

HENRIETTE LYGSTRØM

TECHNOLOGIA PRODUKCJI ŻELAZA I WYRÓB NOŻY ŻELAZNYCH NA TERENIE DANII OD 500 R. PRZED CHR. DO 1000 R. PO CHR.

IRON TECHNOLOGY AND IRON KNIVES FOUND IN DENMARK, 500 BC – AD 1000

Produkcję żelaza rozpoczęto na terenie dzisiejszej Danii około 500 roku przed Chr. i przez następne 1500 lat wytapiano tam żelazo z rud darniowych. Wydaje się, że ta wytwórczość była jedną z prac związanych z gospodarką wiejską i powinna być traktowana jako uboczne zajęcie mieszkańców osad położonych w miejscu łatwego dostępu do rudy darniowej dobrej jakości i lasu dostarczającego materiał na węgiel drzewny. Nawet osady, gdzie stwierdzono produkcję żelaza na dużą skalę, jak Snorup, Starup czy Drengsted nie wydają się być śladem społeczności, której gospodarka oparta jest głównie na tej produkcji (O. Voss 1995, s. 135; L. C. Nørbach 1999, s. 237 nn.). W porównaniu z wieloma innymi obszarami Europy skala produkcji żelaza na terenie Danii jest niezbyt wielka i ma zasięg regionalny, a organizacja społeczna związana z tą produkcją zdaje się nie sięgać tego stopnia specjalizacji, jaki można zaobserwować na niektórych stanowiskach produkcyjnych z dzisiejszej Szwecji, Norwegii czy Polski. Stanowiska produkcyjne były lokowane w pobliżu osad, dlatego też nie było potrzeby organizowania systemu dostarczania żywności czy innych dóbr niezbędnych hutnikom pracującym sezonowo, lub nawet przez cały rok, z dala od siedzib (O. Voss 2004, s. 499). Odkrywane pozostałości duńskich dymarek i palenisk zdają się być rezultatem pracy sprawnych rzemieślników, wykonywanej pod koniec lata, w tygodniach poprzedzających żniwa (P. H. Mikkelsen, L. C. Nørbach 2003). Nie ma też śladu silnej organizacji „fachowców” – specjalistów w zakresie technologii. Produkcja żelaza na terenie Danii – rozproszona,

o małej skali – musiała z trudem poddawać się kontroli z zewnątrz.

Ostatnio opublikowano dwie prace z zakresu metalurgii zajmujące się rozprzestrzenieniem duńskich rud bagiennych (A. Jouttijärvi 1994; V. F. Buchwald 2005, s. 159 nn.). Obaj autorzy zgadzają się, że możliwe jest prześledzenie pochodzenia żelaza na podstawie porównania chemicznego składu wtrętów żużla z kłosem żużla pozostałym po wytopie. Na ile dokładnie można zidentyfikować na terenie Danii obszar pochodzenia metalu pozostaje nadal przedmiotem dyskusji, mającej dla archeologów zasadnicze znaczenie (H. Lyngstrøm 1995, s. 159).

Żelazo z terenu Danii

Podstawowym produktem dymarki przydomowej jest łupka, mieszanka żelaza i żużla, którą należało zebrać i przekuć na bardziej zbity kęs. W bryle łupki warstwy słabo nawęglonego żelaza mogły być ułożone naprzemiennie z średnio, a nawet wysoko nawęglonymi. Zarówno w kęsach, jak i gotowych wytworach znajdujących na terenie Danii często przemieszane są z nimi strefy bogate w fosfor (ok. 0,9%).

