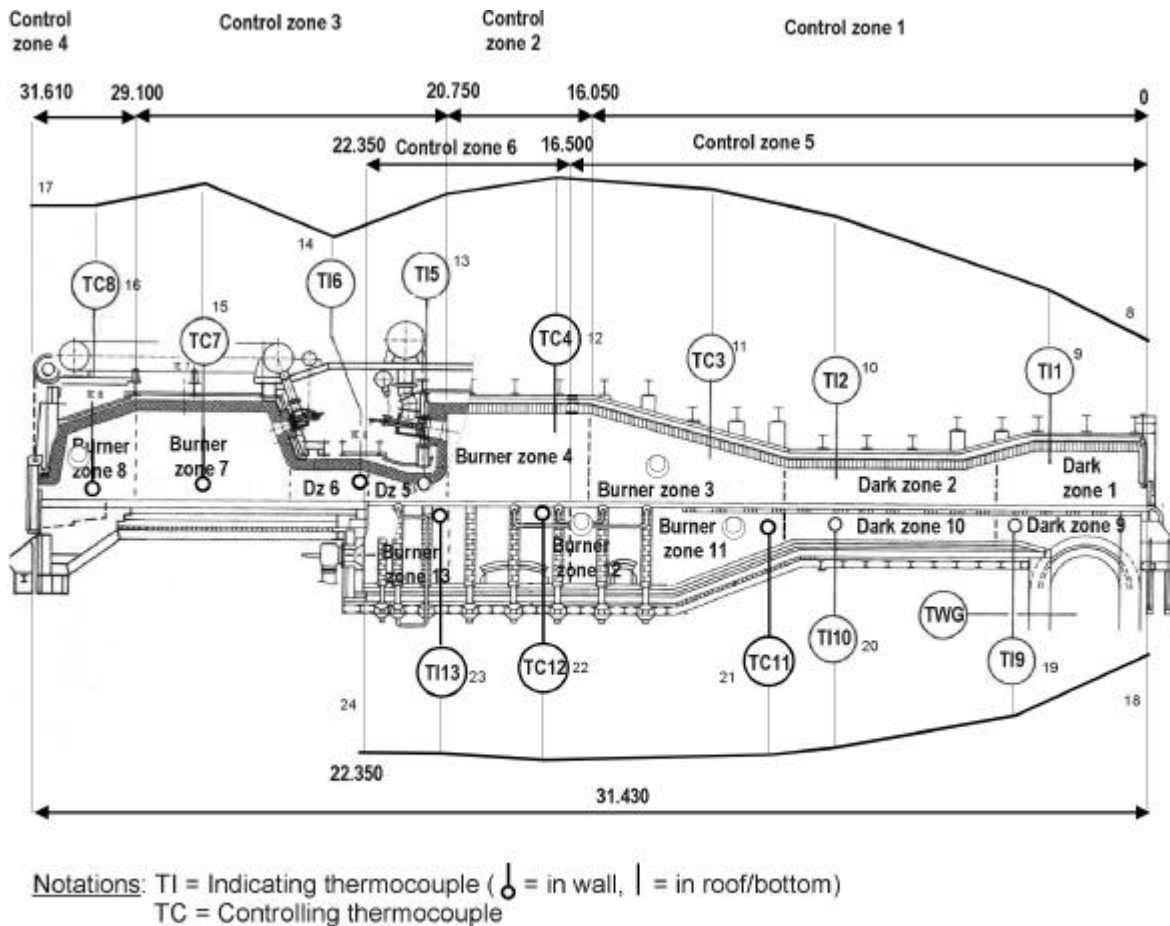
Utvecklingen av STEELOPT för att underlätta kalibreringen av värmningsmodellen i FOCS-RF med hjälp av STEELTEMP[®] 2D har skett i samarbete med Björn Jönsson, AvestaPolarit AB. Detta har krävt en stor arbetsinsats från AvestaPolarit AB. Idag är det möjligt att finna en gemensam kalibrering av värmningsmodellen i FOCS-RF för flera lådprov.

SSAB Oxelösund AB har gjort ett lådprov tillsammans med MEFOS och nio lådprov själva för att möjliggöra modellutvecklingen i STEELTEMP[®] 2D och kartlägga energiförbrukningen i ämnesugnarna # 1 och #2. Parallellt med proven har Nils-Eric Wessberg gjort en omfattande studie av inverkan av de indikerande termoelementens placering och de värmda ämnenas längd (hårdareatäckningen) på ämnenas värmningsförlopp. Denna studie är mycket väsentlig för det långsiktiga arbetet med att ytterligare förbättra noggrannheten i FOCS-RF värmningsmodell.

5 RESULTAT

5.1 Beskrivning av plåtverksugnarerna ÄU1 och ÄU2

I plåtverket vid SSAB Oxelösund AB värms traditionella stål, svetsbara höghållfasta stål och slitstål i två genomskjutningsugnar. Ämnesugn # 2 (ÄU2) består av en över- och undereldad värmningszon och en övereldad utjämningszon med plan hård enligt Figur 2. Värmningszonen är utrustad med sex gavelbrännare i överzonen och fem gavelbrännare i underzonen, medan utjämningszonen är utrustad med sex sidobrännare, tre på vardera sidoväggen av ugnen. Före semesterstoppet 1999 var ämnesugn # 1 och # 2 nära identiska vad beträffar installerad effekt och dess fördelning mellan zonerna. Ämnesugn # 1 (ÄU1) har sex gavelbrännare i vardera övre och undre värmningszonen men i stället för sidobrännare i utjämningszonen har den åtta gavelbrännare, riktade mot utmatningssluckan. Viss skillnad mellan ugnarna föreligger även beträffande värmningszonernas längd och höjd. En sidovy av ämnesugn #1 efter ombyggnaden visas i Figur 1. Ugnarna kan eldas både med koksugns gas och tjockolja.



i:/layout/avd-vb/bl-äü 1

Figur 1 - Sidovy visande instrumentering och modellering av ämnesugn # 1 i plåtverket vid SSAB Oxelösund AB efter ombyggnaden sommaren 1999.

Sommaren 1999 installerades i ämnesugn # 1 en brännare på vardera sidoväggen i snedvalvet mellan den övre mörk- och värmningszonen och två brännare på vardera sidoväggen i motsvarande undre del enligt sidovyn i Figur 1. Dessa brännare bildar reglerzon 1 och 5 med en installerad effekt på 3,9 respektive 7,8 MW. Vidare installerades ett koksugns gasbrännarpär 3,1 MW i sidoväggarna på vardera sidan av utmatningsluckan för att minska kalluftinläckningen genom luckan. Samtidigt minskades storleken på gavelbrännarna i den övre värmningszonen till 20,4 MW och den befintliga utjämningszonen brännarkapacitet minskades till 3,8 MW. Genom denna ombyggnad ökade värmningskapaciteten från 55 ton/h till 75 ton/h med bibehållen storlek på skenmärkena. NO_x-halten i rökgaserna förblev oförändrad.

Ämnena skjuts framåt i ugnarna i två parallella rader av två inskjutare på inmatningsbädden. På de båda raderna värmes växelvis korta och långa ämnen för att minska nötningen av utjämningshärden. När inskjutaren gör ett slag kommer alla

ämnen att skjutas framåt på det fasta vattenkylda skensystemet. Skenorna kyls med hjälp av ett slutet ångsystem, som cirkulerar en blandning av 95 % vatten och 5 % mättad ånga. Ångan separeras i en dom och matas in i verkets ångdistributionssystem med en produktionstakt av 2-3 ton/h. Leverantör av ugnen är Didier, Tyskland.

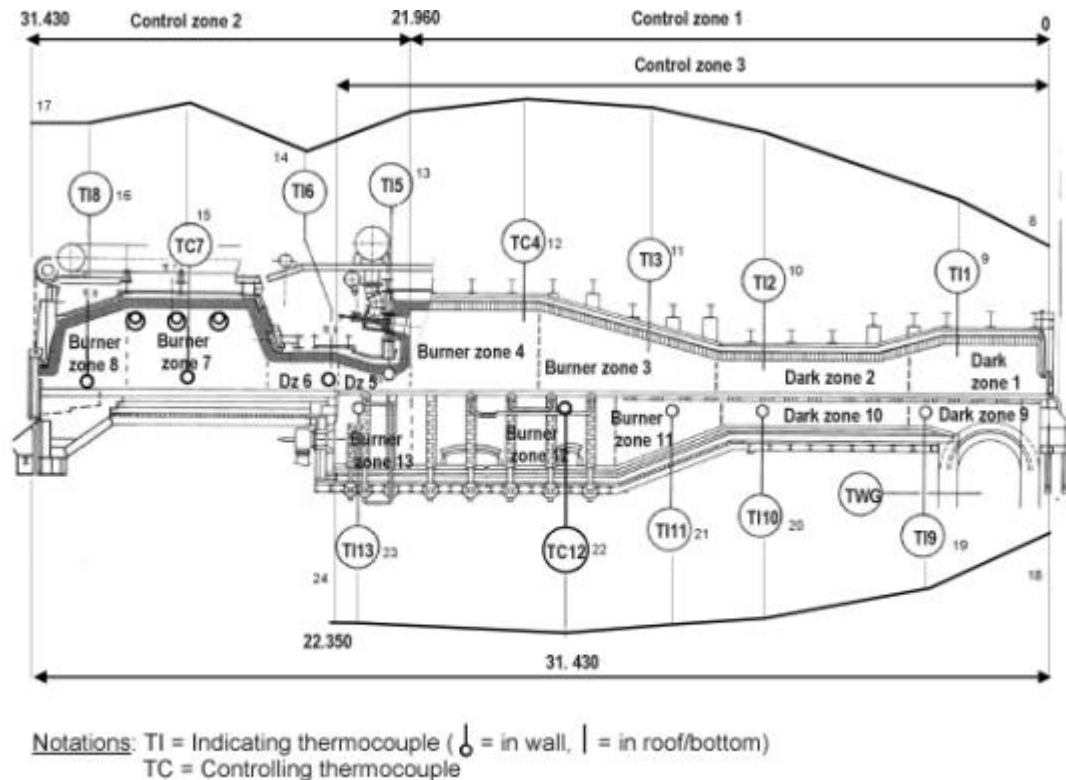
5.2 Kvalitetssäkring av FOCS-RF för plåtverksugnarna ÄU1 och ÄU2

I STEELTEMP[®] 2D finns speciell programvara för kvalitetssäkring och kalibrering av värmningsmodellen i FOCS-RF, jfr [2]. Under simuleringen läser och tolkar STEELTEMP[®] 2D loggningsfilerna skapade av FOCS-systemet under provet. Temperaturerna beräknade med STEELTEMP[®] 2D kan antingen jämföras med temperaturerna beräknade on-line av värmningsmodellen i FOCS-RF vid kvalitetssäkring eller med de mätta temperaturerna i testämnet vid kalibrering. Stora avvikelser vid kvalitetssäkringen erhålls om loggningen i FOCS inte fungerar, felaktigheter finns i FOCS-koden eller parametrarna i STEELTEMP[®] 2Ds indatafil inte överensstämmer med motsvarande parametrar i FOCS-RF ugnsspecifika databasen. När kvalitetssäkringen är genomförd kan kalibreringen genomföras, vilket innebär att parametrarna i värmningsmodellen justeras så att en optimal överensstämmelse erhålls mellan beräknade och mätta ämnestemperaturer i testämnet.

