



METOD ATT BESTÄMMA FÖRHISTORISKA BLÄST-
SLAGGERS SAMMANSÄTTNING OCH SMÄLTPUNKT

av

Hans Hagfeldt

JERNKONTORETS BERGSHISTORISKA UTSKOTT



JERNKONTORETS FORSKNING

Serie	Nr.	Datum	Forskningsuppgift nr.
H	3	13.10.71	

METOD ATT BESTÄMMA FÖRHISTORISKA BLÄST-
SLAGGERS SAMMANSÄTTNING OCH SMÄLTPUNKT

av

Hans Hagfeldt

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
2. Blästslaggen	1
3. Blästslaggens sammansättning	2
4. Blästslaggens smältpunkt	3
5. Beräkningsexempel	4
6. Kommentarer	5

Sammanfattning

G R Morton och J Wingrove har utarbetat en metod att bestämma de sammansättningar och smältpunkter, som blästslogger har erhållit då de en gång bildats i ugnarna. Metoden grundar sig på kemiska analyser av blästslogger. Med hjälp av dessa resultat bestäms sedan slaggernas ursprungliga sammansättningar och smältpunkter. Genom detta förfarande är det möjligt att bättre utnyttja blästsloggerna för att karlägga metallurgin vid den förhistoriska direktframställningsprocessen av smidbart jän. Metoden kompletterad med ett beräkningsexempel återges i denna uppsats.

Metod att bestämma förhistoriska blästsloggers sammansättning och smältpunkt

1. Inledning

Vid tillverkning av tackjärn och stål spelar slaggen en dominerande roll. Man kan något överdrivet uttrycka det så att om man sköter om slaggen, så sköter tackjärnet och stålet sig själva. Slaggen måste bl a ha en lämplig smältpunkt för att få en önskad konsistens och dess sammansättning måste vara sådan att den kan rena metallen från inte önskvärda element.

I och med att slaggen är intimt förknippad med framställningsprocessen, kan den även ge upplysningar om denna. Då det gäller att kartlägga den förhistoriska direktframställningsprocessen av smidbart järn, finns det således en del upplysningar att hämta från de slagghögar, som man påträffar invid framställningsplatser.

G R Morton och J Wingrove¹ har gjort ett pionjärarbete genom att utarbeta en metod att bestämma de sammansättningar och smältpunkter som blästslogger har erhållits då de en gång bildats i ugnarna.

2. Blästslaggen

Med blästslogg menas slagg, som erhålles vid direktframställning av smidbart järn enligt den förhistoriska järnframställningsprocessen. Blästsloggerna är mycket järnhaltiga och innehåller ofta ca 60-70 % järnoxid. Deras smältpunkter ligger vanligtvis omkring 1150^o C. Blästsloggerna måste innehålla en viss halt järnoxid dels för att slaggen skall få en låg smältpunkt och därmed rinna av och skiljas från det i halvfast tillstånd bildade järnet, dels för att motverka en uppkolning av järnet.

¹G R Morton och J Wingrove, Constitution of bloomery slags: Part I: Roman, Journal of The Iron and Steel Institute, december 1969, 1556-64

Blästsloggerna kan vara såväl kompakta som mer eller mindre porösa. Brottytorna är oftast till färgen blågrå och har ett metallglänsande kristallint utseende.

Enligt Morton och Wingrove är ugnsatmosfären i en blästa så starkt reducerande att järn i slaggen endast kan förekomma som metalliskt järn och som tvåvärd järnoxid, FeO . Om man erhåller trevärt järn vid slagganalyser har slaggen således oxiderats. Detta kan antingen ha skett om den har tappats från ugn eller utsatts för atmosfärisk oxidation genom årens lopp.

Blästsloggerna består huvudsakligen av järn-, kisel-, aluminium- och kalciumoxider. De tre sistnämnda oxiderna bildar anortit. Överskott av kiseloxid bildar med järnoxid fayalit och en eventuell rest av järnoxid ger wüstit. Vid strukturstudier av blästsloggar finner man då i allmänhet följande tre faser:

wüstit (FeO)	dendritisk vit fas
fayalit ($2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$)	ljusgrå fas
anortit ($\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$)	mörkgrå fas

Jämför med bild 1 och 2.