Zapewne starożytni kowale byli w stanie zidentyfikować i oddzielić od siebie części łupki bogate w węgiel i fosfor i przechowywać je do odpowiedniego zastosowania. Chociaż większość narzędzi i broni jest wykuta z nisko nawęglonego żelaza, to umiano też wyprodukować z rudy bagiennnej wysoko nawęglone (zawierające ok. 0,6–0,8% węgla) żelazo, podobnie jak żelazo fosfo-

Nóż *	Miejsce znalezienia	Chron.	Zespół	Płeć i wiek	Położenie w grobie	Dług. (cm)	Ostrze max. dług. × szer. (cm)	Kształt (por. ryc. 2)	Sposób zgrzania (por. ryc. 3)	1. kęs		2. kęs		3. kęs	
										C** (%)	żuzle***	C (%)	żuzle***	C (%)	żuzle***
NM C 26845	Gerlev-Dråby grób IX	IX w.	-	?, dorosły	przy biodrze (?)	12,5	5,1×1,0	2	-	0,0	AM 4	0,8	-	0,0	AM 5
NM C 26853	Gerlev-Dråby grób XIII	IX w.	-	?, dorosły	przy biodrze (?)	9,9	5,5×0,9	1	2	0,2	CM 4	0,8	AM 5	0,2	AM 5
NM C 30012	Lejre grób 126	X w.	-	?, dorosły	przy stopach	13,1	5,2×1,0	2A	2	0,0	AM 5	0,8	CM 5	0,0	F 5
NM C 30013	Lejre grób 1420	X w.	nóż, naczynie, osetka	?, <i>maturus</i>	przy biodrze (?)	12,2	4,7×0,9	2	1	0,2	AH 4	0,4	CH 4	-	-
NM C 30064	Lejre grób 800	X w.	bransoleta	kobieta, <i>adultus</i>	przy prawym biodrze	13,4	4,0×0,9	2B	2	0,0	AH 5	0,8	AS 4	0,0	AS 5
NM C 30128	Lejre grób 994n	X w.	zapinka, paciorki	kobieta, dorosła	przy biodrze (?)	15,5	5,3×0,9	2B	1	0,0	AH 2	0,8	AH 4	0,0	DH 3
NM C 30132	Lejre grób 1028	X w.	fr. żelaza, naczynie	mężczyzna, <i>maturus</i>	przy biodrze	20,9	9,7×1,5	2	3	0,3	DM 4	0,8	AH 2	0,2	DH 3
NM C 7778	Forlev grób A	X w.	osetka, igła	?, dorosły	?	12,6	5,7×1,2	1	1	0,2	DH 3	0,4	AM 5	0,2	AM 2
BMR 1399x1172	Nrd. Grødbygård grób 266	XI w.	-	?, dorosły	przy biodrze	10,6	4,2×0,8	2	1	0,3	AM 2	0,5	AH 3	0,3	AH 2
BMR 1399x1188	Nrd. Grødbygård grób 265	XI w.	sprzączka	?, dorosły	przy biodrze	8,7	3,5×0,7	2	2	0,0	AH 5	0,5	AM 2	0,0	AH 4
BMR 1399x1546	Nrd. Grødbygård grób 391	XI w.	-	?, dorosły	przy biodrze	9,6	5,8×1,1	2	1	0,0	CT 1	0,4	BT 1	0,1	-
BMR 1399x1553	Nrd. Grødbygård grób 396	XI w.	nit	?, dorosły	przy biodrze	11,6	7,0×1,4	2	1	0,0	CH 4	0,5	BT 3	0,0	CH 4
NM C 5906	Lousgaard grób 5	VII w.	miecz, nóż, paciorek, szczytki psa	mężczyzna, dorosły	przy lewym biodrze	10,5	5,3×1,7	2	1	0,1	AH 2	0,5	AM 5	0,1	AH 2
LMR 8277x749	Stengade II grób CY	X w.	okucie	kobieta, <i>maturus</i>	przy ramieniu	16,9	6,3×1,3	2B	1	0,3	DH 3	0,8	AH 2	0,0	AS 4
LMR 12077x130	Bogovej grób AP	X w.	fr. żelaza	mężczyzna, <i>maturus/semilis</i>	przy biodrze	11,2	6,5×1,5	1	2	0,0	AS 3	0,6	AM 3	0,0	AS 5

rowe. Było one powszechnie używane przez kowali z terenu Danii i, w niektórych wypadkach, uważane za lepsze niż nisko lub nawet wysoko nawęglone żelazo. Widać to na przykładzie produkcji nożyków sierpikowatych, niektórych typów gwoździ i przy stosowaniu technik damasceńskich (*pattern welding*) (R. Thomsen 1994, s. 282). Dopiero ostatnio archeolodzy porzucili teorię, że żelazo fosforowe jest gorszej jakości – można je łatwo zgrzewać i jest, do pewnego stopnia, odporne na korozję.