MEFOS har tillsammans med APC AB gjort en kvalitetssäkring av ugnsoptimeringssystemet FOCS-RF för plåtverksugnarna ÄU1 och ÄU2 vid SSAB Oxelösund AB. STEELTEMP[®] 2D indatafiler för läsning av loggningsfiler från FOCS-RF har ställts upp för de båda ugnarna. Ett simuleringssystem FOCSSIM_RF för läsning av loggningsfiler har framtagits för ugn ÄU1. Det senare systemet har genererats med hjälp av översänd realtidskod för FOCS-RF vid SSAB Oxelösund AB. Kvalitetssäkringen omfattar följande punkter för de båda ugnarna

- uppdatering av den ugnsspecifika databasen FOCSDB i FOCS-RF
- omprogrammering av rutiner för beräkning av ugnstemperaturerna ovanför och under ämnena i FOCS-RF (rutinerna TPGWTR.FOR, GWTMMR.FOR och GWTLIR.FOR)
- beräkningen av andelen koksugns gas/olja (lagrad i FOCSDB variabeln QRIFL) har viktats med värmevärdena för dessa bränslen för att kunna beräkna koksugns gas- och oljeflöden ur tillförda bränsleeffekter
- lagring av förbränningsluftflöden och värmevärden för koksugns gas och olja i FOCS-RFs signalfilen

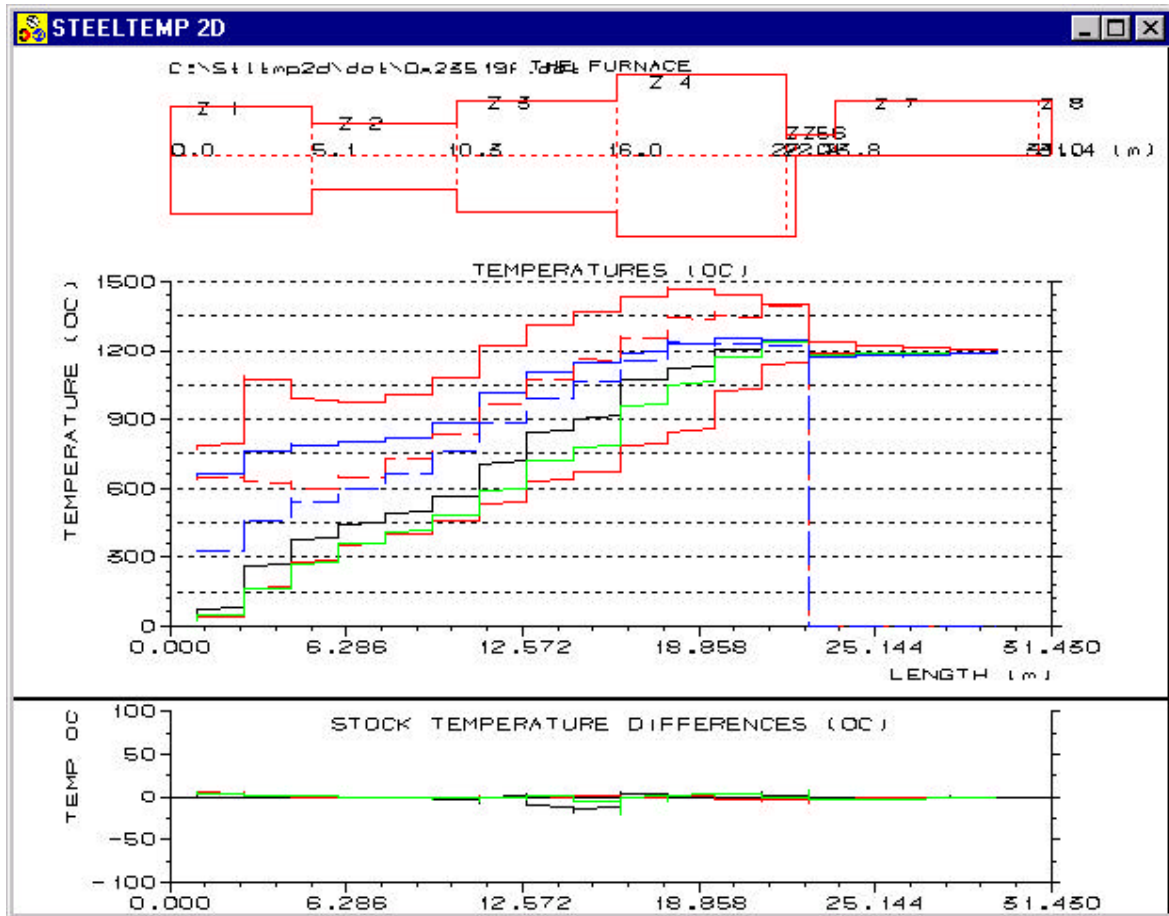
En sidovy visande instrumentering och modellering av plåtverksugn 2 återfinnes i Figur 2.



i:/layout/avd-vb/bl-au2

Figur 2 - Sidovy visande instrumentering och modellering av ämnesugn # 2 i plåtverket vid SSAB Oxelösund AB.

Figur 3 visar STEELTEMP[®] 2D realtidsplotten vid kvalitetssäkringen av denna ugn med ugnen, ämnes- och ugnstemperaturerna genererade från loggningsfilerna samt skillnaderna mellan ämnestemperaturerna beräknade med STEELTEMP[®] 2D och FOCS-RF. Ugnstemperaturerna i den mittersta plotten i figuren är temperaturerna ovanför testämnet använda av värmningsmodellen i FOCS-RF för att beräkna ämnestemperaturerna on-line. Ugnstemperaturerna är återskapade av STEELTEMP[®] 2D från loggningsfilerna genererade av FOCS-RF. Dessa filer innehåller även temperaturerna beräknade on-line av FOCS-RF. Från den nedre delen av figuren framgår att systemet är kvalitetssäkrat, dvs temperaturskillnaderna beräknade med STEELTEMP[®] 2D och FOCS-RF är försumbara.



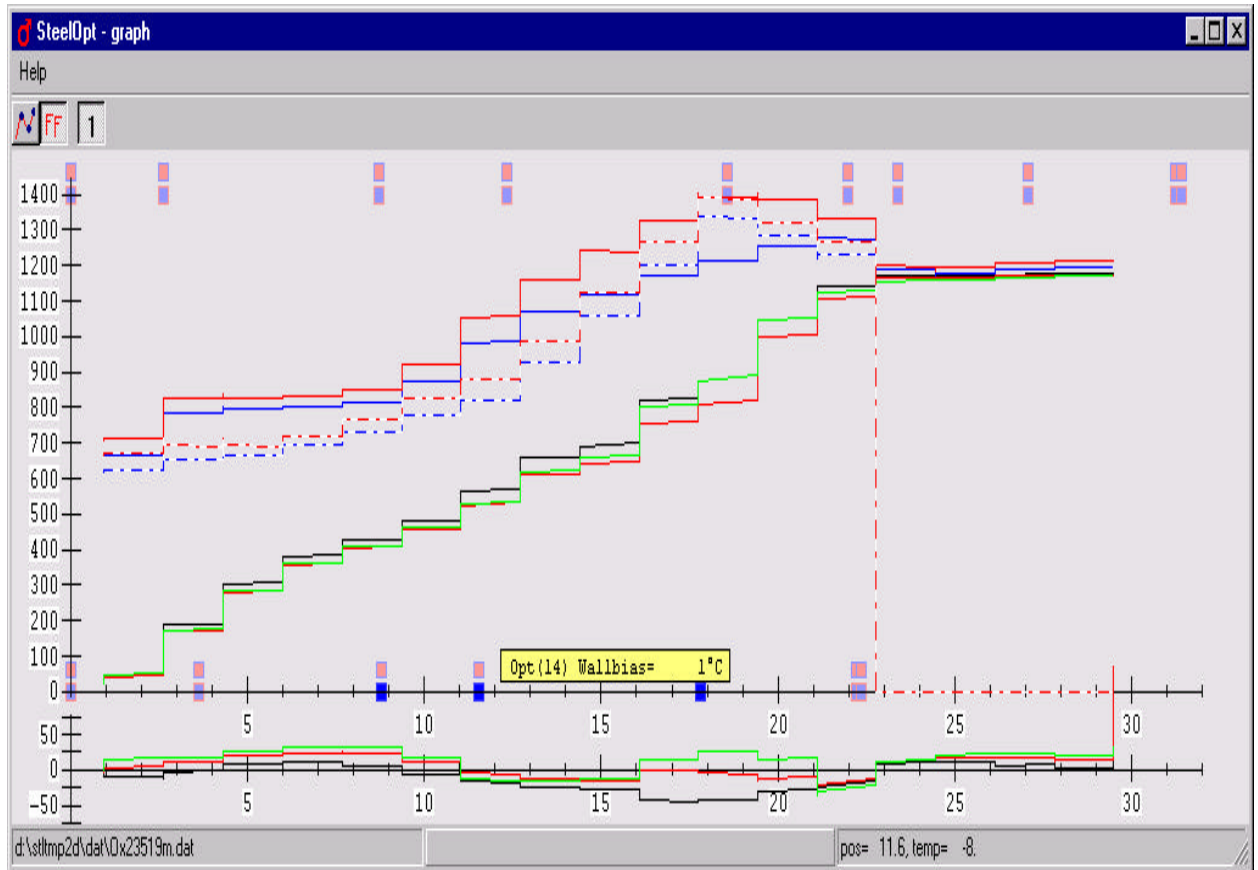
Figur 3 - Resultatet av STEELTEMP[®] 2D kvalitetssäkring av värmningsmodellen i FOCS-RF-system för genomskjutningugn #2 vid SSAB Oxelösund AB. Övre del: Ugnen och dess FOCS-zoner. Mittersta delen: Beräknade ämnestemperaturer i mätpunkter belägna på 25 (svart), 50 (röd) and 75 (grön) % djup av testämnets tjocklek och ugnstemperaturerna (röd/blå heldragen/bruten kurva motsvarar gas-/väggtemperaturerna i övre respektive undre ugnszonerna). Nedre delen: Avvikelser mellan beräknade och mätta ämnestemperaturer.

5.3 Vidareutveckling av värmningsmodellerna i FOCS-RF

5.3.1 Pådrags- och härdareatäckningsberoende värmningsparametrar

I värmningsmodellen i FOCS-RF [1] beräknas ämnens värmningsförlopp utifrån data från materialföljningssystemet, mätta ugnstemperaturer och bränsleflöden, en geometrisk och termisk beskrivning av ugnen. Tidigare var endast skillnaden mellan gas- och väggtemperaturen, den s k gasbias, pådragsberoende. En vidareutveckling av STEELTEMP[®] 2D har gjorts för att kunna studera hur värmningsmodellens noggrannhet påverkas om pådragsberoende konvektionstal och flamstrålningsbidrag införes enligt Appendix A. Resultatet av en sådan simulering med optimeringsprogrammet STEELOPT återfinnes i Figur 4. I simuleringen har pådragsberoende konvektionstal och den nya transmissionsmodellen B, beskriven i Appendix A,

använts. Vid beräkningen läses temperaturen i FOCS-zon 11 från det nya botten-termoelementet installerat under rad 2(4) i stället för från väggtermoelementet i denna zon.



Figur 4 - Resultatet från en optimering av väggbias i brännarzonerna 10-12 med STEELOPT i ämnesugn # 2 för lådprovet utfört den 19 maj 2003 vid SSAB Oxelösund AB.

