

KUML
2000

KUML 2000

KUML 2000

Årbog for Jysk Arkæologisk Selskab

With summaries in English

I kommission hos Aarhus Universitetsforlag

Redaktion: Jesper Laursen

*Omslag: Louise Hilmar
Korrektur: Anne Lise Hansen
Tilrettelægning: Narayana Press
Tryk: Narayana Press*

*Skrift: Bembo 12/13
Papir: 115 g Arctic Silk*

Copyright © 2000 Jysk Arkæologisk Selskab

*ISBN 87-88415-08-2
ISSN 0454-6245*

Indhold/Contents

<i>Else Roesdahl</i> : Kurt Schietzel – Worsaae-medailen 1. juni 2000	7
Kurt Schietzel – the Worsaae Medal 1st of June 2000	9
<i>Niels H. Andersen</i> : Kult og ritualer i den ældre bondestenalder	13
Cult and Rituals in the TRB-Culture	49
<i>Keld Møller-Hansen og Henrik Høier</i> : Næs – en vikingebebyggelse med hørproduktion	59
Næs – a Viking Age settlement with flax production	87
<i>Martin Borring Olesen</i> : Trelleborg eller ej? – om den skånske trelleborgs tilknytning til de danske ringborge	91
A Viking fortress? On the possible connection between the Trelleborg fortress in Scania and the Danish Viking fortresses	109
<i>Ole Schiørring</i> : En middelalderby forandrer sig – hovedresultater fra ti års udgravninger i Horsens	113
The change of a medieval town – the main results from a ten-year excavation campaign in Horsens	147
<i>Helle Henningsen</i> : Middelalder i Fjand	151
Medieval Fjand	196
<i>Ann Bodilsen</i> : Testrup kirke og hospital	199
Testrup Church and Hospital	234
<i>Hanne Dahlerup Koch</i> : Middelalderens gader	239
Medieval streets	304
<i>Lis Rømer Trier</i> : Lodning med sølvsalte – en hidtil ubeskrevet loddemetode fra oldtiden?	307
Soldering using nitrate of silver – A previously undescribed prehistoric soldering method?	312
Anmeldelser	313
Jysk Arkæologisk Selskab 1998	367
Jysk Arkæologisk Selskabs skrifter	371

Lodning med sølvsalte

– en hidtil ubeskrevet loddemetode fra oldtiden?

Af LIS RØMER TRIER

Fra romersk jernalder (Kr. f. – 400 e.Kr.) er der spredt i Europa, men især i Skandinavien, fundet hængesmykker, de såkaldte berlokker. Berlokkerne er dekoreret med granulation og filigran, som har krævet en højt udviklet guldsmedeteknik. Hidtil har man anset lodningerne af dekorationerne som enten en reaktionslodning med kobbersalte eller en slaglodning.¹

I denne artikel præsenteres de foreløbige resultater af en undersøgelse med scanning elektronmikroskop (SEM) tilknyttet røntgenanalyseudstyr energi dispersiv x-ray (EDX) af en lodning på en granulationsklasse fra en guldberlok. Denne undersøgelse viste, at indholdet af sølv i selve lodningen er større end i granulatet, hvilket umiddelbart kan tyde på, at der er anvendt en guldlodning med sølv. Der kan imidlertid enten være tale om en reaktionslodning eller en slaglodning.

Jeg har udført et praktisk forsøg, som viser, at det faktisk er muligt at fremstille en holdbar reaktionslodning udelukkende med anvendelse af en pasta med *sølvsalte*. Metoden kan have været benyttet af guldsmedene i jernalderen, hvilket ville forklare ovenstående resultat.

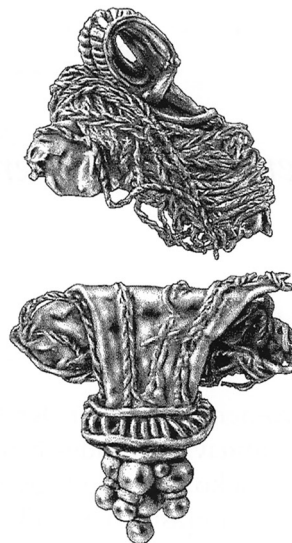
Baggrund

Udgangspunktet for undersøgelsen er en berlok (fig. 1) fundet i en brandgrav fra Galsted i Sønderjylland.² I et fodbæger lå blandt flere metalgenstande en fragmenteret guldberlok. Fundet er dateret til B2 af ældre romersk jernalder.