Właściwości różnych rodzajów żelaza dymarkowego poznane są ciągle tylko w niewielkim stopniu. Pewne jest jednak, że starożytni hutnicy i kowale intuicyjnie rozpoznawali i doceniali właściwości różnych rodzajów żelaza, natomiast eksperymenty dowiodły, że narzędzia wykute z rudy bagiennej znacznie różnią się od narzędzi wykonanych ze współczesnego żelaza. Doświadczeni kowale zazwyczaj lubią pracować z surowcem z rudy bagiennej – dobrze trzyma ono ciepło i daje się zgrzewać w niskich temperaturach (P. Crew 1991, s. 33).

Noże żelazne z terenu Danii

Typologiczna i metalurgiczna analiza żelaznych noży jest znakomitym sposobem badania produkcji, dystrybucji i wykorzystania żelaza. Noże są kategorią znalezisk powszechnie spotykaną we wszystkich regionach Danii – wykuwano i używano je przez cały okres produkcji żelaza z miejscowych rud bagiennych. Na tysiącu przykładach można prześledzić ich zmiany i rozwój od najwcześniejszych dużych noży z prostym tyłcem i szerokim, „wiszącym” ostrzem z okresu przedrzymskiego do małych noży z obustronnie wydzielonym trzpieniem do rękojeści, znajdujących w grobach z okresu wikingów. Niektóre typy noży znane są wyłącznie z grobów kobiecych, inne tylko z zespołów z bronią, jeszcze inne spotykane są wyłącznie w pewnych rejonach Danii.

Wczesne noże to ciężkie jednosieczne narzędzia z ostrzami o długości około 15 cm; część z nich ma rodzaj tulejki z zawiniętych skrzydełek. W okresie około przełomu er kowale musieli przechowywać liczne kęsy żelaza zawierające mniej niż 0,35% węgla i wadze większej niż 250 g, bowiem większość tych wczesnych noży jest wykuta z jednego lub dwóch kęsów żelaza, zaś żaden z dużych noży nie został zrobiony z wielu małych kawał-

ków. Kowal musiał zatem dysponować wystarczającą ilością surowca i nie było potrzeby wykorzystywania wszystkich skrawków do produkcji nowych narzędzi. Warto też zwrócić uwagę, że noże z grobów z okresu przedrzymskiego są tylko nieznacznie zużyte.

Znaleziska z pierwszych 500 lat obróbki żelaza na terenie Danii świadczą o dużych umiejętnościach zdolnych rzemieślników, dysponujących wielką ilością niskowęglowego (mniej niż 0,35%) żelaza. Podczas kucia mogli oni wybierać spośród kęsów o różnych właściwościach odpowiednie do każdego zadania.

W IV i V wieku na terenie Danii rzadko kute były noże dużych rozmiarów. Częstsze są wówczas noże mniejsze – zarówno proste, jak i sierpikowate. Często były zdobione na ostrzu lub zakończeniu trzonka kółczkami lub punktami. Do produkcji takiego noża wystarczył przeciętnie kęs o wadze 25 g. Wielu kowali to jednocześnie rolnicy i hutnicy – wydaje się zresztą, że główna część produkcji żelaza wciąż pochodziła z pojedynczych osad jednodworczych i przeznaczona była głównie na domowy użytek. Systematyczne studia metalurgiczne nad nożami i pochodzeniem użytego do ich produkcji żelaza wskazują, że wykorzystanie surowca było ściśle powiązane z jego produkcją. Większość żelaza była wytwarzana z rudy bagiennej pochodzącej z tego samego regionu, gdzie nóż później został złożony w grobie (H. Lyngstrøm, w druku).