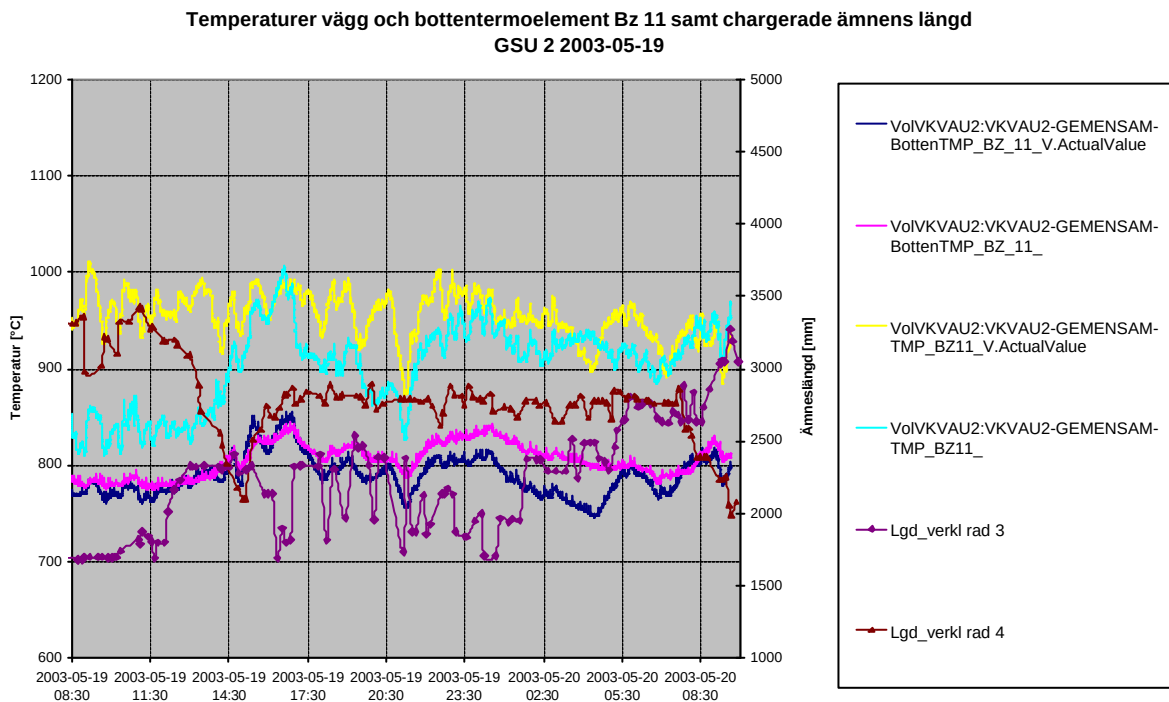
Valet av placeringarna av de termoelement i ugnsväggar, ugnsvälv eller ugnsbotten, som registrerar ugnstemperaturerna, är kritiskt för noggrannheten i värminningsmodellen. Dessa termoelement känner inte bara av strålningen från ugnsväggar och rökgaser utan även ämnens kylande inverkan, vilken bl a beror av avståndet mellan termoelement och ämne. Då termoelementet är placerat i sidoväggen kommer detta avståndet att bero på ämneslängden. Inom projektet har en alternativ placering av de två väggtermoelementet i FOCS-zon 11 undersökts i vardera ämnesugnar #1 och #2, jfr Figurerna 1 och 2. I dessa ugnar har fyra nya termoelement installerats i ugnsbotten under raderna 1, 2, ..., 4 i FOCS-zonen 11.

Under lådprovet utfört den 19 maj 2003 chargerades långa ämnen på rad 2(4) innan prov- och lådämnet skulle chargerats. Dessa båda ämnen är korta. För att möjliggöra charging av dessa båda ämnen måste längden på ämnena som chargerats på rad 2(4) successivt minskas från kl 11:00 fram till chargingen av prov- och lådämnet kl 15:02. Detta gav en utomordentlig möjlighet att studera hur termoelement-

signalerna i vägg- och ugsbotten påverkades av förändringen av ämneslängden på rad 2(4). Figur 5 visar att väggtemperaturen TEMP_BZ11_O_ActualValue stiger kraftigt under det aktuella tidsintervallet, då ämneslängden minskar, medan ugsbottentemperaturen BottenTMP_BZ11_O_ActualValue endast påverkas obetydligt.

Det bör noteras att väggbias i FOCS-zon 11 blir nära noll då botten-termoelementet under rad 4 användes som registrerande termoelement i denna zon, jfr OPT(14) Wallbias=1 °C i Figur 4.

Detta faktum att väggtemperaturen TEMP_BZ11_O_ActualValue, mätt med ett termoelement i sidoväggen, påverkas kraftigt av ämneslängden, gör det svårt att erhålla en kalibrering av värmningsmodellen i FOCS-RF giltig för alla värmningsfall. *Därför rekommenderas att i största möjliga utsträckning de indikerande och reglerande termoelementen i FOCS-RF placeras i ugsbotten under respektive ämnesrad.*



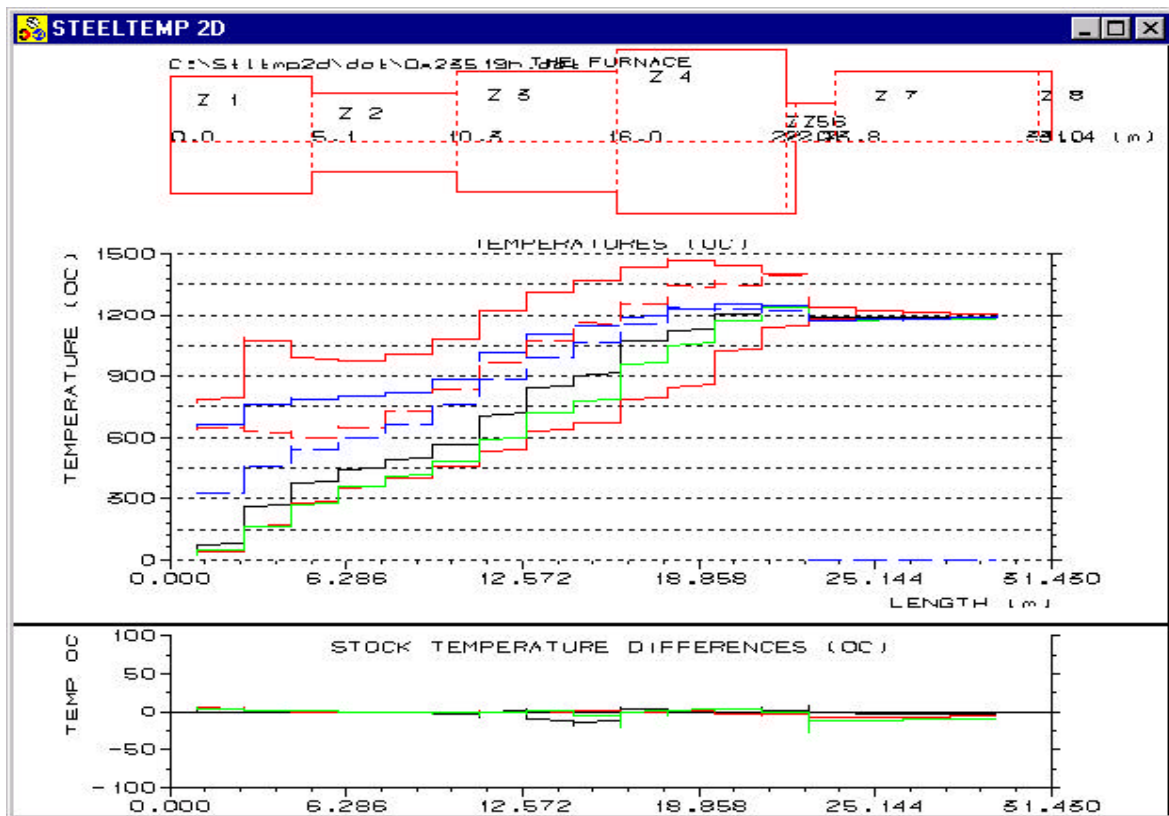
Figur 5 - Vägg- och ugsbottentemperaturer i brännarzon 11 samt ämneslängden på rad 3 och 4 i ämnesugn # 2 under lådprovet utfört den 19 maj 2003 vid SSAB Oxelösund AB.

5.3.2 Modell för värmeutbytet mellan hård och ämne

I ugnar med plan hård i utjämningszonen sker ett värmeutbyte mellan hård och ämnena, som befinner sig i utjämningszonen. I STEELTEMP[®] 2D kalibreringsmodellerna har detta värmeutbyte beskrivits genom att ett delproblem införts med vars hjälp hårdens i utjämningszonen kan inkluderas i strukturen. Det nya delproblemet aktiveras automatiskt, då avståndet på ämnets undersida till hårdens blir noll.

För den nya strukturen specificeras samtliga geometri-, material-, integrations- och utskriftsdata. Initialtemperaturerna specificeras endast för de regioner som adderats till strukturen. Randvillkoren för härden sättes automatisk av STEELTEMP[®] 2D.

För att testa den nya modellen i STEELTEMP[®] 2D har kvalitetssäkringen av lådprovet utfört den 19 maj 2003 upprepats men med ett nytt delproblem inkluderat, innehållande en beskrivning av utjämningshärden i ämnesugn ÄU2. Härden består i modellen av tre olika isolerskikt med initialtemperaturerna 1135, 800 och 400 °C. Mellan provämnet och härden har ett 1 mm tjockt glödskalsskikt införts. Då provämnet just kommer upp på härden är dess medeltemperatur 1179 °C. Detta får till följd att provämnets undersida kyls av härden medan härden värms upp av provämnet. Resultatet av beräkningarna framgår av Figur 6. Notera att ämnestemperaturerna sjunker mer ju närmare härden nodpunkterna för dessa temperaturer är belägna, jfr Figur 3.



Figur 6 - Resultatet av STEELTEMP[®] 2D kvalitetssäkring av värmningsmodellen i FOCS-RF-system för genomskjutningugn #2 vid SSAB Oxelösund AB. I beräkningen har härden i utjämningszonen inkluderats i strukturen. Övre del: Ugnen och dess FOCS-zoner. Mittersta delen: Beräknade ämnestemperaturer i mätpunkter belägna på 25 (svart), 50 (röd) and 75 (grön) % djup av testämnets tjocklek och ugnstemperaturerna (röd/blå heldragen/bruten kurva motsvarar gas-/väggtemperaturerna i övre respektive undre ugnszonerna). Nedre delen: Avvikelser mellan beräknade och mätta ämnestemperaturer.

5.3.3 Teknik för kalibrering av ugnparametrarna för flera prov samtidigt

De under punkterna 6.3.1 och 6.3.2 utvecklade modellerna måste utvärderas mot ett flertal prov för att deras relevans skall kunna säkerställas. Därför har ett optimeringsprogram STEELOPT till STEELTEMP[®] 2D utvecklats, som gör det möjligt att finna de värden på ett valbart antal parametrar i värmningsmodellen, som minimerar avvikelserna mellan mätta och de av STEELTEMP[®] 2D beräknade ämnestemperaturerna för proven. Detta arbete har utförts i samarbete med Björn Jönsson, AvestaPolarit AB i Avesta.

STEELOPT är ett program för optimering av gas och väggbias för de indikerande och reglerande termoelementen för värmningsmodellen i FOCS-RF. För varje lådprov tas en komplett filuppsättning för kalibrering fram. Dessa filuppsättningar skall referera till samma kalibreringsfil Opt.cal för termoelementbias och Plotc.plt fil, innehållande avvikelserna mellan beräknade och mätta ämnestemperaturer i tre punkter A, B och C.

