

Odlévání bronzu ve Skandinávii doby vikinské a raného středověku

Anders Söderberg (anders.sberg@passagen.se)

Přeloženo z: <http://web.comhem.se/vikingbronze/casting.htm>

Mou vstupní branou do tohoto starodávného řemesla je fakt, že jsem řemeslníkem a archeologem. Experimentální studie o výrobě závaží v době vikinské, kterou jsem sepsal během studia, mi pomohla pochopit, že znalost řemeslného umu je užitečnou pomůckou při archeologickém bádání.



Za mým zájmem o toto téma stojí nepopsatelná fascinace. Všechno to začalo zesklivatělými vnitřky tyglíků a roztaveným jílem, kteréžto předměty svědčí o procesu odlévání. Jejich zesklovatělé povrchy, které jsou zbarvené do černa, zelena a červena, vyprávějí dávné příběhy o brutální teplotě a dujících měsících s velmi hmatatelným přesahem do současnosti. Možná je to díky tomu, že připálený a zesklovatělý jíl se na rozdíl od jiných archeologických nálezů nemění ani po staletí v hlíně. Spékaný výrobek je stabilní a pevný a po vykopání a omytí vypadá vikinský tyglík stejně jako před tisíci lety, kdy vychládal na podlaze v dílně. Dokonce ani tyglíky z doby bronzové se po uplynutí tří tisíc let výrazně nezměnily. Díky tomu získáváme skvělou časovou perspektivu; jedná se o silnou upomínku toho, že ve vesmíru jeden či tři tisíce let uběhnou jako lusknutí prstů.

Přítomnost dávných časů se stává o to zřetelnější, když vidím své vlastní tyglíky, které jsou velmi podobné těm uloženým v Národním muzeu. To, že děláte stejné chyby jako raně středověcí řemeslníci, činí historii méně zvláštní a můžete se k ní přiblížit.

Odlévání bronzu je elegantní hra s několika kubickými decimetry metaforického pekla. Je praktické tím, že se omezuje na malou škvíru, ale zase ošidné v tom ohledu, že vás snadno svede k myšlenkám nad vlastními dovednostmi. Kdykoli dáte palec příliš blízko výhňe nebo nechtěně uchopíte rozžhavený tyglík, je zřejmé, kdo stanovuje podmínky. Takové věci bolí, a to zatraceně moc.

Doba železná / Raný středověk ve Skandinávii						
500 př.n.l.		0	500 n.l.		1000 n.l.	
Doba halštatská	Doba laténská 500 - 0 př.n.l.	Doba římská 0 - 400 n.l.	Stěhování 400 - 550 n.l.	Merovejci 550 - 800 n.l.	Vikingové 800 - 1070 n.l.	Středověk
Doba bronzová		Starší doba železná	Mladší doba železná		Středověk	



Raně středověké odlévání mělo již od doby bronzové hluboce zakořeněné tradice a v době vikinské zřejmě vypadalo tak, jak tomu bylo po několik tisíc let. Jestliže doba bronzová byla zlatou érou odlévání bronzu, řemeslo po příchodu železa rozhodně nezaniklo. Kovolitectví hrálo díky výrobě šperků a prestižním předmětům stále důležitou sociální roli, protože se tím de facto podílelo na určování společenské identity a vlastnictví, loajality a spojenectví. Mnoho předmětů bylo pro potvrzení společenských vazeb darováno, díky čemuž každý takový předmět získával svůj příběh – alespoň takto mohl přemýšlet tehdejší člověk.

Toto jsme byli schopni zaznamenat během výkopů hrobů z doby železné a raného středověku. A protože pohřební dary stále vyprávějí příběhy o pohřbených osobách, jsme schopni do těchto společenských vazeb nahlédnout. V několika posledních dekádách bylo ve Švédsku nalezeno mnoho raně středověkých dílen; v osadě Helgö na jezeru Mälaren; ve středověkých městech Lundu a Sigtuně; ve vikinské Birce a na dalších místech v Dánsku. Díky tomu jsme schopni pochopit podmínky řemeslníků a zejména technické aspekty různých řemesel.