Wydaje się, że gdzieś pomiędzy VI a VII wiekiem następuje na terenie Danii wyraźna zmiana w technologii produkcji przedmiotów żelaznych. Pojawiają się bardziej złożone techniki wykorzystujące różne rodzaje żelaza dymarkowego. W jednym przedmiocie często są łączone kęsy surowca miejscowego z żelazem importowanym. Ta zmiana technologii wyraża się wzrostem znaczenia żelaza wysoko nawęglonego. Noże wykute w całości z surowca pochodzącego z Półwyspu Skandynawskiego znane są co prawda z bagiennego stanowiska ofiarnego z III wieku w Illerup Ådal (J. Ilkjær *et alii* 1994, s. 47), jednak stają się one częstsze dopiero w VII wieku. Przykładem może tu być obosieczny nóż o długości 17 cm i szerokości 3 cm znaleziony w grobie z Rytterkær. Został on wykuty z jednego kawałka żelaza średnio nawęglonego (0,2–0,4% węgla), które nie było przekuwane

Ryc. 1. Wybór noży żelaznych z terenu Danii wykutych w technice pakietowania.

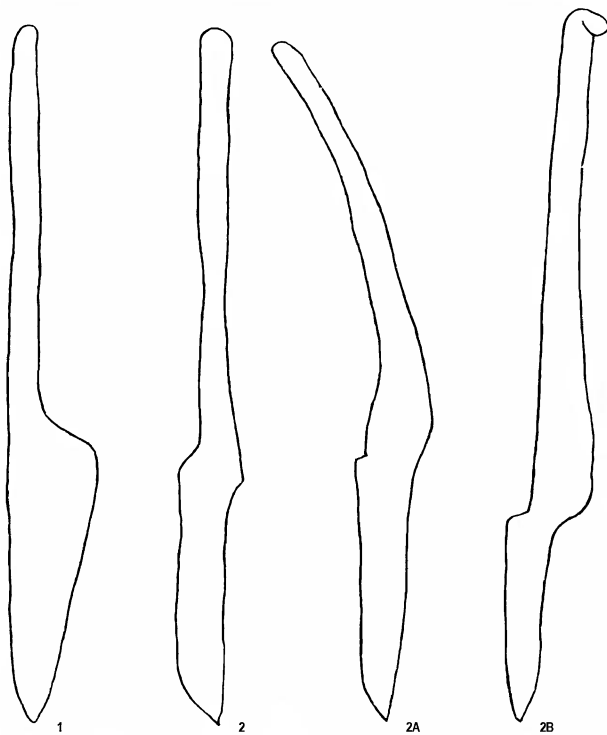
* NM = Muzeum Narodowe, Kopenhaga, BMR = Bornholms Museum, Rønne, LMR = Langelands Museum, Rudkøbing;

** Zawartość węgla; *** Wtręty żuźla wg II tabeli inkluzji Szwedzkiego Związku Producentów stali (*Jernkontoret Chart II*, norma SS 11 11 16 – zob. www.sis.se) do opisu wtrętów niemetalicznych. W tej tabeli litery oznaczają obecność wtrętów zaś liczby ich ilość. Inkluzje mogą być koliste (np. AS i DH), owalne (np. AH i DM) lub płaskie (np. AM i AT), albo też mogą tworzyć ciągłe pasma (np. CH i CM)

Fig. 1. Selection of Danish iron knives forged in the sandwich-technique.

* NM = The National Museum, Copenhagen, BMR = Bornholms Museum, Rønne, LMR = Langelands Museum, Rudkøbing;

** Content of coal; *** The slag inclusions, acc. to inclusions chart II of The Swedish Steel Producer's Association (*Jernkontoret Chart II*, standard SS 11 11 16 – see: www.sis.se), for the assessment of non-metallic inclusions. In this system a letter-value indicates the appearance of the slag inclusions and a numeric value expresses their quantity. Slag inclusions may be round (especially AS & DH), oval (especially AH & DM) or flat (especially AM & AT) or they may lie in long continuous bands (especially CH & CM)



Ryc. 2. Różne typy noży wykuwanych w okresie wikingów w Danii (por. ryc. 1). 1 – nóż z prostym grzbietem i "wiszącym" ostrzem, 2 – różne noże z trzpieniem wyprowadzonym pośrodku ostrza. Rys. A. Lundgren