Udover konservering og undersøgelse af berlokken omfattende afrensning, registrering og et rekonstruktionsforsøg blev der foretaget analyse af tre granulater med SEM og EDX.³ Derudover blev lodningen af et granulat analyseret. Analysen af granulaterne viste en lødighed af guld, som lå imellem 71-77%; det svarer omtrentlig til 18 karat. Guldindholdet i guldblikket og på filigrantrådene er formentlig ikke lavere, da der ellers ville have været tegn på korrosion.

Fig. 1. Computerbaseret tegning af Galsted berlokken.
Photodraw: Steen Hendriksen, Haderslev Museum. 2:1.

Computer-based drawing of the Galsted berloque. Photodraw: Steen Hendriksen, Haderslev Museum. 2:1.



Resultatet af undersøgelserne omkring lodningerne på Galstedberlokken og de fra litteraturen beskrevne reaktionslodninger stemte ikke overens, og det var derfor nærliggende at gennemføre et forsøg med sølvsalte for at få klarlagt, om de er anvendelige til lodning.

Undersøgelse af lodningen

Analyser og forsøg blev udført på Det Kongelige Danske Kunstakademi Konservatorskolen i 1998. Det mindste granulat har en diameter på ca. 1 mm (fig. 2). Den kemiske sammensætning af guldets er aflæst ud fra de resultater, der fremkom ved de kvantitative målinger og røntgenspektra. Målingen af overfladen på selve granulatet viste 77% guld, 14% sølv og 1% kobber. Fig. 2, pkt. D viser målestedet. Metal-sammensætningen i lodningen er 71% guld, 21% sølv og < 1% kobber. Fig. 2, pkt. L viser målestedet. Usikkerheden på de kvantitative målinger er på mindst 1%.

Resultatet af ovenstående tal viser, at der er en forskel på 7% i sølvindholdet i de to måleområder, hvilket er mere end den "naturlige" variation i guldlødheden. Den store forskel gør det sandsynligt, at der har været anvendt en søvlodning.

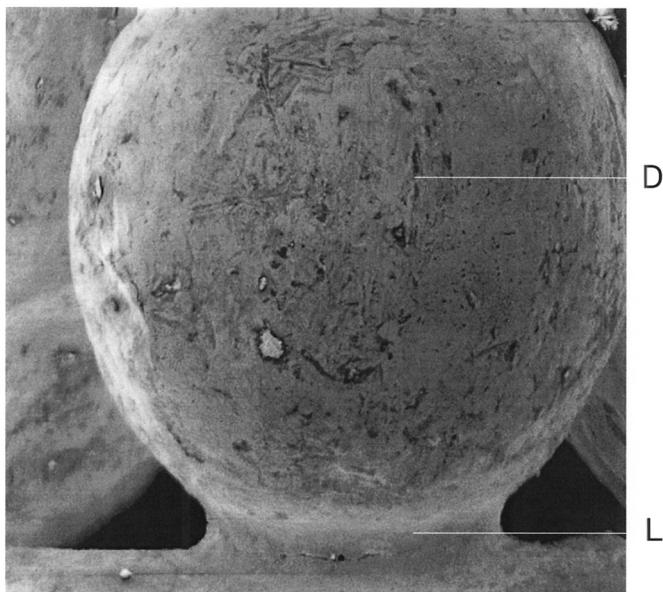
Loddeteknik

Ved lodning skelner man mellem reaktionslodning og slaglodning.

Reaktionslodning kendes fra Etruskerne (750-400 f.Kr.), som blandt andet anvendte metoden til fremstilling af granulationssmykker.⁴ Englænderen Littledale påviste i 1934, at reaktionslodning med kobbersalte som

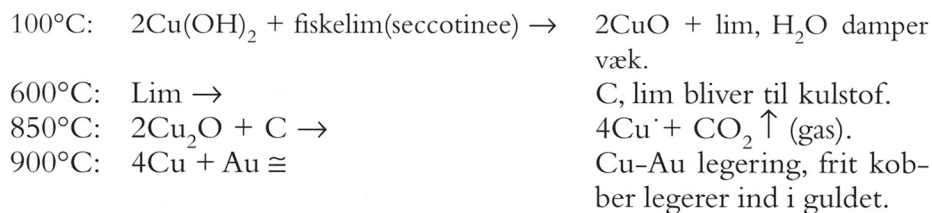
Fig. 2. Scanning elektronmikroskopoptagelse af et granulat fra guldberlokken fra Galsted. Punkt L viser målestedet på lodningen. Punkt D viser målestedet på granulatet. Diameteren af granulatet er ca. 1 mm.