Místa některých důležitých skandinávských kovodílen:

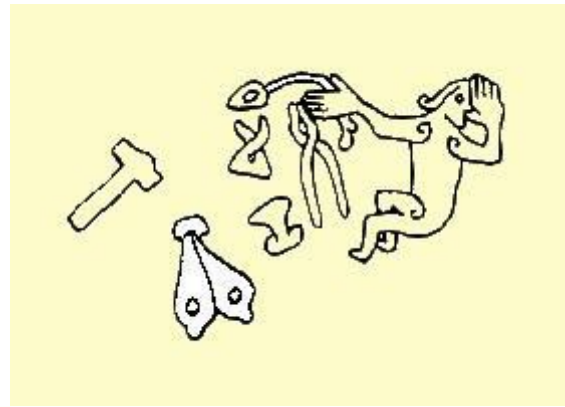
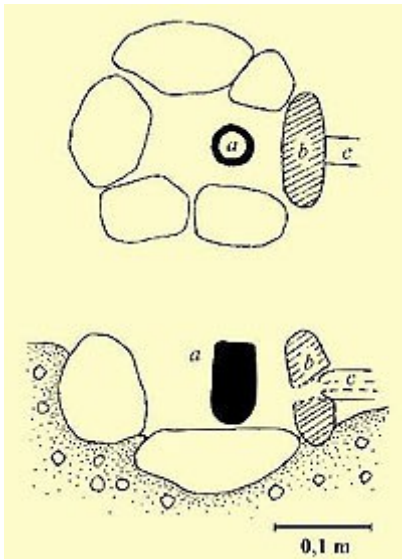
1) Helgö, 5.-9. stol. 2) Birka, 8.-10. stol. 3) Sigtuna, 11. stol. 4) Ribe, 8. stol. 5) Haithabu (Hedeby), 9.-10. stol. 6) Fyrkat, pozdní 10. stol. 7) Lund, 11. stol. 8) Kaupang, 9. stol. 9) Trondheim 11. stol.



Poslední tři roky (do 1998) jsem strávil odhalováním některých z těchto řemesel. Zejména jsem se zabýval litím bronzu a stříbra. Pomáhaly mi nálezové zprávy a předchozí experimentální projekty. Dánští a angličtí archeologové mají v tomto ohledu náskok a jsem vděčný za jejich dobrou dokumentaci (Bareham 1994) (Hedegaard 1992) (Johansson 1986) (Kruse, Smith & Starling 1988) (Lønborg 1986 & 1992) (Tylecote 1973).

Výheň

Srdcem dílny je výheň na dřevěné uhlí. Výhně, se kterými jsem pracoval, byly kopiemi malých výhní na odlévání bronzu z Helgö, které byly objeveny v 50. a 60. letech (Lamm 1973) (Lamm & Clarke 1984). Výheň nesmí být velká, zejména proto, že každé odlévání zřídka vyžaduje více než 40-50 cm³ bronzu, obvykle však méně. Většinou jsem pracoval s výhněmi o objemu 0.001-0.002 m³. Typická výheň doby vikinské byla díra v zemi vymazaná jílem, která byla o něco větší než ty, které jsem používal (Roedahl 1977) (Lønborg 1986).



Výheň: a) Tyglík b) Výfučna c) Hubice měchů

Vpravo: Sigurd Drakobijec s nástroji a měchy. Výjev ze švédského runového kamene. [Fotka]

Na výheň je napojen pár měchů, které nemusejí být, stejně jako sama výheň, nijak rozměrné. Své měchy jsem vyrobil podle výjevu na jednom švédském runovém kameni [kámen z Ramsundu, Sö 101]. Tuto rytinu jsem použil jako svou předlohu, protože rytec poměrně věrně naznačil poměry mezi Sigurdovými nástroji. Měchy měří asi 0.4 m na délku a asi 0.2 na šířku (každý měch). Tyto rozměry umožňují dostatečně rozpálit cca 0.001 m³, a tím se určuje velikost výhně. Měchy musejí být používány v páru, aby se zabránilo situaci, kdy plyny stoupají opačně do komory, protože mohou způsobit výbuch.

Tento systém není velký, ale je účinný. Vytrvalým pumpováním je možné dosáhnout potřebných 1100-1200 °C a bronz v tyglíku může být roztaven do 15 minut.

Dvojitá výheň ze švédského Helgö z období stěhování národů; jedna sloužila pro zahřívání forem a druhá pro tavení kovu. Velmi skromná konstrukce.



Pec mohla při užívání vypadat takto.



