



Arkeolog Tom Bloch-Nakkerud,
Oldsaksamlingen,
Frederiks gate 2,
0164 Oslo 1

19.12.1989

4046 21
TBN

Kjære Tom.

Her følger en analyse med en viss vurdering av slaggen fra Hemsedal.

Jeg vet ikke om du synes dette er greit. Jeg mener at alle beregningene er enkle, forutsatt 1) at man kjenner til hvordan moltall beregnes (vekt delt på molmasse for vedkommende forbindelse) og 2) at en forstår at silika SiO_2 blir bundet i slaggen, først og fremst av MnO og CaO (som såkalte ortosilikater), resten av FeO (som fayalitt Fe_2SiO_4 - også et ortosilikat).

Det er påfallende hvordan slaggen fra de tre funnplassene jeg nevner alle er av samme type. Og de er nok drastisk annerledes enn såvel Heglesvollteknikken som teknikken anvendt i Sysendalen. Og selvsagt annerledes enn middelalderteknikken.

Har du noen datering? Eller må vi holde oss til Jan Hennings dateringer fra Dokka, inntil videre?

Du får spørre hvis noe er uklart.

Ellers var jeg for en måned siden i Vest-Tyskland. Mest spennende var det å se jernvinneanlegg fra La Tène tida ca. 500 BC i Siegerland. Merkelig nok nesten urørt.

Håper at du har det bra. Så vidt jeg vet skal du tiltre en stilling i Oslo. Dermed blir det vel ikke så mye jernforskning.

God jul og godt nytt år. Hva gjelder oppgjør, så kan vi vel snakke om det på telefonen.

Hjertelig hilsen

Arne

Analyse av slag fra Hemsedal, merket HE 104, sendt fra Tom Bloch-Nakkerud:

Slaggen består av en del av en større slagglump, som er saget over. Den delen som er sendt til Trondheim veier 7.2 kg og ser ut til å være en halvpart av et større stykke.

Makroskopisk ser man aller mest av en snittflate, mens en vanlig bruddflate ikke på noen måte er representativ.

Snittflaten oppviser mange hull, noen runde, andre mer uregelmessige. De uregelmessige har et "skall" av metallisk jern. I noen av disse hullene er det et mindre stykke trekol.

En større mengde slag ble knust og finmalt. Trass i alt metallet lot prøven seg lett pulverisere. Fordi prøven var ganske metallisk, ble den magnetseparert for hånd. Resultatet var:

Magnetisk del: 189.5 g eller 41.2%

Umagnetisk del: 270 g eller 58.8%

Sum 459.5 g

Begge prøver ble undersøkt med røntgenanalyse XRD. Av faser ble det funnet wüstitt FeO , fayalitt Fe_2SiO_4 i begge prøver, og metallisk jern i den magnetiske delen. Faser i mengder på under ca. 5% blir som kjent ikke registrert.

Våtveis kjemisk analyse ved Geologisk instgga følgende resultat:

| | Gløding | Fetot | Si | Fe++ | Femet |
|------------|---------|-------|-----|------|-------|
| Magnetisk: | + 12.4% | 63.4 | 4.9 | 43.0 | 16.8 |
| Umagnetisk | + 7.1 | 56.3 | 6.0 | 49.2 | 0.9 |

Resten etter Si-avryking ble analysert i vannløselig tilstand ved Norges geologiske undersøkelse;

| | Al | Fe | Mn |
|-------------|------|-------|------|
| Magnetisk: | 1.41 | 60.54 | 2.40 |
| Umagnetisk: | 1.67 | 54.25 | 3.12 |

Øvrige verdier alle under 1 %. (Høyest innhold av Ca).

Kontroll av analysen for den umagnetiske, oksydiske delen:

| | | |
|--|--|-------|
| Metallisk jern | | 0.9% |
| All oksydisk Fe antatt å være som FeO : 55.4 x 72/56 | | 71.2% |
| Si som SiO_2 : 6.0 x 60/28 | | 12.9% |
| Mn som MnO : 3.12 x 71/55 | | 4.1 |
| Al som Al_2O_3 : 1.67 x 51/27 | | 3.2 |

Sum:

92.3%

Med tillegg for øvrige grunnstoffer, hver under 1%, kommer tallet opp i ca. 95%. Det er litt lavt, men uten større betydning for resonnementet som følger senere.