Fig. 2. Different knife-shapes forged in the Danish Viking Age (cf Fig. 1). 1 – knife with straight back and a hanging edge, 2 – different knives with a tang offset from the middle of the blade. Drawn by A. Lundgren

ani utwardzane. Duże noże są licznie spotykane w okresie między połową VI a połową VIII wieku*, ale noże obosieczne z ostrzem wykutym wyłącznie ze średnio lub wysoko nawęglonego żelaza (jak egzemplarz z Rytterkær) są rzadkością. Analiza pięciu różnych inkluzji żuźla w ostrzu tego noża wykazała niską zawartość tlenu fosforu i wysoką tlenu glinu, co razem z pozostałymi składnikami wskazuje, że nóż został wykuty z żelaza wytworzonego z norweskiej rudy bagiennej (H. Lyngstrøm, w druku).

Liczne, bardzo duże noże jednosieczne z VII wieku mają ostrza o długości 20 cm i, zazwyczaj, trzpień wydzielony obustronnie pośrodku ostrza. Takie noże znajdowane są wyłącznie w grobach męskich. Często umieszczane były przy biodrze zmarłego, razem z dużo mniejszym nożykiem. Chociaż materiał organiczny nie zachował się, jest prawdopodobne, że oba noże były noszone razem w podwójnej pochwie z dodatkową kieszonką. W tych samych grobach przy drugim udzie leżał jednosieczny miecz, niekiedy razem z włócznią i tarczą. Do-

* (Od. Red.) Chodzi tu o czasy określane w archeologii duńskiej jako *ynge germansk jernalder* (Late Germanic Iron Age), niemający odpowiednika w archeologii ziem polskich.

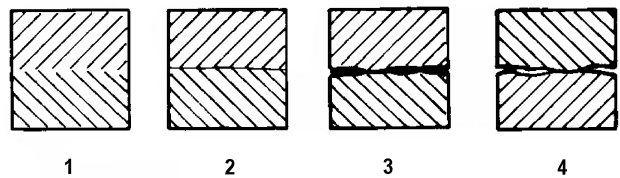
kładne badania tych przedmiotów nie wykazały istotnej różnicy między nożami – oba są wykute z nisko nawęglonego żelaza – podczas gdy miecze kuto zarówno z żelaza nisko- jak i wysoko nawęglonego.

Małe nożyki należały w VII i VIII wieku do wyposażenia grobów kobiecych; długość ich ostrza nie przekraczała 10 cm. Umieszczane były zawsze na wysokości klatki piersiowej, razem z paciorkami i zapinkami. Wszystkie są wykute z żelaza nisko nawęglonego; opuszczając kowadło musiały ważyć mniej niż 10 g.

Te nożyki często stanowią jedyne elementy wyposażenia pochówków w krótkich jamach grobowych, w których zachowały się tylko nikłe ślady szkieletów; wciąż jednak leżą w miejscu, gdzie powinna znajdować się klatka piersiowa. Mogą to być groby małych dziewczynek, co pokazuje, że dzieci używały czy też nosiły noże tej samej wielkości co dorośli. Podobny zwyczaj można było zaobserwować na skandynawskiej wsi 100 lat temu, gdzie chłopcy i dziewczynki dostawali swój pierwszy nóż w wieku 5–6 lat.

W IX–XI wieku noszono przy pasach noże wykute z nisko- i wysoko nawęglonego żelaza. Były to zawsze małe egzemplarze o ostrzach krótszych niż 10 cm, często ze słabo wydzielonym trzpieniem. Zwykle są one silnie zużyte, co wytłumaczyć można faktem wykonania większości z nich techniką pakietowania – jedna warstwa wysoko nawęglonego żelaza umieszczona była między warstwami żelaza nisko- lub średnio nawęglonego. Taki nóż może być użytkowany przez lata, a silnie zużyte narzędzie było zapewne „osobistym” nożem zmarłego. U starego Wikinga można więc dostrzec to samo przywiązanie do noża używanego od dzieciństwa, jakie obecnie okazują niektórzy właściciele ulubionych szczyrów.