Formy

Od doby bronzové byly formy vyráběny z jílu zpevněného jemným pískem a nějakým organickým materiálem – skvěle mohl posloužit dobytčí nebo koňský trus, ve kterém jsou vlákna rozmělněna na ideální délku 1-5 mm.

Ve Skandinávii již od 40. let probíhají diskuze, jak byly vyráběny formy a z jaké odlévací techniky byly odvozeny (Oldeberg 1942, 1948 & 1966) (Zachrisson 1960) (Lamm 1980) (Thunmark-Nylén 1983) (Brinch Madsen 1984) (Jansson 1985). Vědci zastávají dvě stanoviska – buď byly formy vytvořeny otištěním původního předmětu do jílu a následně obě poloviny formy spojeny k sobě, nebo bylo používáno odlévání do ztraceného vosku. Běžně proto archeologové docházejí ke smířčímu závěru, že se užívaly obě metody. Dánská experimentální archeologie obhájí odlévání do ztraceného vosku – *à cire perdue* (Lønborg 1986 & 1992). Při odlévání do ztraceného vosku zabalíte voskový model do jílu a po vysušení vosk rozpustíte. Voskové modely mohou být snadno reprodukovány tak, že se po otištění originálního kovového předmětu do jílu vyplní otisk voskem (Hedegaard 1992). Tato metoda se vyplatí, protože tak lze vyrábět modely, které jsou poměrně věrné původním předmětům. Dokonce i předměty, na kterých se překrývají ornamenty, mohou být tímto způsobem reprodukovány, protože mokrá jíl je tvárný a zaznamenává kvalitní otisk.

Výhody odlévání do ztraceného vosku spočívají v tom, že odlitky jsou velmi podobné předloze a zachovává všechny detaily. Další výhodou je fakt, že ornament může být opraven již na voskovém modelu, a nikoli na konečném kovovém výrobku. Třetí výhodou je možnost rychlé masové produkce (Hedegaard 1992). Pomocí jedné kovové předlohy můžete vyrobit tolik voskových modelů, kolik jen chcete, během několika hodin jste schopni snadno připravit nejméně dvacet modelů. Vše záleží na tom, zda jsou potřeba opravy předmětu, který chcete odlévat, protože předměty s náročnějšími ornamenty vyžadují více zásahů než předměty s chudším zdobením.

Odlévání do ztraceného vosku bylo v raném středověku staré již několik tisíc let a používá se dosud, například různými etniky, ve šperkařském a uměleckém odlévání a přesném odlévání oceli. V dnešní době jsou používány speciální vosky a hi-tech keramika, ale základy jsou stejné jako v raném středověku a možná stejné jako na Blízkém Východě v době 3000 př. n. l. – nejpokrokovější průmyslový proces se opírá o čtyři nebo pět tisíc let starou technologickou tradici.

Zdá se mi poměrně přirozené užívat při odlévání do ztraceného vosku tvárnou a ve vodě rozpustnou formu. A také jsem vyslovil hypotézu, že původní jílové formy měly takové parametry. Nemyslím si, že se mnou bude každý archeolog souhlasit, a proto pracuji na tom, abych ji potvrdil. Možná od své hypotézy budu muset nakonec ustoupit, ale bude alespoň postavena na dobrém základu.

Výroba forem na klíče, metoda odlévání do ztraceného vosku (à cire perdue).



Slitiny

V archeologii často nedbale hovoříme o všech slitinách mědi jako o „bronzu“, ale tento výraz se omezuje pouze na klasický bronz s 90 % mědi (Cu) a 10 % cínu (Sn) a některé příbuzné slitiny.

Mluvíme-li o vikinském „bronzu“, často tím myslíme slitiny podobnější dnešní mosazi. Mosaz je slitina mědi a 30-40 % zinku (Zn). Během prvního století před naším letopočtem našli Římané způsob, jak vyrábět mosaz ve velkém. V té době nebylo možné tavit čistou zinkovou rudu, ale bylo možné míchat čistou měď se zinkovou rudou a zahřát je, dokud se zinek neodpařil a neabsorboval do mědi. Tato metoda se nazývá cementace (Craddock 1990).