Kommentar:

Slaggen er et avfallsprodukt etter framstilling av jern. Så vidt jeg vet er det mer slagg av samme type på funnstedet. I alle fall er slaggen helt som på funnplassene Dokka R 75, og på fjellet ovenfor Messelt i Storelvdal. En må dermed regne med at teknikken har vært reproduserbar og at den har ført til en akseptabel produksjon av jern, forholdene på stedet tatt i betraktning.

I samsvar med almen erfaring har slaggen samlet seg i bunnen av en ovn, mens det utnyttbare jernet samlet seg som en slags kake på toppen fordi det ikke var i flytende tilstand. Dette jernet er selvsagt fjernet, trolig i varm tilstand for å bli umiddelbart grovsmidd.

I den gjenværende slaggen fordeler grunnstoffet Fe seg allikevel på en metallisk og en oksydisk del. Den metalliske delen er betydelig. De øvrige grunnstoffene foreligger bare i den oksydiske delen.

Magnetseparasjonen er såpass effektiv at slaggen, som består av utredusert metall og en oksydblanding, er delt opp i en nesten ren oksydisk prøve, og en prøve med metall og en stor andel oksyd, trolig som slaggpertikler som hefter ved jernpartiklene (såkalte halvkorn).

Den oksydiske delen har vært en homogen smelte ved høy temperatur. Ved avkjøling dannes støkiometriske oksyder. All mangan kan forventes å være til stede som mangansilikat Mn_2SiO_4 . Den mengden Si som ikke er bundet til mangan er i form av fayalitt Fe_2SiO_4 . Resten av bundet Fe er til stede som FeO .

(Al er til stede som Al_2O_3 , avbundet evnt. som hercynitt $FeAl_2O_4$. I denne sammenhengen ses bort fra virkningen av dette grunnstoffet).

For en vurdering av effektiviteten eller utbyttet ved denne formen for smelting kan en vurdere hvor mye metallisk jern, og hvor mye fri FeO slaggen inneholder. Med fri FeO menes den andelen som ikke er avbundet som fayalitt Fe_2SiO_4 . Denne beregningsmåten er første gang foreslått av forfatteren (Espelund 1987).

Som basis for vurderingen er valgt 10 kg slagg.

Totalinnholdet av SiO_2 utgjør 1290 g eller 21.5 mol.

410 g MnO svarer til 5.77 mol, som avbinder 2.89 mol SiO_2 .

Rest som må avbindes av FeO : $21.5 - 2.89 = 18.6$ mol.

For avbinding av dette overføres 37.2 mol FeO til Fe₂SiO₄.

Den totale mengden FeO utgjør 7120 g FeO eller 98.9 mol FeO.

Mengde "fri" FeO utgjør derfor 98.9 - 37.2 = 61.7 mol FeO.

Dette viser at slaggen er meget dårlig redusert.

Etter dette inneholder den aktuelle slaggrøven fra Hemsedal ca. 12 % metallisk jern og 45% fri og uredusert FeO.

Til sammenlikning skal tas med en slagganalyse fra Heglesvollen: for ovn C 2 a, 14 C - datert ca. 490 AD +/- 100

| Fe _{tot} | Fe ⁺⁺ | Fe ^o | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | MnO | CaO |
|-------------------|------------------|-----------------|------------------|--------------------------------|-----|-----|
| 47.2 | 39.7 | 0.9 | 24.8 | 5.6 | 4.0 | 1.3 |

(MgO, P, alkali alle under 1%)

(Analysesummen utgjør ca. 98 .7 hvis all Fe regnes som Fe⁺⁺, bundet til FeO.)