I STEELOPT finns ett flertal kommandon tillgängliga. Variabler kan sättas till fasta värden, ett fönster i ugnens längdriktning kan specificeras inom vilket optimeringen utförs och olika viktsfaktorer kan givas till avvikelserna mellan beräknade och mätta temperaturer för de tre punkter A, B och C. En utförlig beskrivning av STEELOPT återfinnes i [3].

Under våren 2003 utfördes två lådprov den 8 april 2003 och den 19 maj 2003, benämnda F9 respektive F10 i sammanställningen över lådprov i avsnitt 6.5.2. Båda proven genomfördes vid normala produktionsförhållanden, dvs valsning av ämnen från båda ugnarna och verkspacing. Under proven skedde ej något valsbyte. För att testa inverkan av ämneslängden på kalibreringsresultatet kördes vid prov F9 korta ämnen på rad 2(4) och långa ämnen på rad 1(3) medan vid provet F10 förhållandena var de motsatta. Måldragningstemperaturerna vid proven F9 och F10 var 1180 °C respektive 1170 °C.

I Figur 7 visas resultatet från rekalkibreringen av värmningsmodellen i FOCS-RF för de de båda proven F9 och F10. I detta fall har endast väggbias i FOCS-zonerna 10, 11 och 12 tillåtit variera, vilket i SteelOpt fönstret markeras med att WALLBL för termoelement 13, 14 och 15 saknar *. För att lätt kunna införa kalibreringen i FOCS-RF systemet för ämnesugn # 2 har den befintliga transmissionsmodell A för gasstrålning och ingen konvektionberoende pådragsmodell använts.

I de övre delarna av Figurerna 8 och 9 visas värmningsförloppet för de beräknade temperaturerna belägna på 25, 50 och 75 % djup av testämnets tjocklek samt de beräknade/mätta ugnstemperaturerna. Temperaturavvikelse mellan mätta och beräknade temperaturer visas i de nedre delarna av figurerna. I de övre och nedre delarna av figurerna markeras positionerna för de indikerande och reglerande

SteelOpt

THE SUM OF SQUARES IS 1.20819219E+04

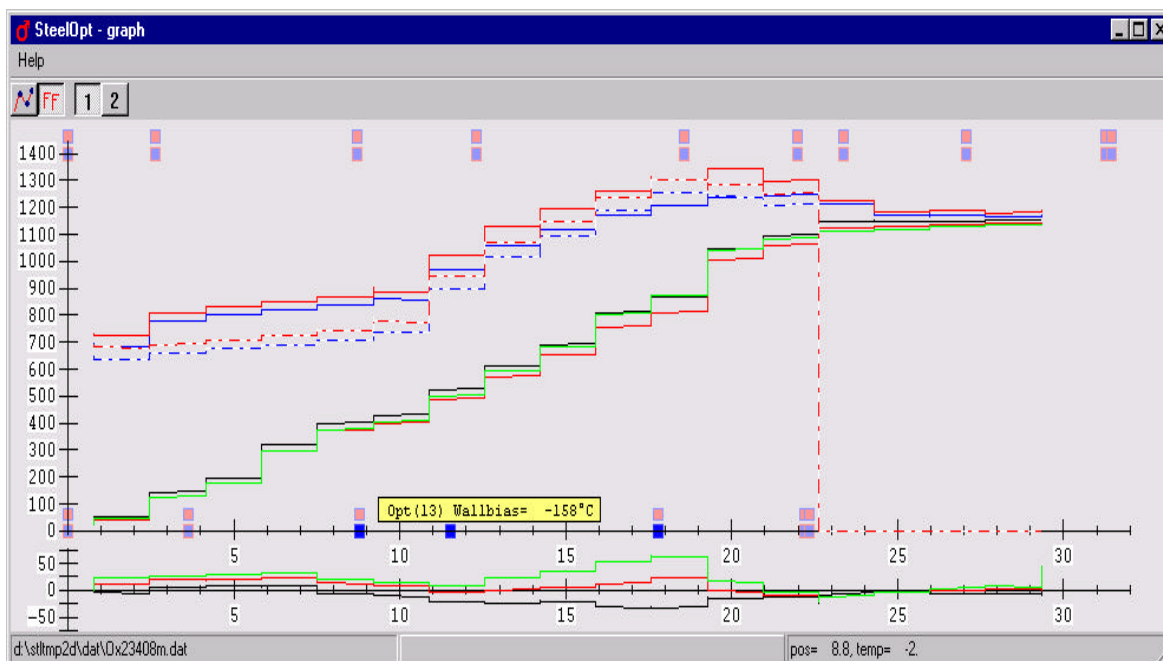
```
>list_all_var
```

!VAR	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*
WALLBU	-50.	100.	0.	0.	0.	0.	0.
!VAR	8*	9*	10*				
WALLBU	0.	0.	0.				
!VAR	11*	12*	13	14	15	16*	17*
WALLBL	-50.	0.	-158.	11.	11.	0.	0.
!VAR	18*	19*	20*	21*	22*	23*	24*
GASBU	0.	80.	80.	170.	250.	30.	30.
!VAR	25*	26*	27*				
GASBU	40.	40.	40.				
!VAR	28*	29*	30*	31*	32*	33*	34*
GASBL	0.	40.	60.	80.	80.	40.	40.

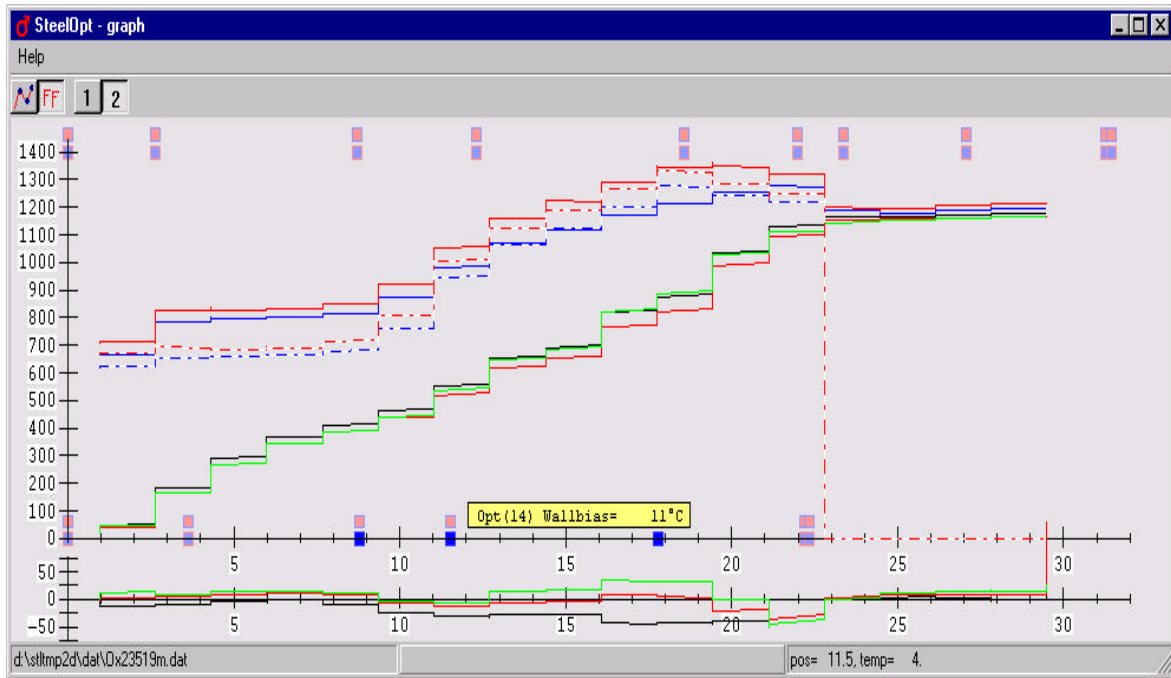
>_

Figur 7 - Fönstret SteelOpt för optimering av väggbias i FOCS-zonerna 10-12 med STEELOPT i ämnesugn # 2 för de båda lådproven utförda den 8 april och 19 maj 2003 vid SSAB Oxelösund AB.

termoelementen som fyrkantiga blåa och röda knappar för vägg- respektive gasbias. De variabler som användes vid optimeringen har klara färger. Av figurerna framgår att en god överensstämmelse har erhållits mellan mätta och beräknade temperaturer för de båda proven. För att utvärdera de nya modellerna behövs ytterligare tester.



Figur 8 - Resultatet från en optimering av väggbias i FOCS-zonerna 10-12 med STEELOPT i ämnesugn # 2 för lådprovet utfört den 8 april 2003 vid SSAB Oxelösund AB. Optimeringen är utförd för de båda proven den 8 april och 19 maj 2003 samtidigt.



Figur 9 - Resultatet från en optimering av väggbias i FOCS-zonerna 10-12 med STEELOPT i ämnesugn # 2 för lådprovet utfört den 19 maj 2003 vid SSAB Oxelösund AB. Optimeringen är utförd för de båda proven den 8 april och 19 maj 2003 samtidigt.

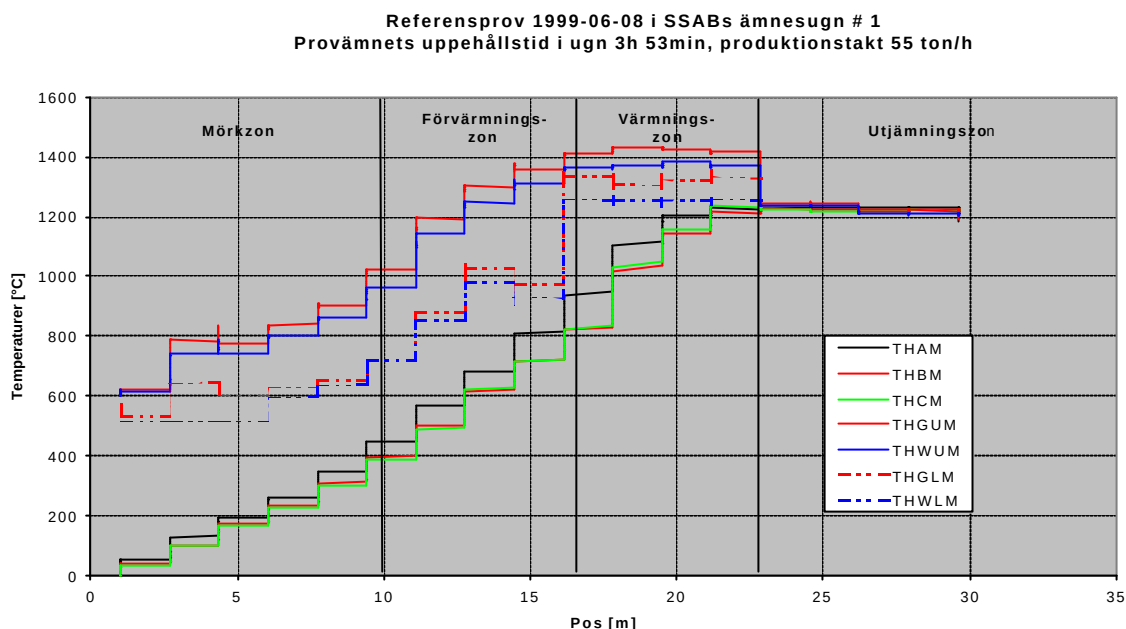
5.4 Studier av samspelet mellan brännarplacering och brännarpådrag kontra värmningsförlopp och temperaturjämnhet i ämnena

Före ombyggnaden sommaren 1999 bestod ämnesugn # 1 av en över- och undereldad värmningszon och en övereldad utjämningszon med plan hård. Sommaren 1999 installerades i denna ugn en brännare på vardera sidoväggen i ugnens övre snedvalv mellan mörk- och värmningszonen och två brännare på vardera sidoväggen i motsvarande undre del av ugnen. Vidare minskades storleken på gavelbrännarna i den övre värmningszonen. Dessutom installerades ett koksugns-gasbrännarpär på sidoväggarna på vardera sidan av utmatningsluckan för att minska kalluftinläckningen.