Tato slitina se stala brzy populární a její cena byla v Římě několikanásobně vyšší, než byla cena mědi. V současné Belgii a Německu v okolí Cách Římané zakládali slévárny mosazi. Z kontinentu byl pak kov importován do Skandinávie jako hotové předměty, šrot nebo surový materiál v podobě prutů. Výroba, jak se zdá, přežila pád západořímské říše v 5. století a pokračovala pod karolinským vedením v 9. století (Craddock 1990).

Měďnato-zinkové slitiny mají na rozdíl od pomalu tekoucího cínového bronzu jisté přednosti v tom, že pomaleji tuhnou a mají nižší viskozitu. Těmito slitinami můžete formu dokonale vyplnit až do největších detailů. Nízká viskozita rovněž umožňuje vylít kov do vtoku formy a zároveň mohou zevnitř unikat výpary. To je důležité, protože vikinské formy byly jen zřídka vybavené vzduchovými kanálky.

Čisté měďnato-zinkové slitiny byly ve Skandinávii v období stěhování národů, době vikinské a raném středověku používány pouze výjimečně. Často se objevují příměsi cínu, olova (Pb) nebo obou zároveň. Správný název pro tyto slitiny jsou dělovina (mosaz + Sn), olovnatá mosaz (mosaz + Pb) a olovnatá dělovina (dělovina + Pb). Současné analýzy ukazují, že skandinávský raně středověký bronz byl podle nejstejnorodějších výsledků slitinou Cu + c. 10-25 % Zn a c. 5-15 % Sn/Pb. Z analýz můžeme vyčíst, že se během doby vikinské lehce zvyšoval podíl Pb a užívalo se více olovnaté děloviny (Arrhenius 1989) (Forshell 1992).

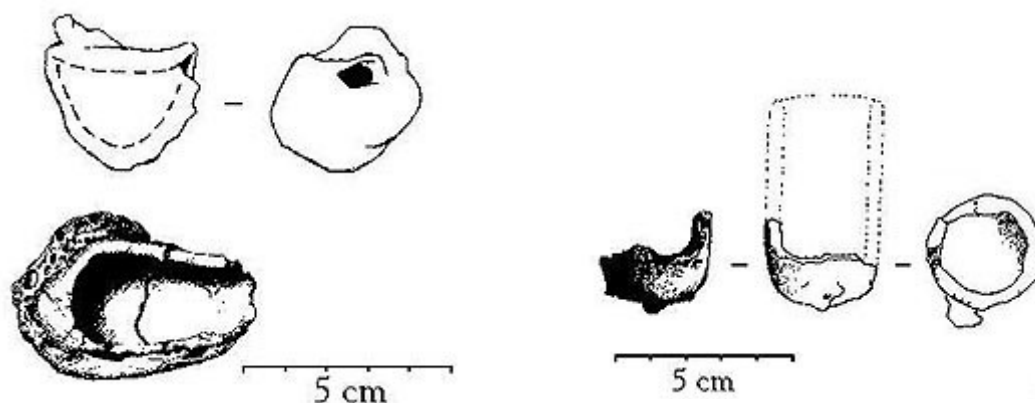
Je možné, že tyto příměsi mohly být přidávány domácími řemeslníky. Po několikanásobném roztavení slitiny se zinek vyvařil. Kov tím pádem byl spíš měď než mosaz, a proto byl viskóznější a nevhodný k odlévání. Z toho důvodu navrhuji, že v takovém případě mohly být přidávány prvky olovo a cín, které nemusely být součástí

původního surového materiálu. Díky příměsím mohl být kov i navzdory velké ztrátě zinku lépe odléván. Přidávání kovů mohlo stejně dobře probíhat ve Skandinávii jako mezi kontinentálními řemeslníky. Pozůstatky olova a cínu byly nalezeny v římských a provinčních předmětech (Dungworth 1997).

Myšlenka, že přidávání Sn/Pb probíhalo na místní úrovni, je více méně spekulativní. Obsah Pb ve slitinách mohl způsobit také fakt, že zinkové rudy obsahovaly olovnaté nečistoty.

Tyglíky

Stejně jako formy byly tyglíky vyrobeny z jílu zpevněného pískem. Domácí skandinávské keramické jíly nebyly příliš odolné proti žáru tavicích výhní, a to zejména proto, že dřevěné uhlí obsahuje nestálé sloučeniny, jako např. sloučeniny draslíku a sodík, které dramaticky snižují bod tání jílu. Řemeslníci řešili tento problém tak, že do jílu přidávali velké množství písku nebo křemene (Lamm 1973 & 1980). Křemen má vysoký bod tání, okolo 1700 °C. Ale i přes to všechno začal v tomto tvrdém prostředí povrch křemene lehce tát.