A scanning electron microscope picture of a granule from the Galsted gold berloque. L shows the measuring point on the soldered part; D shows the measuring point on the granule. The diameter of the granule is around 1 mm.



loddemateriale blev anvendt i oldtiden. Siden er teknikken beskrevet i to doktorafhandlinger.⁵

Kemisk kan processen udtrykkes på følgende måde:



Kobbersaltet blandes op med en lim, som tjener til at fastholde granulatet under opvarmningen. Under opvarmningen bliver limen omdannet til kul og kobbersaltet til kobberoxid (kullet tilstedeværelse sænker lodde-temperaturen). Kullet forbinder sig til oxider fra kobberoxid og bliver til kuldioxid. Gassen damper bort, og kobberet efterlades som et molekylært lag af metallisk kobber. Dette forbinder guldunderlaget med granulatet.⁶

Under processen bliver guldoverfladens atomer bevægelige. Varmen får atomerne til at bevæge sig hurtigere, hvorved der kommer "uorden" i krystalgitteret. Atomstrukturen åbner sig og giver mulighed for diffusion af kobberet. Pointen er, at gullet (granulatet) kun smelter, hvor der er kobber til stede. Dette kaldes i fagsproget intermolekylær penetration. Hvis teknikken er korrekt udført, efterlades intet synligt loddemateriale.⁷

En slaglodning defineres som en lodning, hvor der til at forene de to metaller tilføres metal som bindemiddel. Det tilførte metal (slagloddet) kan være en guldlegering med sølv, kobber, tin og/eller zink.⁸ Slagloddet skal have et lavere smeltepunkt end det grundmateriale, som dekorationen skal loddes på.

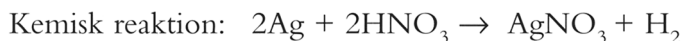
Slagloddet kan påføres på to forskellige måder, enten som små afklip eller som pulverdrys. For at opnå en perfekt lodning må der anvendes et såkaldt flusmiddel, som er et stof, der er i stand til at opløse eller reagere med metaloxiderne. Eksempler på flusmidler er soda ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), potaske (K_2CO_3) eller boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Det smeltede slaglod fordeles sig ved hjælp af kappilareffekten og legerer sig med grundmaterialet, forudsat kontakten i loddefugen er tæt. Denne type lodning vil ved granulation altid efterlade sig en synlig plint under det loddede materiale.⁹

Loddeforsøg

Ud fra Theophilus' optegnelser angives opskriften på en loddepasta med kobbersalte, med følgende indhold: *Kobberhydroxid, potaske, vand, sæbespåner og benlim*.¹⁰

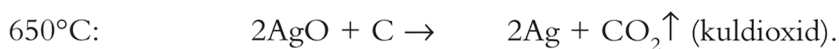
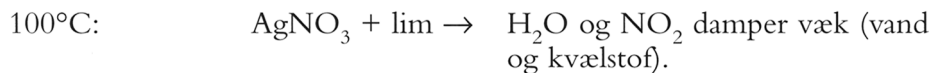
Frit efter denne opskrift er der i det aktuelle forsøg tilsat et sølvsalt i stedet for kobberhydroxid.

Der er kun ét sølvsalt, der er brugbart i denne sammenhæng, nemlig sølvnitrat, som er det eneste vandopløselige sølvsalt. Opløseligheden er en forudsætning for at fremstille en pasta til lodning. Sølvsaltet kan fremstilles ved at lade det reagere med salpetersyre:



Loddepastaen til forsøget bestod således af: *Sølvnitrat, potaske, vand, sæbespåner og knust harelim*. Til forsøget blev fremstillet enkelte granulater i finguld med en størrelse på 1-2 mm. De blev loddet fast med reaktionslodning som beskrevet nedenfor. Af varmekilde til lodning blev brugt en håndloddepistol. Et tilsvarende forsøg er tidligere udført med kobbersalte af undertegnede.¹¹ Lodningerne blev rensat og styrken testet i svovlsyre 10%.

Reaktionslodning med sølvnitrat kan beskrives kemisk:



700-900°C: $2\text{Ag} + \text{Au} \rightarrow$ Ag-Au legering, frit sølv legerer ind i guldunderlaget (grundmaterialet) og lodningen er fuldført.