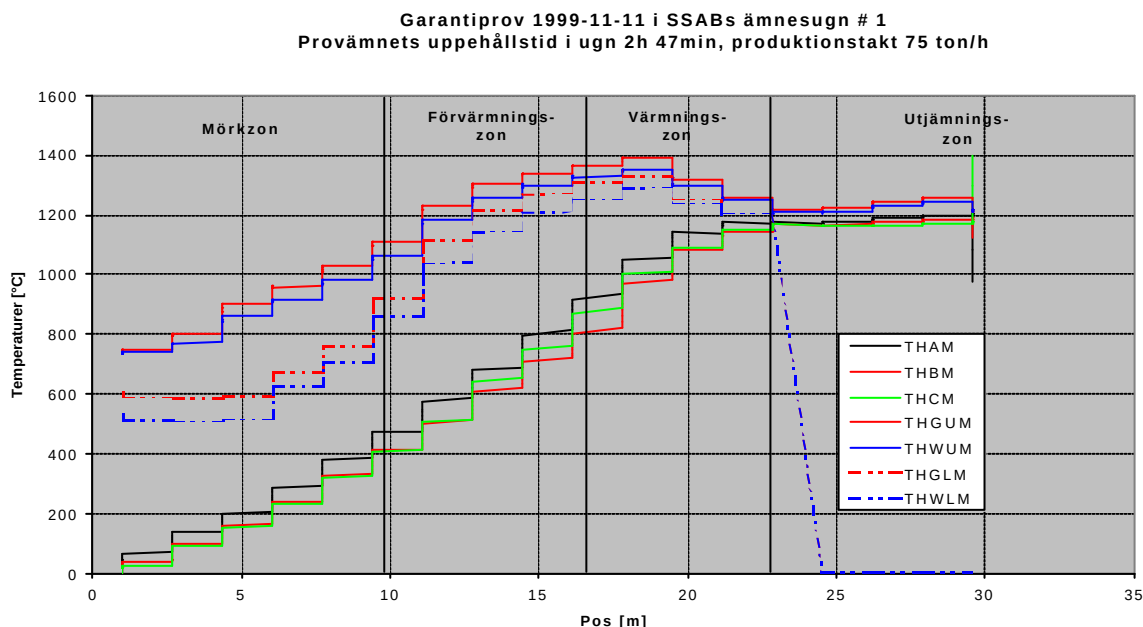
Före ombyggnaden gjordes två referensprov den 8 och 10 juni 1999, då värmningsförloppet mättes i ett provämne med inborrade termoelement vid den maximala produktionstakten 55 ton/h. Efter ombyggnaden gjordes sedan två garantiprov den 9 och 11 november 1999 vid den nya maximala produktionstakten 75 ton/h. Vid garantiprovet den 9 november fallerade mätningen av provämnets värmningsförlopp delvis. Från referensprovet den 8 juni och garantiprovet den 11 november 1999 har samspelet mellan brännarplacering och brännarpådrag kontra värmningsförlopp och temperaturjämnhet studerats.

Med hjälp av kalibreringsmodellerna i STEELTEMP[®] 2D har det *mätta värmningsförloppet* samt gas- och väggtemperaturerna ovanför och under

provvämmet genererats och sedan plottats i ett MS Excel diagram för referensprovet utfört den 8 juni 1999 och garantiprovet utfört den 11 november 1999 enligt Figur 10 respektive 11. För att förenkla tolkningen av proven har placeringarna av mörk-, förvärmnings-, värmnings- och utjämningszonen markerats i diagrammen.



Figur 10- Provvämnets värmningsförlopp vid referensprovet 55 ton/h utfört den 8 juni 1999 före ombyggnaden av ämnesugn # 1 vid SSAB Oxelösund AB.



Figur 11- Provvämnets värmningsförlopp vid garantiprovet 75 ton/h utfört den 11 november 1999 efter ombyggnaden av ämnesugn # 1 vid SSAB Oxelösund AB.

En jämförelse mellan referens- och garantiprovet visar att de nya brännarna ger högre vägg- och gastemperaturer i mörk- och förvärmningszonen. Provämnenas värmes likartat i mörkzonen medan de nya brännarna i förvärmningszonen ger en snabbare påvärmning av ämnets undersida i denna zon. Detta medför att provämnets medeltemperatur i förvärmningszonen under garantiprovet med produktions-takten 75 ton/h blir högre än motsvarande temperatur vid referensprovet med pro-duktionstakten 55 ton/h. Vid referensprovet når provämnet med marginal måldrag-ningstemperaturen 1190 °C i slutet av värmningszonen medan vid garantiprovet provämnets medeltemperatur då endast uppgår till 1170 °C. Temperaturgradienterna i provämnet uppgår till 8 °C i slutet av värmningszonen vid garantiprovet medan motsvarande gradienter är 9 °C vid referensprovet. Vid garantiprovet värmes i huvudsak endast provämnet översida i utjämningszonen, vilket får till följd att provämnets medeltemperatur blir 1190 °C och gradienterna 26 °C, då provämnet drags ur ugnen. Motsvarande värden vid referensprovet den 8 juni var för medel-temperaturen 1221 °C och gradienterna 2 °C.

Slutsatsen blir att de nya brännarparen i förvärmningszonen visserligen ger en på-värmning av ämnets undersida och därmed en högre medeltemperatur i ämnet i slutet av förvärmningszonen men detta effekttillskott är inte tillräckligt för att erhålla den utlovade produktionshöjningen från 55 ton/h till 75 ton/h med bibe-hållna temperaturgradienter i ämnena. Installationen av de nya brännarparen i för-värmningszonen har medfört att ämnenas undersidor nu värmes snabbare än tidigare men fortfarande ej lika snabbt som översidorna.

5.5 Driftsförsök med lådprov vid SSAB Oxelösund AB

5.5.1 Försök med personal deltagande från MEFOS [5]

Provämnet med inborrade termoelement chargerades på rad 2 i ämnesugn # 1. Efter provämnet följde ett lådämne med två STOR Thermophil mätsonder, placerade i en isolerad låda med vattenbehållare och ångutsläppningshål, till vilka termoelementen var anslutna. Lådan var nedsänkt i lådämnet. Under provet användes en fast taktid 205 s, vilket gav en radtakt på 13 min 40 s.

Provämnet var försett med tolv 3 mm typ K termoelement inborrade i tre olika mätsnitt enligt lådprovsprotokollet i Figur 12. Det första var placerat mitt emellan de fasta skenorna 3 och 4 på vilka ämnena sköts på rad 2, det andra och tredje ovan-för dessa båda skenor. Hålen i provämnet för dessa termoelement hade borrats till 25, 50 och 75 % djup av provämnets höjd.

LÅDPROVSPROTOKOLL FÖR ÄMNESUGNAR			
DATUM: 2000-03-02		ÅURAD: 2	ÄMNESID: 33 45 41 -01-07
SONDNR: 583		MÄTSTART:	Mätstart = klockslag för överföring av data till sond + tidstrigging
KANAL	LÄGE	ELEMENT-ID	DJUP
1	1	146773	58
2	2	146774	113
3	3	145853	165
4	7	145854	59
5	8	145861	113
6	9	145862	170
SONDNR: 963		MÄTSTART:	
KANAL	LÄGE	ELEMENT-ID	DJUP
1	5	145908	111
2	11	145883	113
3	12	145884	110
4	16	115145	2
5	17	115150	20
6	18	145897	205
TYP AV TERMoeLEMENT: Pentronik typ k, Ø 8 mm. MÄTINTERVALL: 60 s TID FÖR ÄMNET IN UNDER UGNSLUCKAN: PROVÄMNETS DIMENSIONER: 1660 x 214 x 2098 B*T*L mm STYRANDE TE-ELEMENT I ÄU: ZON1: ZON2: ZON3: ZON4: ZON5: ZON6: SIGNATUR:			

Figur 12- Lådprovsprotokoll visande placeringen av de inborrade termoelementen vid lådprovet utfört den 2 mars 2000 i ämnesugn # 1 vid SSAB Oxelösund AB.

En nyutvecklad metod användes för att registrera ugnstryck, O₂-, CO-, SO₂- och NO_x-halterna i rökgaserna på ämnets översida. Ett värmebeständigt Inconel 6 mm rör och ett rostfritt 6 mm rör najades ihop med ett 4,5 mm typ K manteltermoelement och fästes med bleck på ämnets översida så att rörens öppningar och termoelementets spets hamnade vid mätsnittet mellan de fasta skenorna 3 och 4. Rören drogs med provämnet, vilande ovanpå ämnesmattan, genom ugnen. Utanför ugnen vid inmatningssidan anslöts rören till en Kane-May Quintox gasanalysator för registrering av O₂-, CO-, SO₂- och NO_x-halterna i rökgaserna samt ugnstrycket. Mätvärden från gasanalysatorn ger värdefull information om rökgassammansättningen, falskluftinläckningen, oförbrända kolväten och NO_x-bildningen i ugnen.

Den nyutvecklade metoden att mäta ugnstryck, O₂-, CO-, SO₂- och NO_x-halterna i rökgaserna fungerade mycket väl.

Försöksbetingelserna enligt experimentmeddelandet [6] återfinns i sammanställningen nedan:

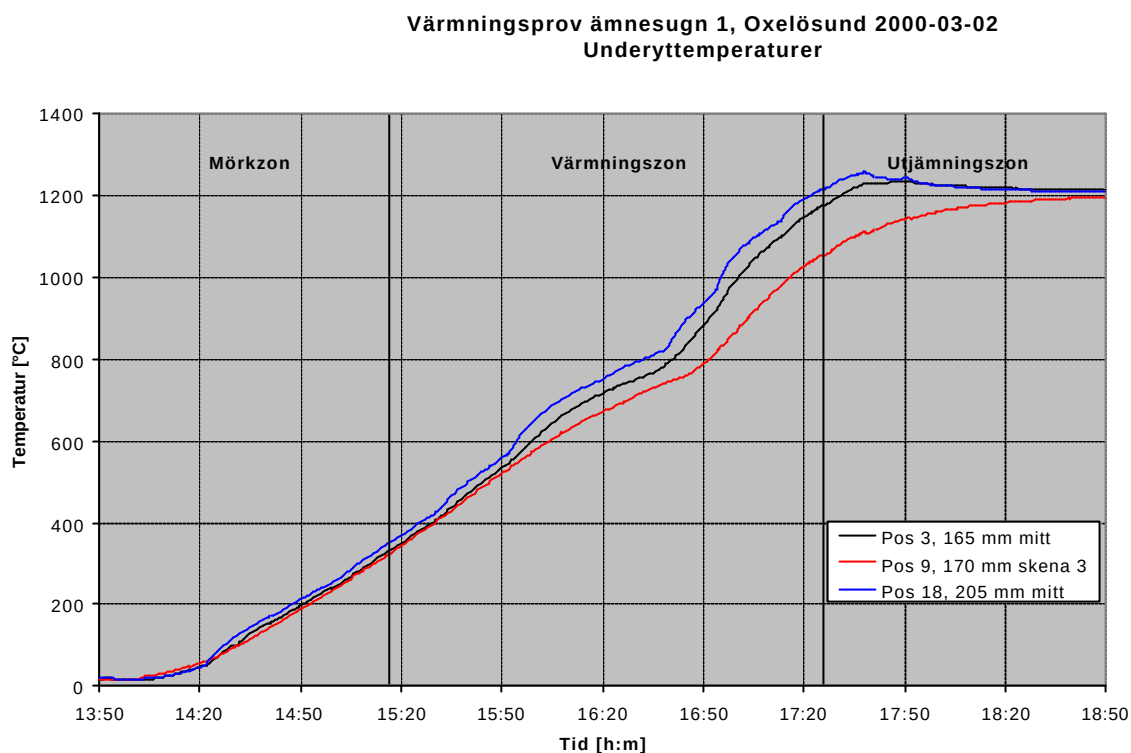
Provämne 334541-01-07: 216 x 1675 x 2100 mm, typ SIS 1312
Lådamne 334541-62-99: 216 x 1675 x 2100 mm
Ämnen: 220 mm båda raderna, nominell ämnesbredd 1680 mm
Initialtemperatur: 20 °C
Ugnstryck: 1,8-2,3 hPa
Måldragningstemperatur: 1190 °C
Taktid: 205 s (radtakt 13 min 40 s)