*Tyglíky s víky z Helgö, období stěhování národů.
Dole zničený tyglík s chybějícím víkem.*

*Fragment tyglík ve tvaru náprstku ze Sigtuny,
doba vikinská.*

Díky zpevnění mohou být keramické tyglíky při takovém procesu vůbec použity, ale nanejvýše jednou nebo dvakrát. Přes všechno zpevnění jde o nesnadné balancování na úzkém prostoru mezi ideální odlévací teplotou slitiny a bodu tání jílu. Pokud se dno tyglíku neprotrhne a jeho obsah nevylije do výhně, z tyglíku se tak či tak stane hladká, sklovitá tavenina, kterou jen těžko uchopíte do kleští a přenesete k formě. Řemeslníci je přesto dokázali používat a v Helgö bylo nalezeno c. 300 kilogramů tyglíků vyrobených z místního keramického jílu zpevněného křemenem. Tyto jíly jsem sám vyzkoušel pouze při odlévání cínového bronzu. Čistý cínový bronz je, zdá se, pro tuto keramiku poněkud příliš, protože jeho bod tání je 1005 °C a ideální odlévací teplota mezi 1100 a 1140 °C. Například slitina Cu + 20 % Zn a 10 % Sn nebo Pb by měla bod tání pod 950 °C a mohla by být odlévána při 1050-1100 °C. Díky nižším teplotám mohlo být odlévání jednodušší a keramika se nemusela tolik poškozovat.

Rekonstruované tyglíky vyrobené z kameninového jílu zpevněného pískem.



Jako materiál na tyglíky jsem většinou používal kameninový jíl zpevněný pískem. Nejsnadněji se vyrábějí podle metody z 12. století, kterou nám zaznamenává pravděpodobně severoněmecký mnich Theofil ve své knize O rozličných dovednostech (*De diversis artibus*) (Hawthorne & Smith 1979). Tento pramen je chronologicky i geograficky blízký době vikinské, a je proto neocenitelným zdrojem při studiu raně středověkých řemesel ve Skandinávii. Theofil popisuje výrobu tyglíku tak, že je potřeba ho vymodelovat na konci dřevěné tyče o požadovaném průměru. Je však složité a takřka nemožné sundat jílovou nádobu z konce tyče, na kterém tyglík velmi pevně drží. Co nám Theofil neříká a co muselo být součástí této metody je to, že když tyč před modelováním tyglíku navoskujeme, můžeme tyglík po nepatrném ohřevu z tyče sejmout. Takovýto tyglík zpevněný pískem vydrží deset až dvanáct tavení.

Foto: © Nina Künzler



Lití

Poté, co se kov ve výhni roztavil, se můžeme přesunout k lití. Před litím samotným je nutné formu zahřát v samostatné peci. Nejlepší odlitky se povedou v těch formách, které jsou kompletně rozežháté a oxidované – keramika musí být rozpálená do červena. Pokud je forma uvnitř stále černá nebo šedá, obsahuje pozůstatky organického charakteru, vosk a nespálené vápno z glaciálních a postglaciálních vápenatých jílu. Vápno při hoření produkuje oxid uhličitý a v takových podmínkách forma vypouští takové množství plynů, které brání odlévání – někdy jde o tolik plynů, že dokonce znemožňují vylít do formy jakýkoli kov. To mi také při výzkumu odlévací techniky dlouho nešlo do hlavy – zejména proto, že mnoho starodávných forem byla často špatně rozežhátá, vnějšíky měly

červené a vnitřky černé. Jak vůbec dokázali nalít do takových forem byt' jedinou kapičku kovu? Tuto otázku jsem si položil proto, že se týká mnoha forem vikinských oválných broží, které je složité odlévat i za těch nejlepších podmínek.