En helt tilsvarende beregning fører til at 10 kg slaggen inneholder

41.3 mol SiO₂, hvorav 5.6/2 nøytraliseres av MnO, og 2.33/2 av CaO. Rest som må nøytraliseres av FeO utgjør 37 mol.

Total mengde FeO utgjør 86 mol. Den gjenværende mengden SiO₂ - 37 mol må avbindes som fayalitt. Dette krever det dobbelte, d.v.s. 74 mol FeO. Dermed blir mengden "fri" FeO 12 mol.

Denne slaggen fra Heglesvollen inneholder dermed under 1% metallisk jern og vel 8% fri og uredusert FeO.

Resultatet er vist i form av et diagram med antall mol SiO₂ som abscisse og FeO som ordinat. Mengden FeO over fayalittlinjen sier direkte hvor godt redusert den tilsatte myrmalmen er.

I tillegg vedlegges en tegning av en helt tilsvarende snittflate fra en slaggblokk fra Dokka R 75 (tegning ved Ji Wei).

Konklusjon:

Slaggen fra Hemsedal HE 104 inneholder såvel en stor andel metallisk jern, som en stor mengde ikke redusert FeO. Forskjellen mellom en typisk slaggrøve fra Heglesvollen i Nord-Trøndelag er meget slående.

Mens Heglesvollslaggen åpenbart er "drenert" fra det stedet hvor den ble framstilt og havnet i en kald grop, så har slaggen fra Hemsedal vært i varm tilstand i lengre tid. Derved har trekolbiter i slaggen kunnet redusere ut metall fra omliggende FeO-rik slag. Et metallisk skall er oppstått rundt den opprinnelege

trekolbiten. Noen steder er trekolbitene forsvunnet helt, andre steder (der det var relativt kaldt/stor andel trekol) er noe tilbake.

Trondheim 19.12.1989

A. Espelund

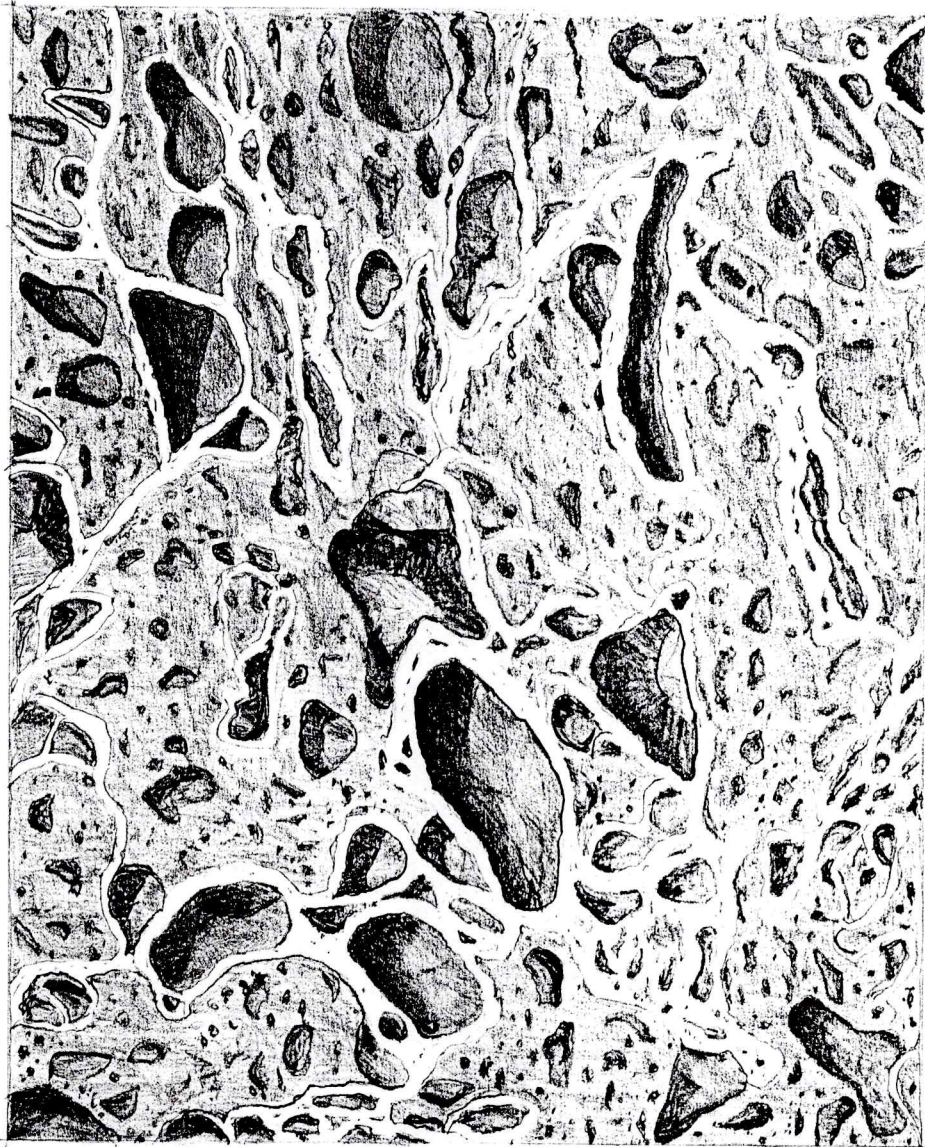
Espelund, A. 1987: The Operation of Bloomery Furnaces from AD 0 - 500 in Mid - Norway.