Slaggen innehåller dessutom små halter av andra beståndsdelar såsom manganoxid och magnesiumoxid samt normalt en rest av antingen kalciumoxid eller aluminiumoxid efter bildningen av anortiten.

3. Blästslaggens sammansättning

För att bestämma den sammansättning som en slagg hade då den bildades i blästen skall dess halter av i första hand följande beståndsdelar bestämmas

Fe_{met}

FeO

Fe_2O_3

SiO_2
 Al_2O_3
 CaO
 MnO
 MgO
 P_2O_5
 glödningsförluster

Av vad som tidigare framgått lär inte Fe_2O_3 förekomma i ugnslaggen. Metalliskt järn finns i form av inneslutningar och har inte med slaggens sammansättning att göra. Glödningsförluster, d v s flyktiga beståndsdelar, kan inte ha funnits i slaggen då den bildats.

Blästslaggers kemiska sammansättning får man då genom

att räkna om halten av Fe_2O_3 till FeO
samt att räkna ifrån halten Fe_{met} samt glödningsförlusterna

Den slaggmängd, som efter dessa beräkningsoperationer återstår inverkar på de övriga ämnens halter i slaggen.

Ett slaggsprov, som skickas för kemisk analys, måste vara omsorgsfullt rengjort från jordpartiklar och dylikt. Vid val av analysmetod är det nödvändigt att känna till att slaggen oftast innehåller järninneslutningar. En del av det metalliska järnet kan avlägsnas med hjälp av en magnet i samband med provberedningen.

4. Blästslaggens smältpunkt

Då blästslagghuvudsakligen består av anortit, FeO och SiO_2 kan man med hjälp av dessa elements halter läsa av smältpunkten i det ternära fasdiagram, som finns i bilaga 1. det räcker således med att känna till slaggens halt av icke metalliskt järn, Al_2O_3 , CaO och SiO_2 . Blästerslaggens smältpunkt kan då enligt Morton och Wingrove beräknas på följande sätt:

- 1) Halten av FeO beräknas. Eventuellt halt av Fe₂O₃ skall räknas om till FeO.
- 2) Andelen anortit (CaO Al₂O₃ SiO₂) beräknas. Halterna av CaO, Al₂O₃ och SiO₂ förhåller sig som 1:1,82:2,14.
- 3) Summan av halterna FeO, SiO₂ och anortit sättes lika med 100 %.
- 4) Slaggens smältpunkt avläses i det ternära fasdiagrammet, som finns i bilaga 1.

5. Beräkningsexempel

Som utgångspunkt för det beräkningsexempel som här ges har valts en blästslogg, som påträffades år 1970 vid utgrävningar i Syrholms by, beläget vid Dala-Floda i Dalarna. Slaggens kemiska analys framgår av tabell 1. En del metalliskt järn har avlägsnats med hjälp av en magnet före analyseringen.

Tabell 1. Blästsloggens kemiska sammansättning

Ämne	Slaggens sammansättning i %	
	Enligt analys	Ursprungl. tillstånd
Fe _{met}	2,60	-
FeO	36,25	71,65
Fe ₂ O ₃	31,30	-
SiO ₂	17,70	19,69
Al ₂ O ₃	2,11	2,34
CaO	1,67	1,86
MnO	0,28	0,31
MgO	0,30	0,33
P ₂ O ₅	0,22	0,25
Gl.fl. till 500°C	4,00	-
Summa	96,43	96,43

Att summan av analyserade element endast är 96,43 % hänger samman med analysnoggrannheten och att slaggen innehåller små halter av andra element.

Beräkning av slaggens ursprungliga sammansättning:

- 1) 31,30 % Fe_2O_3 räknas om till FeO , vilket ger 28,16 % FeO + 3,14 % syre.
- 2) 4,00 % Gl.fl. + 3,14 % syre + 2,60 % Fe_{met} = 9,74 % skall räknas ifrån totalsumman 96,43 % och de övriga beståndsdelarnas halter skal proportioneras upp med faktorn $96,43 / (96,43 - 9,74)$ som är lika med 1,11.

Resultaten av ovanstående beräkningar utgör slaggens ursprungliga sammansättning, som anges i tabell 1.