Spolu s těmito formami nacházíme mnoho dobře rozehřátých forem, které stěží dělaly nějaké problémy, ale množství zčernalých forem je dostatečné na to, abychom byli zmatení. Opravdu vikinští odlévači své řemeslo nezvládali? Nicméně se zdá, že měďnato-zinkové slitiny, které byly v té době užívané, jsou o trochu odolnější vůči plynům než cínový bronz. Při odlévání takových slitin je možné udržet nižší teplotu ve formě, která tím pádem produkuje méně výparů. Rád bych tyto záležitosti lépe prozkoumal. Možná, že by analýza zčernalých forem prokázala přístup k méně vápenatým jíílům a jejich používání. Ať už je hypotéza s vápenatým jíílem pravdivá či není, vysoký podíl dřevěného uhlí ve zčernalé formě musel odlévání také ovlivnit.

Výheň, v níž jsou rozehtřívány formy, nemusí být rozfoukávána měchy. S dobrou ventilací u výhně je snadné dosáhnout potřebných 700-800 °C, vypálit formy a ponechat je horké do chvíle, kdy budeme odlévat.

Zdá se, že jííl je pro tento účel ideálním materiálem, protože vede teplo pomalu. Nahřívání trvá dlouhou dobu a vychládání zrovna tak. Forma se stěnami o 5 mm potřebuje více než 15 minut na to, aby se naskrz ohřála z pokojové teploty na 700 °C. Díky tomu máme možnost vytáhnout formu ven z výhně ještě před odléváním. Je možné ji držet v kleštích v levé ruce a pravou rukou odlévat. Máte přibližně dvacet sekund na to, než se začne forma pomalu ochlazovat. Dvacet sekund je docela dlouhá doba při řemesle, ve které musíte jinak spěchat.

Pomalá tepelná vodivost jíílu se také projevuje v situaci, při které se teplo tekutého kovu směstnaného do malého prostoru přenáší skrze stěny formy. Vůbec se nezdá, že by forma kov nějak zchladila, zvláště když je forma předehtřátá. To je dobré při odlévání předmětů s náročnými ornamenty a malými detaily. Tak se nám zdá, jakoby většina tepla pocházela ze samotného kovu nebo kovové ucpávky ve vtoku spíše než z formy.

Vrchní část mojí repliky oválné brože typu P42, začátek 9. stol. Slitina Cu/Zn/Pb/Sn.



Tyto podmínky nabízejí dobrou pomoc při odlévání složitých předmětů, jako například tenkých oválných broží. Kvality měďnato-zinkových slitin společně s kvalitami materiálu formy vysvětlují, proč je možné odlévat dokonce i vrchní části dvoudílných broží, které nejsou tlustší než 1 mm. Archeologové je často považují za zázraky. Díky svému výzkumu tohoto tématu plně rozumím možnostem masové výroby předmětů, jako jsou tyto. Dříve bylo navrhováno, že tyto předměty byly vyrobeny pomocí primitivního odstředivého lití (Lindblad 1997), ale nevěřím, že bylo této metody zapotřebí.

Výsledky raně středověkého odlévače nebyly zázraky, ačkoli podle tehdejších názorů jimi určitě byly. Jejich dovednosti závisely na znalosti založené na dlouhé tradici a

dobrých metodách společně s dovedností vyřešit problémy nejsnadnějšími možnými způsoby za optimálních výsledků. Můj dosavadní poznatek je, že jílové formy zpevněné pískem a hovězím trusem ve spojení s dobrými slitinami vám umožní vytvořit mnohé. Někdy dokonce zázraky.