Noże z miękkim ostrzem, wykute wyłącznie z żelaza nisko nawęglonego mogły być używane na terenie Danii w okresie wikingów do specjalnych zadań. W północnej Zelandii, gdzie odkryto warsztat obrabiający kość i róg, tylko jeden z pięciu znalezionych



Ryc. 3. Schemat zgrzewów noży żelaznych z Danii: 1 – zgrzew w pełni udany, widoczny tylko jako zmiana materiału; 2 – udany zgrzew, bez lub z niewielką ilością wtrętów żuźla; 3 – udany zgrzew z kilkoma dłuższymi, nieregularnymi wtrętami żuźla; 4 – nieudany zgrzew, jedynie z częściowym połączeniem warstw. Ryc. A. Lundgren

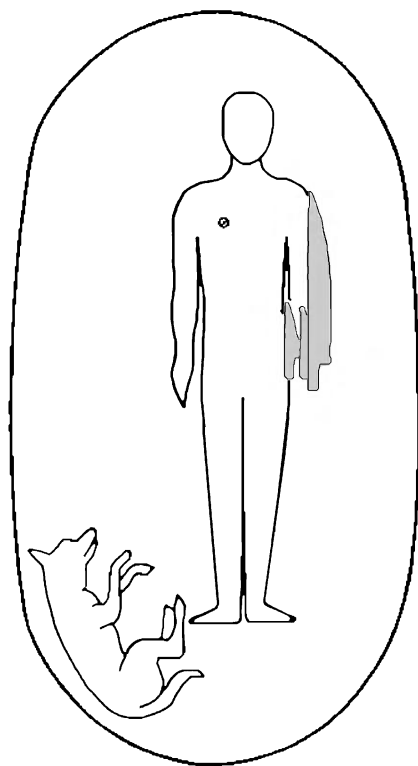
Fig. 3. Assessment of welds in Danish iron knives: 1 – successful weld, only seen as a change in the material; 2 – clear weld with no or very few slag inclusions; 3 – clear weld with several long and intermittent slag inclusions; 4 – failed weld with only partial adhesion. Drawn by A. Lundgren

noży wykonany był w technice pakietowania, zaś cztery pozostałe wykuto z żelaza nisko nawęglonego.

Noże wykonane techniką pakietowania

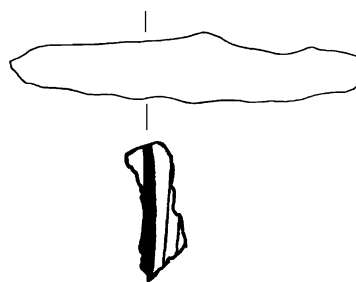
Szczególnym zainteresowaniem badaczy cieszą się duńskie noże wykute z dwóch kęsów: nisko nawęglonego i, równej wielkości, średnio- lub wysoko nawęglonego, oraz noże trójwarstwowe wykute w technice pakietowania (Ryc. 1–3). Noże tego typu są najczęściej spotykane w duńskich grobach z okresu wikingów. Od początku IX wieku aż po początki wieku XI w tej technice wykonywano większość noży znanych z Estonii, Łotwy, Litwy, Szwecji i z zachodniej Rosji. Ta sama technologia została zastosowana przy produkcji noży w Anglii, jednak tam, jak się wydaje, nigdy nie stała się tak powszechna jak w Skandynawii. W Europie środkowej noże rzadko robiono w ten sposób, choć sama technika była znana, o czym świadczą inne przedmioty.

Najstarszy znany nóż z terenu Danii wykuty w tej technice pochodzi z grobu 5 z cmentarzyska w Lousgaard, na północnym wybrzeżu Bornholmu, gdzie odkryto około 30 grobów datowanych od VI do IX wieku (H. Lyngstrøm, A. Jouttijärvi 1990, s. 62). Zmarli grzebani byli z nożami i bronią, a w grobie 5 znaleziono miecz typu *langsax* (A. N. Jørgensen 1999, ryc. 107), dwa noże i szczątki psa. Grób, odkryty w 1886 roku,



Ryc. 4. Grób 5 z Lousgaard (Bornholm) – pochówek z mieczem typu *langsax*, dwoma nożami i psem. Rys. A. Lundgren

Fig. 4. Grave 5 from Lousgaard (Bornholm) – burial with a *Langsax*, two knives and a dog. Drawn by A. Lundgren