Diskussion

Et guldsflaglod må indeholde kobber for at have et tilstrækkeligt lavt smeltepunkt. Et slaglod uden kobber vil på grund af sølvindholdet give en synlig hvidlig lodning. Desuden efterlader en slaglodning som regel en synlig plint under granulatet. Der er derfor i det aktuelle tilfælde sandsynligvis ikke tale om en slaglodning.

Det er blevet påvist, at etruskerne anvendte kobbersalte til reaktionslodning af granulater. SEM analyserne viste et 5% højere kobberindhold i loddeområdet end i granulatet, mens sølvindholdet var det samme.¹² På tilsvarende vis finder jeg et forhøjet indhold af sølv i loddeområdet, men ens indhold af kobber, hvilket er foreneligt med, at der er anvendt en reaktionslodning med sølvsalte i denne guldbærløse fremstillet i Norden.

De praktiske loddeforsøg viser, at det er muligt at udføre lodningerne af denne type med sølvnitrat. Man kan således konkludere, at klasegranulationen kan have været loddet sammen med et sølvsalt, hvilket ikke tidligere er beskrevet i guldsmykker fra oldtiden.

Det er kendt, at sølvsalte har været anvendt til lustreglasurarbejder i Nærorienten i denne tidsperiode.¹³ Man kan derfor forestille sig, at også lodning med sølvsalte har været kendt.

NOTER

- 1) Andersson 1995, Dodwell 1961, Duczko 1985, Duczko 1982 og Riisøen & Bøe 1959.
- 2) Udgravet i 1995 ved Haderslev Museum, Galsted sb.nr. 122 Agerskov.
- 3) Trier 1998.
- 4) Eluère 1989.
- 5) Duczko 1985 og Andersson 1995.
- 6) Riisøen & Bøe 1959.
- 7) Smith 1982, Untracht 1985 og Wolters 1986.
- 8) Oldeberg 1966.
- 9) Duczko 1985.
- 10) Dodwell 1961.
- 11) Trier 1998.
- 12) Parrini, Formigli & Mello 1986.
- 13) Caiger-Smith 1985.

LITTERATUR

- Andersson, K. 1995: *Romartida guldsmede i Norden III*. Uppsala.
Caiger-Smith, Alan 1985: *Lustre pottery. Technique, tradition and innovation in Islam and Western World*. London.

- Dodwell, C.R. 1961: *Theophilus, De Diversis Artibus: The Various Arts*. London.
- Duczko, W. 1982: Et vikingatida filigransmycke kommer till. *Fjölur* Vol.1 nr. 3, s. 53-65.
- Duczko, W. 1985: *Birka V: The Filigree and granulation work of the viking period*. Stockholm.
- Eluère, C. 1989: *Secrets of ancient Gold*. Editions Trio. Guin – Düdingen.
- Oldeberg, A. 1966: *Metallteknik under Vikingatid och Medeltid*. Bokindustri AB Stockholm.
- Parrini, P., Formigli, E. & Mello, E. 1986: Etruscan granulation: Analysis of orientalizing jewelry from Marsiliana D' Albegna. *American Journal of Archaeology*, s. 118-121.
- Riisøen, T. & Bøe, A. 1959: *Om filigran*. Vestlandske Kunstindustrimuseum og Kunstindustrimuseet i Oslo. Oslo.
- Smith, C.S. 1982: A Search for Structure. *MIT*. Cambridge, s. 92-94.
- Trier, L.R. 1998: *Guldberlok fra Galsted. Udgravning, afrensning, analyse og rekonstruktionsforsøg*. Upubliceret Afgangsupgave fra Det Kongelige Danske Kunstakademi. Konservatorskolen.
- Untracht, O. 1985: *Jewelry concepts and technology*. New York, s. 348-363.
- Wolters, J. 1986: *Die Granulation*. 2. udgave. München.

SUMMARY

Soldering using nitrate of silver – A previously undescribed prehistoric soldering method?

A gold berloque from the Roman Iron Age (figs. 1–2) found in southern Jutland was examined to decide the method of production. Analysis of the fragments were carried out using SEM (scanning electron microscopy) combined with a quality examination (EDX). Chemical soldering using copper nitrate in antiquity is described in literature. However, the analysis of this berloque in-

dicates the use of chemical soldering using silver. Practical experiments suggest that soldering granulated gold using silver nitrate is possible.

Lis Rømer Trier
København

Translated by Annette Lerche Trolle