Odkazy

- Arrhenius, B.** 1989. Kan metallanalyser ge en anvisning om när metallurgi blir inhemsk? In: *Icke-järnmetaller - malmfyndigheter och metallurgi. Jernkontorets bergshistoriska utskott*, H 45. Stockholm.
- Bareham, T.** 1994. Bronze casting experiments. In: *Historical Metallurgy - The Journal of the Historical Metallurgy Society, Vol 28 No 2, 1994*. London.
- Brinch Madsen, H.** 1984. Metal Casting. In: *Ribe Excavations 1970-76. Vol 2*. Bencard, M. (Ed). Esbjerg.
- Craddock, P. T.** (Ed). 1990. *2000 Years of Zinc and Brass*. Occasional paper No 50. British Museum. London.
- Drescher, H.** 1983. Metallhandwerk des 8.-11. Jh. in Haithabu auf grund der Werkstattabfälle. In: *Das Handwerk in vor- und frühgeschichtlicher Zeit. Teil II, Archäologische und philologische Beiträge*. H. Jahnkuhn (Ed.). Göttingen.
- Dungworth, D. 1997. [Iron Age and Roman copper alloys from northern Britain](http://intarch.ac.uk/journal/issue2/dungworth_index.html). In: *Internet Archaeology 2*(http://intarch.ac.uk/journal/issue2/dungworth_index.html). A. Vince (Ed.). Dept of Archaeology. University of York.
- Forshell, H.** 1992. *The inception of copper mining in Falun. Relation between element composition in copper artefacts, mining and manufacturing technology and historic development with particular emphasis on copper from the Falu mine*. Theses and papers in archaeology B:2. Stockholms Universitet. Stockholm.
- Floderus, E.** 1928. Några brons- och silversmedsfynd från det äldsta Sigtuna. In: *Fornvännen 23 (1928)*. Curman, S (Ed.). KVHAA. Stockholm.
- Hawthorne, J. G. Smith, C. S.** 1979. *Theophilus; On Divers Arts. The Foremost Medieval Treatise on Painting, Glassmaking and Metalwork*. New York.
- Hedegaard, K. R.** 1992. Bronzestøberhåndværket i yngre germanertid og tidlig vikingetid i Skandinavien

- teknologi og organisation. In: *Lag 1992*. Højbjerg.

Jansson, I. 1985. *Ovala spännbucklor. En studie av vikingatida standardsmycken med utgångspunkt från Björköfynden (Oval brooches. A study of Viking Period standard jewellery based on the finds from Björkö (Birka) Sweden)*. Aun 7. Uppsala Universitet. Uppsala.

Johansson, T. (Ed.). 1986. *Brons och koppar*. Forntida teknik 12. Sveg.

Kruse, S. E. Smith, R. D. Starling, K. 1988. Experimental casting of silver ingots. In: *Historical Metallurgy - Journal of the Historical Metallurgy Society, Vol 22 No 2, 1988*. London.

Lamm, K. 1973. The Manufacture of Jewellery during the Migration Period at Helgö in Sweden. In: *Bulletin of the Historical Metallurgy Group. Vol 7, no 2*. London.

Lamm, K. 1980. Early Medieval Metalworking on Helgö in Central Sweden. In: *Aspects of Early Metallurgy*. Oddy, W. A. (Ed.). British Museum Occasional Paper No 17. London.

Lamm, K. Clarke, H. (Ed.). 1984. *Excavations at Helgö IX. Finds, Features and Functions*. KVHAA. Stockholm.

Lindblad, K. G. 1997. [Metallgjutning med forntida metoder](#). In: *Nytt om smide och smeder April 1997, Nyhetsbrev för Sveriges Konstmidesförening*.

Lønborg, B. 1986. Bronzestøbning i dansk jernalder. In: *Kuml 1986. Årbog for Jysk Arkæologisk Selskab*. Kjærums, P. (Ed.). Aarhus.

Lønborg, B. 1992. Fremstillingen af vikingetidens skålformede fibler. In: *Kuml 1992. Årbog for Jysk Arkæologisk Selskab*. Kjærums, P. (Ed.). Aarhus.

Nordin, A-C. 1993. Metallgjutning i Sigtuna. C-uppsats. Inst. för Arkeologi, Uppsala Universitet. Uppsala.

Oldeberg, A. 1942-1943. *Metallteknik under förhistorisk tid I-II*. Lund.

Oldeberg, A. 1948. Sandgjutning eller á cire perdue? In: *Fornvännen 1948*. KVHAA. Stockholm.

Oldeberg, A. 1966. *Metallteknik under vikingatid och medeltid*. Stockholm.

Roesdahl, E. 1977. *Fyrkat - En Jysk Vikingeborg, II Oldsagerne og Gravpladsen*. København.

Tesch, S. (Ed.) 1990. *Makt och människor i kungens Sigtuna - Sigtunautgrävningen 1990*. Sigtuna Muséer. Märsta.

Thunmark-Nylén, L. 1983. *Vikingatida dosspännen - teknisk stratigrafi och verkstadsgruppering*. Aun 4. Uppsala Universitet. Uppsala.

Tylecote, R. F. 1973. Casting Copper and Bronze into Stone Moulds. In: *Bulletin of the Historical Metallurgy Group, Vol 7 No 1, 1973*. London.

Zachrisson, I. 1960. De ovala spännbucklornas tillverkningsätt. In: *Tor VI*. Uppsala.