Ryc. 5. Nóż z Lousgaard, grób 5. Rys. A. Lundgren
Fig. 5. The knife from Lousgaard, grave 5. Drawn by A. Lundgren

datowany jest na początek VII wieku. Broń i noże umieszczone były tuż koło siebie (Ryc. 4). Nóż o zachowanej długości 10,5 cm ma jednosieczne ostrze szerokości 5,2 cm (Ryc. 5). Wysoko nawęglone żelazo zostało zgrzane pomiędzy przynajmniej czterema warstwami żelaza zawierającego mniej niż 0,1% węgla. Wtręty żużla we wszystkich kęsach mają podobny skład, z niską zawartością tlenu fosforu i wysoką zawartością tlenu glinu, co wskazuje, że nóż mógł być wykuty z żelaza wytworzonego z rudy ze Szwecji lub Norwegii. Warto zaznaczyć, że *langsax* znaleziony w tym grobie (dług. ponad 60 cm, szer. 5,2 cm, grub. 0,7 cm) został wykonany z czterech długich kęsów żelaza zgrzanych razem w sposób świadczący o wysokich umiejętnościach rzemieślnika; dwa z tych kęsów zawierają 0,5% fosforu. Wtręty żużla we wszystkich czterech kęsach mają podobny skład – między innymi wysoka zawartość tlenu fosforu i minimalna tlenu glinu. Dowodzi to, że miecz był wykuty z żelaza uzyskanego z rudy bagiennej pochodzącej najprawdopodobniej z północnych Niemiec lub Jutlandii.

* * *

Chociaż organizacja społeczna związana z produkcją i wykorzystaniem żelaza na terenie Danii nigdy, jak się wydaje, nie osiągnęła tego poziomu specjalizacji, jaki można zaobserwować w innych częściach północnej Europy, to miejscowe rudy bagienne były przetapiane i przetwarzane w sposób podobny jak w krajach sąsiednich. Nóż z Lousgaard jest dobrym przykładem wyraźnej zmiany technik kowalskich i w zastosowaniu żelaza dymarkowego o różnej jakości, jaka nastąpiła w basenie morza Bałtyckiego w późnej epoce żelaza. W tym okresie hutnicy, kowale i rolnicy z dzisiejszej Danii dobrze opanowali produkcję i wykorzystanie żelaza, co przyniosło rozwój nowych, bardziej skomplikowanych technologii.

(tłum. K. Czarnecka)

Dr Henriette Lyngstrøm
SAXO-Instituttet, Københavns Universitet
Njalsgade 80
DK 2300 København S
e-mail: lyngst@hum.ku.dk

BIBLIOGRAFIA

- Buchwald, V.F.
2005 *Iron and steel in ancient times*, Historisk-filosofiske Skrifter 29, København.
- Crew, P.
1991 *The experimental production of prehistoric bar iron*, „The Journal of the Historical Metallurgy Society” 25/1, London, s. 21–35.
- Ilkjær, J., Jouttijärvi, A., Andreasen, J.
1994 *Illerup Ådal. Proveniensbestemmelse af jern fra Illerup Ådal – et pilotprojekt*, Århus.
- Jouttijärvi, A.
1994 *Om muligheden for proveniensbestemmelse af jern*, „Aarbøger for nordisk Oldkyndighed og Historie” (1992), s. 183–191.
- Jørgensen, A. N.
1999 *Waffen und Gräber. Typologische und Chronologische Studien zu skandinavischen Waffengräbern 520/30 bis 900 n.Chr.*, Nordiske Fortidsminder B/17, København.
- Mikkelsen, P. H., Nørbach, L.C.
2003 *Drengsted: bebyggelse, jernproduktion og agerbrug i yngre romersk og ældre germansk jernalder*, Jysk Arkæologisk Selskabs skrifter 43, Århus.
- Lyngstrøm, H.
1995 *Ketting – en vikingetidsgrovplads med ryttergrave*, „Aarbøger for nordisk Oldkyndighed og Historie” (1993), s. 143–179.
w druku *Dansk jern – en kulturhistorisk analyse af fremstilling, fordeling og forbrug*, Nordiske Fortidsminder, København.
- Lyngstrøm, H., Jouttijärvi, A.
1990 *Fire mænd og deres jernknive – en arkæologisk/metalurgisk undersøgelse*, „Aarbøger for nordisk oldkyndighed og Historie” (1990), s. 59–67.
- Thomsen, R.
1994 *Metallografiske undersøgelser af sværd og spydspidser fra mosefundene i Illerup og Nydam*, „Aarbøger for nordisk Oldkyndighed og Historie” (1992), s. 281–310.
- Voss, O.
1995 *Snorup – an Iron Producing Settlement in West Jutland, 1st – 7th Century AD*, [w:] *The Importance of Ironmaking, Technical Innovation and Social Change. Papers presented at the Norberg Conference on May 8–13, 1995*, Jernkontorets Berghistoriske Utskott 58, Stockholm, s. 132–139.
2004 *The Archaeology of Iron Smelting in Denmark*, [w:] R. Pleiner, E. Pernicka (red.) *Archaeometallurgy in Europe*, Milano, s. 497–505.