In "Archaeometallurgy of Iron 1967 - 87. Liblice 1987.

Prague 1989

Snittflate av stor slaggblokk fra Dokka R 75. Flaten er helt analog til snittflaten for slag fra Hemsedal He 104.

Legg merke til hulrommene, som er omgitt av "nøtteskall"-liknende metall. Formen på hullene svarer til trekolbiter, som er forsvunnet ved reaksjonen med FeO i slaggen til metallisk jern.



—
horisontalt

Tegning: Si Wei

Mol FeO i 10 kg slagg

100

80

60

40

20

10

20

30

40

mol SiO_2 i 10 kg slagg - $\left(\frac{\text{MnO}}{2} + \frac{\text{CaO}}{2}\right)$

"Fri"
FeO

"Fri"
K₂O

Heglesvollen C2a

Hemsedal
He 104

19.12.89 A. E.

Oldsaksamlingen,
Hallingdalsprosjektet
v/ Inge Lindblom,
Frederiks gate 3,
0164 Oslo 1

28.6.1990

Vedr. Hemsedal-slagg:

Etter avtale med Tom Bloch-Nakkerud sender jeg vedlagt 4 stykker av slagg, som er saget over og delt omtrent i to. Den ene delen av hver bit har jeg beholdt her. Totalvekten av de fire prøvene var

| | |
|---------|-------|
| Blokk A | 43 kg |
| N 7 | 51.5 |
| F 21 | 39 |
| F 8 | 27.5 |

Jeg skal sende en analyserapport seinere, og håper at det er noen penger på prosjektet til dekning av en moderat stor regning.

Ellers var jeg for 14 dager siden på Voss, i Sysendalen og ved Seltuftvatn, sammen med Arthur Fasteland og Svein Indrelid fra Bergen. Det var meget interessante steder, og jeg tror det er grunnlag for å si at det på alle stedene ble laget jern i romersk jernalder, med en teknikk som minner mer om Trøndelag enn om Hemsedal, Dokka R 75 o.s.v. Samtidig er det store forskjeller hva gjelder topografi. Jeg er derfor enda mer interessert i regionale mønstre for jernframstilling i den eldste tida. Derfor håper jeg det blir mulig med en tur i lag med kjentfolk til Hemsedal seinere i sommer. Trolig passer det for meg best i august.

Jeg var glad over å høre om det gode samarbeidet med bygdefolk i Hallingdal. Vi har samme gode erfaringer her i Trøndelag, spesielt i Gauldalen. Der påviser vi jernsmelting i tre perioder med ganske ulik teknikk.

Vennlig hilsen



Arne Espelund