Beräkning av slaggens smältpunkt:

- 1) Halten av FeO = 71,65 %
- 2) Anortithalten beräknas. I detta fall är det andelen Al_2O_3 som bestämmer denna halt. Anortiten består då av 1,29 % CaO + 2,34 % Al_2O_3 + 2,75 % SiO_2 = 6,38 %.
- 3) Summan av halterna FeO , SiO_2 och anortit sättes lika med 100% enligt nedan.

71,65 % FeO	75,44 %
16,94 % SiO_2	17,84 %
6,38 % anortit	6,72 %
94,97 %	100,00 %

- 4) Enligt det trenära diagrammet ligger slaggens smältpunkt inom intervallet 1150 - 1200° C och är uppskattningsvis ca 1160° C.

Slaggens struktur framgår av bild 1 och 2.

6. Kommentarer

Ur fasdiagrammet i bilaga 1 kan man utläsa att det är lätt hänt vid järnframställning enligt den förhistoriska processen att

endast slagg produceras. Malmerna har nämligen ofta efter reduktion av de trevärda järnoxiderna till FeO en sammansättning som ligger inom fayalitområdet i fasdiagrammet. En slagg kan således få en önskad låg smältpunkt utan att något järn produceras.

Diagrammet anger vidare att en FeO-halt av lägst 31 % erfordras om en slagg med en smältpunkt lägre 1150°C skall erhållas.

Mortons och Wingroves metod att bestämma smältpunkter, som här har behandlats, är givetvis ingen exakt metod. Mindre halter av bl a natruim- och kaliumoxider, som kan komma från träkolsaskan, inverkar sänkande på slaggens smältpunkt. Även om vissa felkällor existerar är det dock möjligt att få en relativt god uppfattning om en blästslaggs ursprungliga smältpunkt och sammansättning enligt den beskrivna metoden.

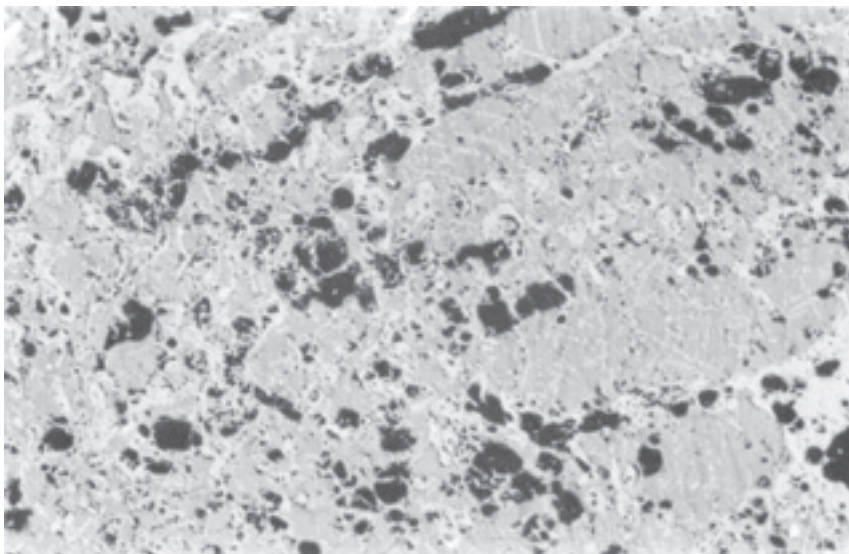


Bild 1
Blästslogg från Syrholn.
De svarta partierna är porositeter.
Förstoring 50 ggr.