Reglerzontemperaturer och bränslen

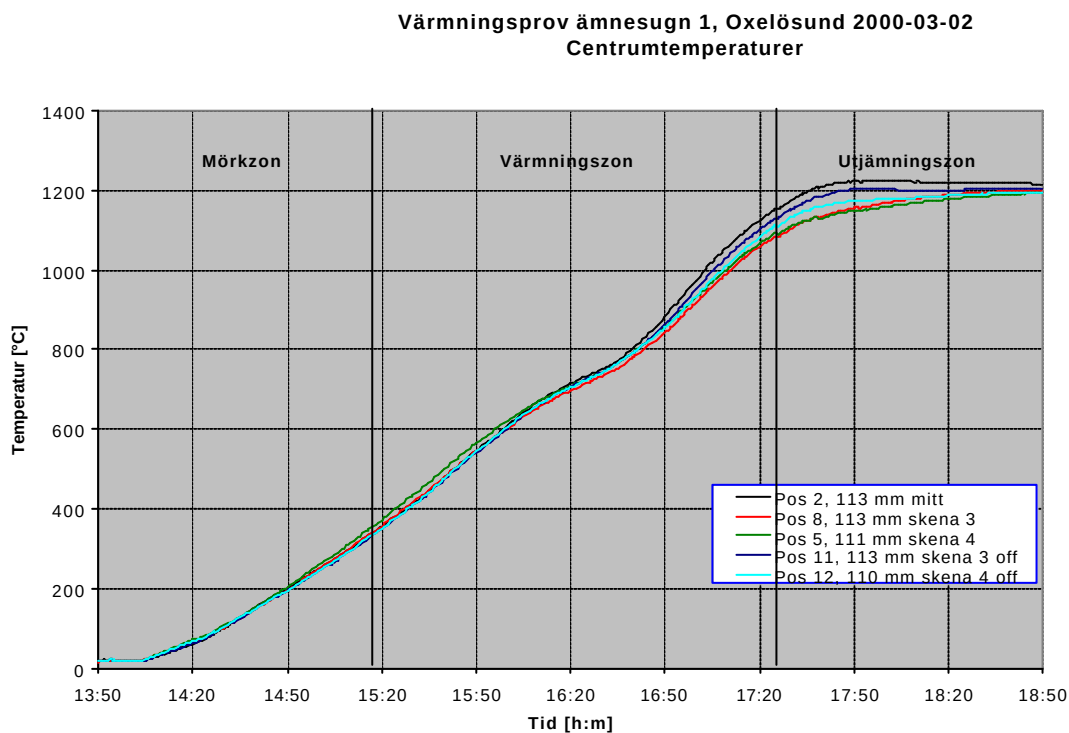
Reglerzon	Börvärde [°C]	Bränsle [-]
1	1260	Olja
2	1240	K-gas
3	1200	Olja
4		Rundpumpning av olja
5		Rundpumpning av olja
6	1200	K-gas

Anm: Reglerzonerna har numrerats enligt SSAB Oxelösund AB standard.

Mätningarna visar att skuggningseffekterna från skensystemet är betydande i mörk- och värmningszonen enligt Figur 13. I övergången mellan värmnings- och utjämningszonen uppgår skenmärkenas storlek till ca 120 °C. Den låga produktionstakten medförde att dessa endast uppgick till 14 °C, då provämnet drogs ur ugnen. Centrumtemperaturerna ovanför de båda fasta skenorna, positionerna 5 och 8, på vilka provämnet sköts följer varandra väl, jfr Figur 14. Mätningarna visar även att temperaturerna en bit från skenorna, positionerna 11 och 12, endast påverkas i ringa grad av skuggningseffekter från skensystemet.

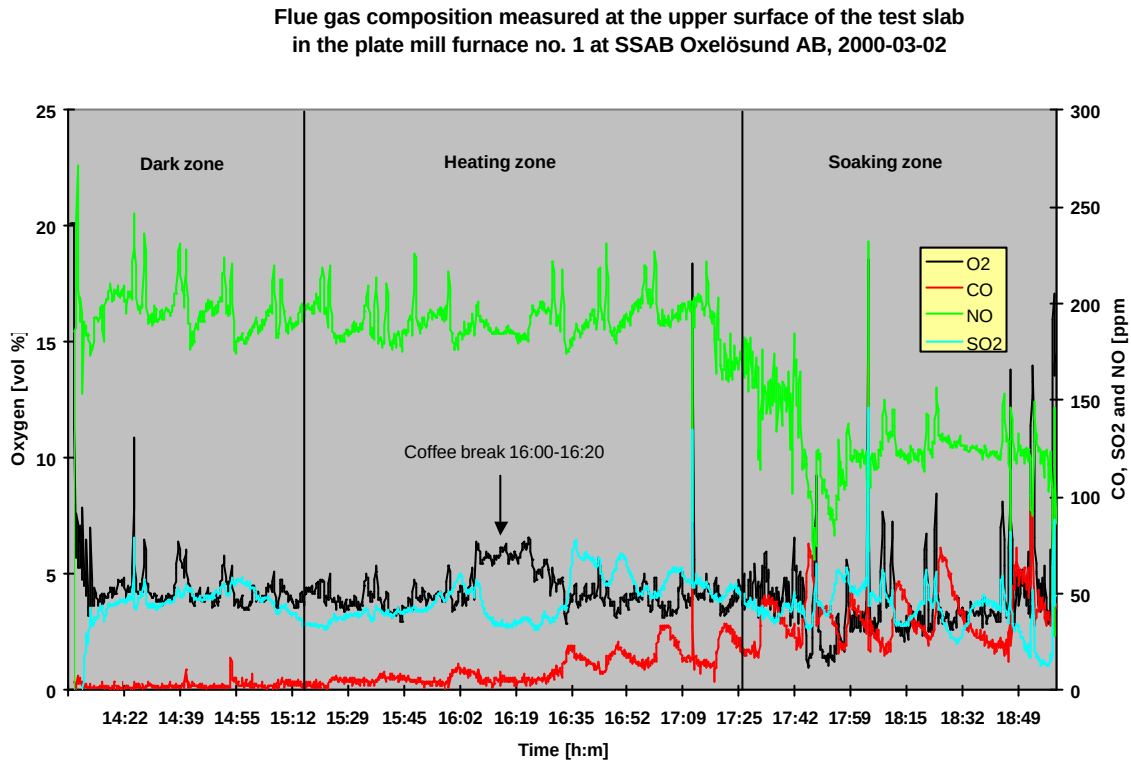


Figur 13 - Mätta centrumtemperaturer vid lådprovet utfört den 2 mars 2000 i ämnesugn # 1 vid SSAB Oxelösund AB.



Figur 14 - Mätta underytttemperaturer vid lådprovet utfört den 2 mars 2000 i ämnesugn # 1 vid SSAB Oxelösund AB.

Den nyutvecklade metoden att mäta ugnstryck, O₂-, CO-, SO₂- och NO_x-halterna i rökgaserna fungerade mycket väl, jfr Figur 15. O₂-halten i rökgaserna ligger nära 5 vol %, då provämnet befinner sig i mörk- och värmningszonen, samt kring 3 vol %, då det befinner sig i utjämningszonen. SO₂-halten ligger konstant kring 50 ppm under hela provet. Halten oförbrända kolväten CO ökar från 0 till 50 ppm under provämnets förflyttning genom ugnen. I mörk- och värmningszonen är NO-halten konstant ca 200 ppm medan den minskar till ca 130 ppm i utjämningszonen.



Figur 15 - Mätta O₂-, CO-, SO₂- och NO_x-halterna på provämnets översida vid lådprovet utfört den 2 mars 2000 i ugn # 1 vid SSAB Oxelösund AB.

5.5.2 Försök utförda av SSAB Oxelösund AB själva

Före installationen av konventionella brännare i ämnesugn ÄU1s snedvalv mellan mörk- och värmningszonen utförde SSAB Oxelösund AB själva två referensprov den 8 och 10 juni 1999, benämnda F1-F2. Värmningsförloppet mättes i ett provämne med inborrade termoelement vid den maximala produktionstakten 55 ton/h. Efter ombyggnaden gjordes sedan två garantiprov den 9 och 11 november 1999 vid den nya maximala produktionstakten 75 ton/h. Vid garantiprovet den 9 november fallerade mätningen av provämnets värmningsförlopp delvis. Garantiprovet utfört den 11 november 1999 benämnes F3. För att kartlägga värmningsförloppets beroende av brännarplacering och brännarpådrag har de tre prov F1, F2 och F3 använts.

Ytterligare sex prov benämnda F5-F10 har utförts under 2000 till 2003, vilka har bildat underlag för modellutvecklingen under punkt 6.3. Under semesterstoppet sommaren 2002 installerades två nya termoelement i skyddshuvar i ugnsbotten mitt under ämnesrad 1 och 2, i vardera ÄU1 och ÄU2, för att kartlägga de mätta ugnstemperaturernas beroende av härdareatäckningen.

En sammanställning över de utförda proven återfinnes nedan.

- F1 och F2 Referensprov utförda den 8 och 10 juni 1999 före installationen av brännare i snedvalvet mellan mörk- och värmningszonen i ämnesugn # 1 sommaren 1999. Maximal produktionstakt 55 ton /h.
- F3 Garantiprov utfört den 11 november 1999 efter installationen av brännare i snedvalvet i ämnesugn # 1. Ny maximal produktionstakt 75 ton /h.
- F4 Prov utfört den 2 mars 2000 i ämnesugn # 1 vid produktionstakten 50 ton/h med brännarna i snedvalvet mellan mörk- och brännarzonen släckta, se [5].
- F5 och F6 Prov i ämnesugn 1 med korta ämnen på rad 1 och långa ämnen på rad 2 utförda den 7 och 11 november 2000, se [7]. Radtaktid 14 min 10 s och 10 min 50 s vid respektive prov.
- F7 och F8 Prov i ämnesugn 2 med korta ämnen på rad 1 och långa ämnen på rad 2 utförda den 11 och 30 januari 2001, se [8]. Samma radtaktid som i prov F5 och F6.
- F9 och F10 Nya prov utförda den 8 april och 19 maj 2003 med extra termoelement i ugnsbotten i ämnesugn # 2 mitt under rad 1(3) och 2(4) i FOCS-zonen 11, se Figur 2.

6 INDUSTRINYTTA OCH ENERGIBESPARINGAR

6.1 Industrinytta med förbättrad styrning

Med förbättrad beräkning av ämnestemperaturen bör avvikelser mellan beräknad och verklig ämnestemperatur minskas under värmningsförloppet. Dessutom bör spridningen i temperatur mellan ämnen i samma kampanj kunna minskas. Detta medför flera uppenbara fördelar

- 1) Glödskalets problem minskar; för vissa känsliga stålsorter bränns delar av glödskalet fast i stålet och avlägsnas därmed inte i blästern utan valsas sålunda in i plåten.

- 2) Produktionen kan ökas; som tidigare diskuterats styrs denna bl.a. av avvikelsen mellan beräknad ämnestemperatur och en specificerad ideal värmningskurva.
- 3) Den specifika energiförbrukningen minskar; ämnens temperatur överensstämmer bättre med verklig temperatur och extra brännarpådrag för att kompensera för felaktigt lågt beräknad ämnestemperatur undviks.
- 4) Dragningstemperaturen kan sänkas; vi behöver inte ha lika stor säkerhetsmarginal mot underskattad ämnestemperatur. Vissa legeringar fordrar specificerad temperatur för upplösning. Detta leder till minskad specifik energiförbrukning.
- 5) Problem med skidspetsar och vaggform under valsning minskar om temperaturfördelningen inom ämnet kan kontrolleras och är repeterbar.

Under senare tid har stora ansträngningar gjorts i de nordiska valsverken för att eliminera eller minska problem med invaldade glödskalet. Tillsammans med sänkt dragnings- och vals-temperatur ger den förbättrade beräkningen av ämnestemperaturen under värmningsförloppet god potential för förbättringar.

Vid SSAB Oxelösund AB har ett flertal insatser gjorts i FOCS-RF ugnsstyrsystem för att förbättra styrning, inte minst i syfte att kunna höja produktionen. Dragnings- och vals-temperaturen har också sänkts, dels har en grupp med glödskaletkänsliga ämnen införts med dragnings-temperatur 1150 °C men även en generell sänkning har gjorts för ämnen som skall valsas till plåt tjockare än 6 mm.

6.2 Energibesparingar

Av de inom kommittén utredda och beskrivna teknikerna har kvalitetssäkringen av ugnsstyrsystemet FOCS-RF och till viss del samkalibrering av värmningsmodellen för flera prov införts vid SSAB Oxelösund AB. Övriga tekniker har ännu inte införts och huruvida den vidareutvecklade värmningsmodellen med pådragsberoende konvektionstal och flamstrålningsbidrag samt hårdmodellen påverkar energiförbrukningen kan därför inte kvantifieras.

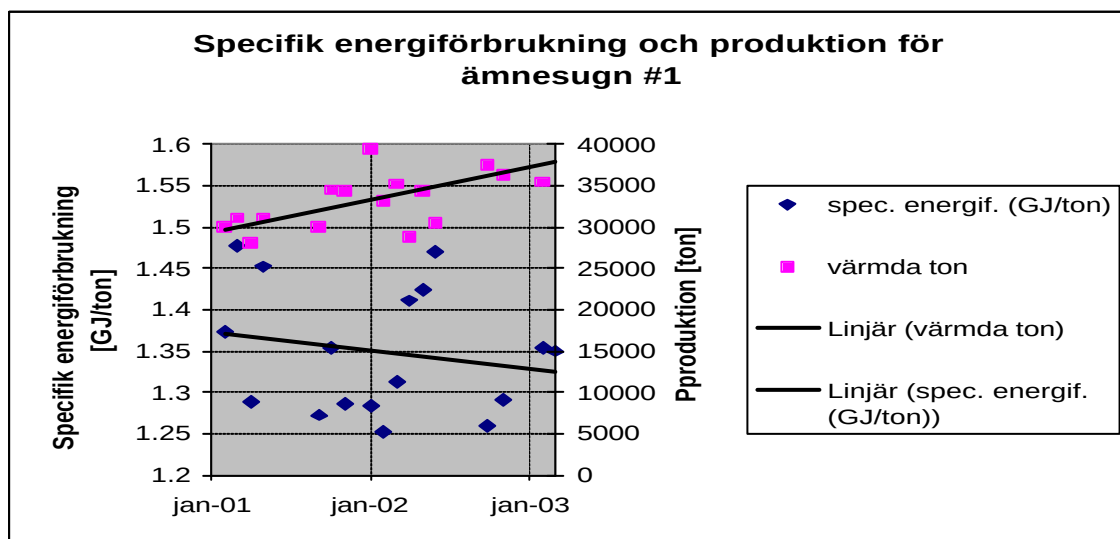
Mätning av energi är relativt svårt att utföra och vid SSAB Oxelösund AB uppvisas mycket stor variation för den specifika energiförbrukningen. I Figurerna 16 och 17 visas månadsmedelvärden för den specifika energiförbrukningen och värmda ton för ämnesugarna #1 respektive #2. Månader med de fem största respektive minsta värdena för specifik energiförbrukning har ej medtagits. Vidare har värdena för den specifika energiförbrukningen under april till juni 2003 ej medtagits beroende på att utrustningen för mätning av koksugns- och värmevärdet då visade för höga värden

på grund av felaktig kalibrering. Motsvarande värden för värmda ton har då utelämnats. Fr o m referensåret 1999 t o m mars 2003 har den specifika energiförbrukningen trendmässigt minskat från 1.36 MJ/ton till 1.30 MJ/ton för ämnesugn #2, vilket motsvarar en energibesparing på 5 %.

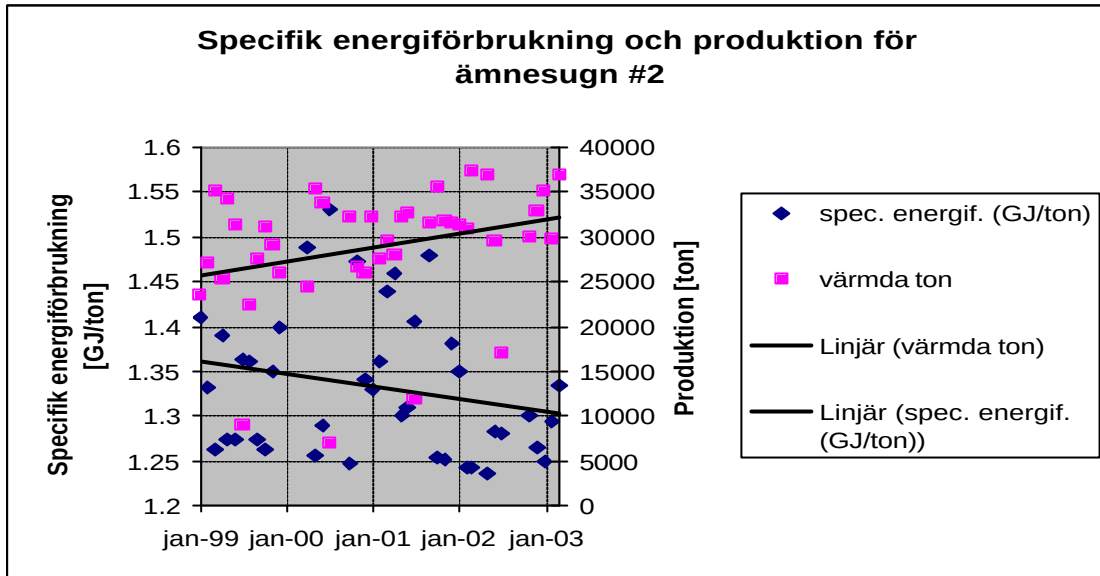
Stora variationer har noterats i energiförbrukningen för ämnesugn # 1 under åren 1999 och 2000 efter införandet av de nya brännarna i förvärmningszonen enligt avsnitt 6.1. Därför har referensåret för denna ugn valts till 2001. Fr o m detta referensår t o m mars 2003 har den specifika energiförbrukningen trendmässigt minskat från 1.38 MJ/ton till 1.33 MJ/ton för ämnesugn # 1, vilket motsvarar en energibesparing på 4 %. Den erhållna energibesparingen i ämnesugnarna #1 och #2 uppgår till 11 GWh/år motsvarande en kostnadsbesparing av 2 Mkr/år.

Under 1999 var andelen slabs 90 % som värmdes till måldragningstemperaturen 1190 °C, motsvarande en slutvalsningstjocklek större än 6 mm, och andelen slabs 10 % som värmdes till måldragningstemperaturen 1240 °C, motsvarande en slutvalsningstjocklek mindre än 6 mm. Måldragningstemperaturen för ämnen med sluttjocklekar större än 6 mm har sänkts till 1170 °C och måldragningstemperaturen för ämnen med sluttjocklekar mindre än 6 mm har höjts till 1245 °C. Dessutom har en ny måldragningstemperatur på 1150 °C införts för stål med särskilda krav.

Andelen ämnen som skall valsas till plåt tunnare än 6 mm, som värms till 1245 °C var för ämnesugn #1 0.4 % och för ämnesugn #2 till 22% under första halvåret 2003. Det bör noteras att under den studerade perioden har produktionen i de båda ämnesugnarna ökat beroende på de nya valsverket funktion successivt blivit bättre och svalbäddskapaciteten har förbättrats.



Figur 16 - Månadsmedelvärden för specifik energiförbrukning och värmda ton under perioden januari 2001 – mars 2003 för ämnesugn # 1 vid SSAB Oxelösund AB.



Figur 17 - Månadsmedelvärden för specifik energiförbrukning och värmda ton under perioden januari 1999 – mars 2003 för ämnesugn # 2 vid SSAB Oxelösund AB.

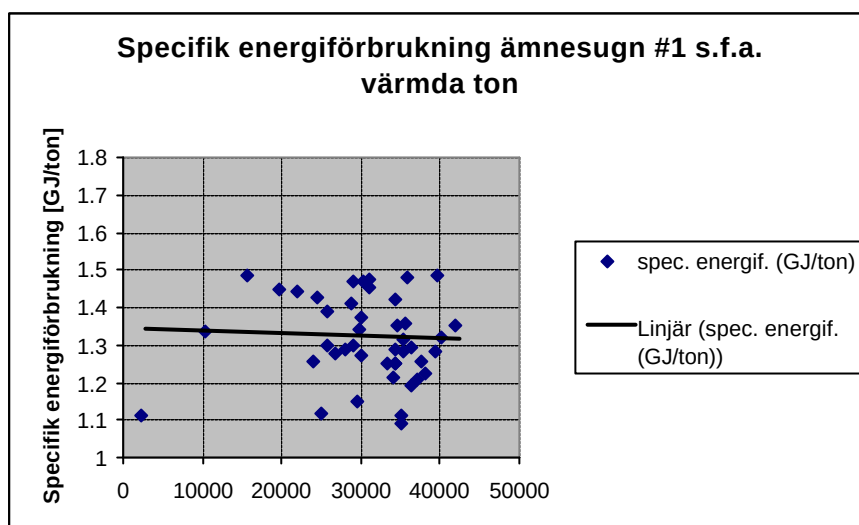
För perioden januari 1999 till mars 2003 har energiförbrukningen plottats som funktion av

- värmda ton
- medelämneslängden
- dragningstemperaturen
- andelen olja/koksugns gas