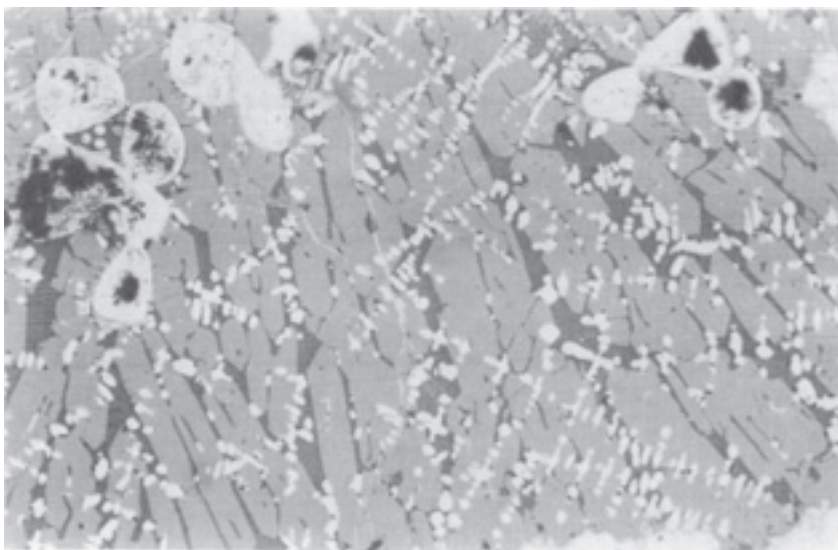
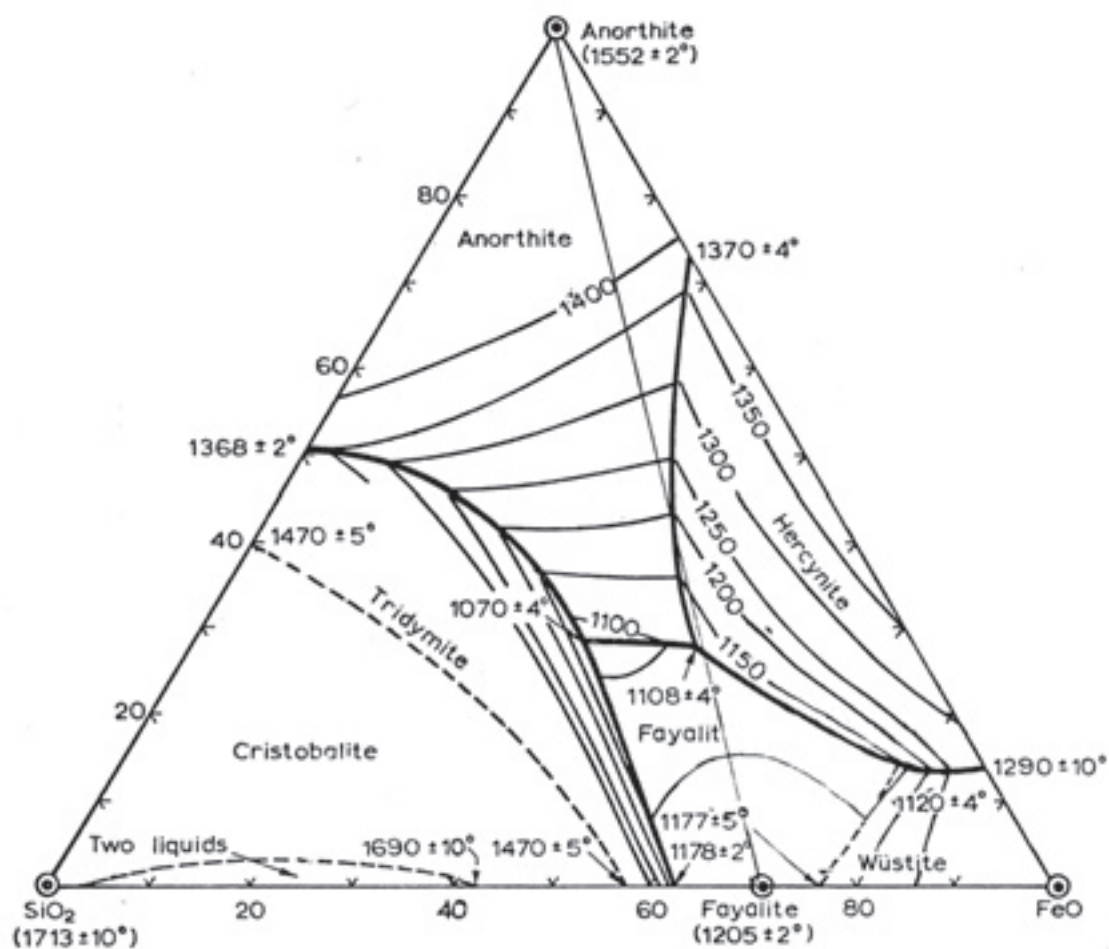


Bild 2
Samma som ovan.
Den vita dendritiska fasen är wüstit, den ljus-
grå fayatit och den mörkgrå anortit.
Förstoring 200 ggr.



Smältpunkter för systemet anortit - FeO - SiO₂ enligt E M Levin et al, Phase diagrams for ceramists, 171; 1956, Columbus, Ohio.