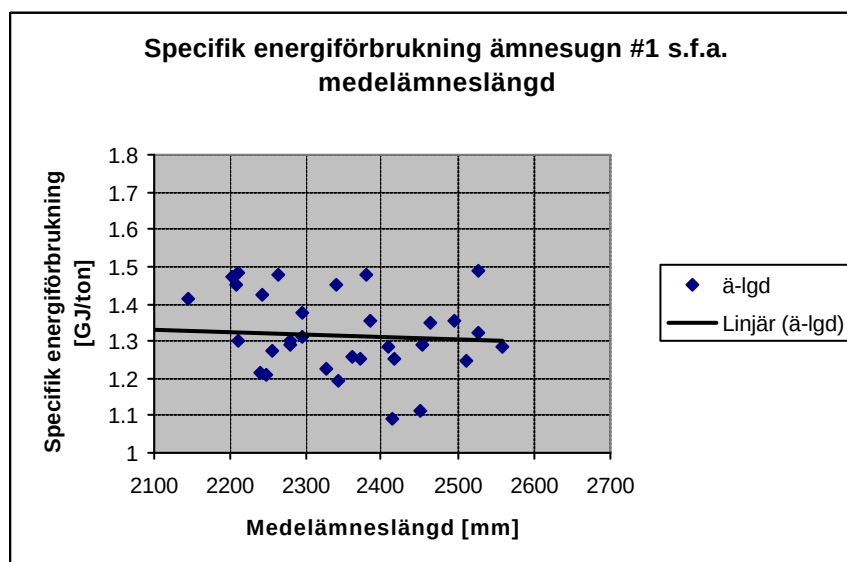
för att finna vilka storheter som har den största inverkan på den specifika energiförbrukningen för ämnesugn # 1 och 2. Inverkan av antalet värmda ton och medelämneslängden på den specifika energiförbrukningen framgår av Figurerna 18 och 19 samt 20 och 21 för ämnesugn # 1 respektive #2. Analysen visade vidare att det ej fanns några entydiga samband mellan den specifika energiförbrukningen samt dragningstemperaturen och andelen olja/koksugns gas för de båda ämnesugnarna. Därför har dessa plottar utelämnats.

Det är anmärkningsvärt att energiförbrukningen inte beror av ämnens medellängd, enär en ökad ämneslängd ger en större härdareatäckning. Notera vidare att energiförbrukningen endast minskar som funktion av antalet värmda ton för ämnesugn #2.

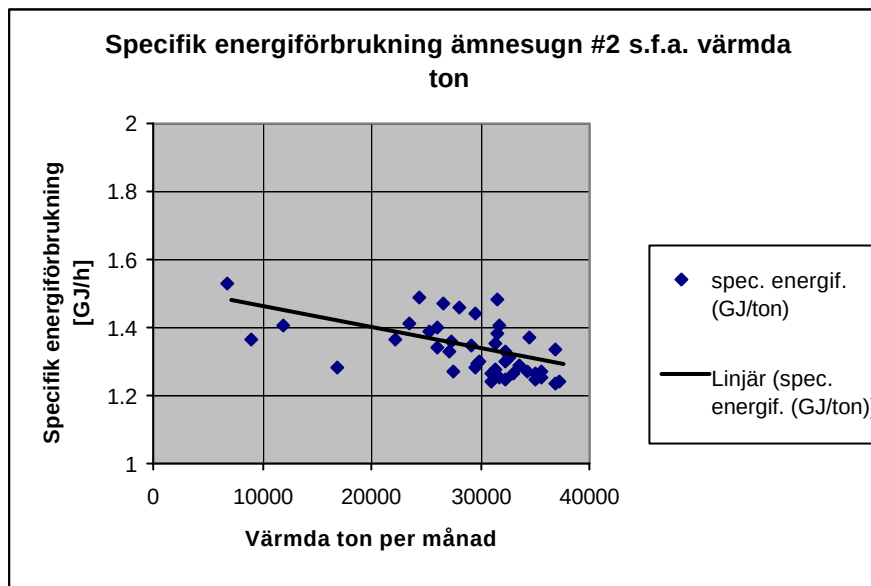
Den totala potentiella energibesparingen för samtliga i projektet deltagande företag har beräknats till ca 113 GWh/år. Besparingen i form av minskad glödskausbildning på 39 GWh/år, inkluderad i de 113 GWh/år, är ej verifierad.



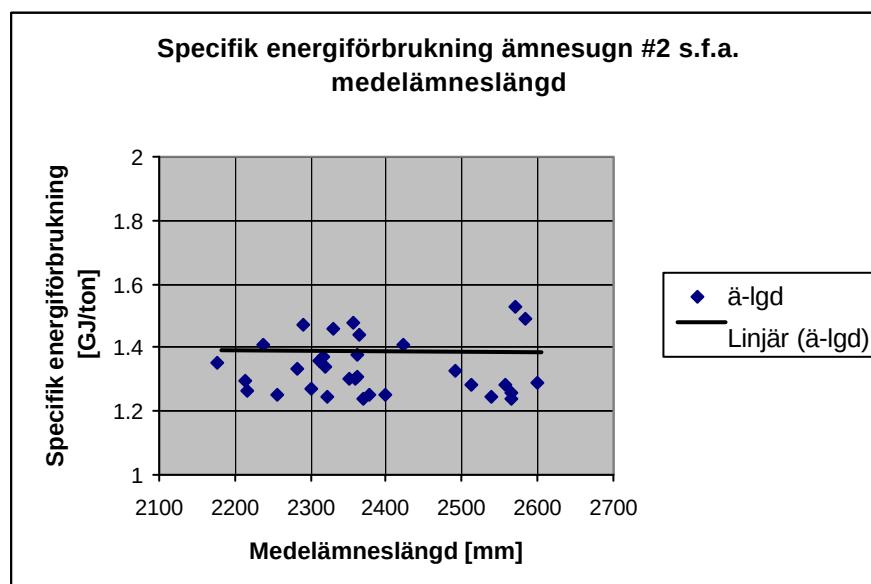
Figur 18 - Månadsmedelvärden för specifik energiförbrukning som funktion av värmda ton under perioden januari 1999 – mars 2003 för ämnesugn # 1 vid SSAB Oxelösund AB.



Figur 19 - Månadsmedelvärden för specifik energiförbrukning som funktion av medelämneslängden under perioden januari 1999 – mars 2003 för ämnesugn # 1 vid SSAB Oxelösund AB.



Figur 20 - Månadsmedelvärden för specifik energiförbrukning som funktion av värmda ton under perioden januari 1999 – mars 2003 för ämnesugn # 2 vid SSAB Oxelösund AB.



Figur 21 - Månadsmedelvärden för specifik energiförbrukning som funktion av medelämneslängden under perioden januari 1999 – mars 2003 för ämnesugn # 2 vid SSAB Oxelösund AB.

7 RESULTATSPRIDNING TILL INDUSTRI

De inom projektet framkomna resultaten kommer att vara tillgängliga för samtliga i STEM-paketet deltagande företag.

Arbetet med kvalitetssäkring av värmningsmodellen i FOCS-RF för ämnesugn #2 och kalibreringen av ugnsparmetrarna i denna modell mot lådprov med optimeringsprogrammet STEELOPT till STEELTEMP[®] 2D har presenterats dels vid ett föredrag på STÅL 2002 i maj 2002 dels vid en av Institute of Materials anordnad konferens "Challenges in Reheating Furnaces" i London, oktober 2002, se [3-4].

8 REFERENSER

- [1] Leden B: "A control system for fuel optimisation of reheating furnaces", Scand. Journal Metallurgy 15, (1986), nr 1, sid 16-24.
- [2] Leden B, Lindholm D och Nitteberg E: "The use of STEELTEMP[®] software in heating control", La Revue de Métallurgie-CIT 96(1999), nr 3, mars 1999, sid 367-380.
- [3] Leden B: "STEELTEMP[®] for temperature and heat-transfer analysis of heating furnaces with on-line applications", IoM conference Challenges in Reheating Furnaces, oktober 2002, London.
- [4] Leden B: "STEELTEMP[®] för simulering av temperaturförlopp i metallurgiska processer med on-line tillämpningar", STÅL 2002 konferens anordnad av Jernkontoret, maj 2002, Stockholm.
- [5] Leden B: "Beskrivning av lådprov utfört i plåtverksugn nr 1 vid SSAB Oxelösund AB den 2 mars 2000", Rapport MEF00078, MEFOS, Luleå augusti 2000.
- [6] Wessberg N-E: "Lådprov ämnesugn 1 2000-03-02", Experimentmeddelande 2000-02-23, Arkivkod VV 20000169 P5, Valsning, SSAB Oxelösund AB, Oxelösund, februari 2000.
- [7] Wessberg N-E: "Lådprov i ämnesugn 1 den 7 och 11 november 2000", Meddelande 2000-12-01, Arkivkod VV 20010034 E5, Valsning, SSAB Oxelösund AB, Oxelösund, december 2000.
- [8] Wessberg N-E: "Lådprov i ämnesugn 2 den 11 och 30 januari 2001", Meddelande 2000-04-05, Arkivkod VV 2001032 E5, Valsning, SSAB Oxelösund AB, Oxelösund, december 2000.

NYA VÄRMNINGSMODELLER I STEELTEMP[®] 2D
 Bo Leden, MEFOS 2003-07-02

Pådrags- och hårdareatäckningsberoende värmningsparametrar

Både den enkla och komplexa värmningsmodellen i STEELTEMP[®] 2D förses med en alternativ beskrivning av transmissionstalet för strålning mellan vägg och ämne genom den absorberande gasen, där ämnestemperaturen inte påverkar beräkningen.

Valet av modell angivs med parametern PAR på IHTM-raden enligt

H = horisontellt ämne

VER = vertikalt ämne

A = transmissionsmodell A (befintlig modell)

B = transmissionsmodell B (ny modell)

F = pådragsberoende konvektions- och flamstrålningsbidrag

Följande kombinationer av modeller finns

PAR = ' ', 'H+A', 'H+B', 'HAF', 'HBF', 'VER', 'V+A', 'V+B'.

Default gäller ' ' = 'H+A'.

Anm 1: PAR = 'CON' på IHTM-raden utgår (kan specificeras med IFO = AX på GAS-raden).

Anm 2: Endast IFO = 'A' och 'AX' tillämpligt på GAS-raden.

Dessutom införes i kalibreringsmodellerna för IHTR=1 och IPAR=3-5 möjligheter till pådragsberoende konvektions- och flamstrålningsbidrag. Flamstrålningsbidraget DESW viktas med FQ/FFMX

där

FQ = bränsleflödet till aktuell reglerzon

FFMX = maximalt bränsleflöde till aktuell zon.

på samma sätt som gasbias GASB viktas i dag. Konvektionstalet ALF och gasbias GASB viktas i den nya modellen med FQ/FFMX men FQ får ej understiga det minimala värdet på bränsleflödet FFMN. Det skall vara möjligt att specificera det minimala värdet på bränsleflödet för varje zon i indatafilen för kalibreringsmodellerna.

Modell för värmeutbytet mellan härd och ämne

I ugnar med plan härd i utjämningszonen sker ett värmeutbyte mellan härden och ämnena. I kalibreringsmodellerna IHTR=1 och IPAR=3-5 skall detta värmeutbyte beskrivas genom att ett delproblem införs med vars hjälp härden i utjämningszonen kan inkluderas i strukturen. Det nya delproblemet aktiveras automatiskt då avståndet på ämnets undersida till härden blir noll (HZFL = 0).

För den nya strukturen specificeras samtliga geometri-, material-, integrations- och utskriftsdata. Initialtemperaturerna specificeras endast för de regioner som adderats till strukturen. Randvillkoren för härden sättes automatisk av STEELTEMP[®] 2D.