IRON TECHNOLOGY AND IRON KNIVES FOUND IN DENMARK, 500 BC – AD 1000

SUMMARY

About 500 BC iron technology was introduced in Denmark and during the following 1500 years iron was produced in all regions of the local bog ore.

The bloom was the first product of the farmers' furnace, a mixture of iron and slag, which it was necessary to gather and weld to a denser billet. Low-carbon zones could alternate with medium- and even high-carbon zones in one and the same piece of iron. And phosphorus-rich zones is very often interspersed in billets and artefacts found in Denmark. Most certainly the blacksmiths were able to identify and separate carbon-rich and phosphorus-rich parts of the bloom and to secure these for specific purposes. And although most tools and weapons were forged using the low-carbon iron the smelter knew how to produce high-carbon iron containing about 0.6–0.8 % C from the bog ore.

Typological and metallurgical analyses of iron knives are an excellent way to study the production, distribution and consumption of iron. From the earliest rather large pre-Roman knives with straight back and a wide, hanging edge, it is possible to trace change and development through thousand of knives to the small knives with a tang offset from the middle of the blade found in the Viking Age graves. Some knives are only found in association with female burials. Other knives are only found in association with weapons, others again only in some parts of Denmark.

The evidence from the first 500 years of iron forging in Denmark leaves us with the impression of capable and skilled craftsmen with plenty of low-carbon (less than 0.35% C) iron at their disposal.

Very large knives were rarely forged in the Danish smithies of the 4th and 5th centuries. At this time, smaller curved and straight knives were preferred. A 25 g billet would, on average, have been enough for each knife. But somewhere in the 6th or 7th century there seems to be a marked change in the forging-techniques in Denmark and the use of the different bloomery irons becomes more complex. The billets of local iron often combine in the same knife with iron exchanged from a distance. The shift in technology is seen as high-carbon iron now plays a more important role. Although there are some early examples of knives forged exclusively of iron from the Scandinavian peninsular found in the 3rd century war booty sacrifice at Illerup Ådal. Many of the really large, single-edged knives in the 7th century have a blade length about 20 cm. They were often forged with a tang offset from the middle of the blade and a distinct shoulder between blade and tang. The large knives are found exclusively in male graves and are often placed by the hip of the dead together with a much smaller knife. Although no organic material is preserved, it is likely that the two knives originally were carried together in lined scabbards with additional sheaths. In the same graves, by the other hip, or close to shield and lance, lies a single-edged sword. Close studies of the knives

and the sword show no marked difference between the large and the small knives. They are both forged of low-carbon iron while the swords are all forged using low- and high-carbon iron.

A special interest is often paid to the three-layer knife (the knife forged in the so-called sandwich-technique). These knives (Fig. 1) are the most common knives to be found in the Danish Viking Age. And from the end of the 9th century, throughout the 10th century and the beginning of the 11th century knives were mainly forged using this technique in Estonia, Latvia, Lithuania, and Sweden – and in the Western regions of Russia. The same forging technology has been registered in knives found in England, but there they apparently never occur quite as often as in Scandinavia. In central Europe knives were rarely forged in this way, although the technique was used for other edged implements.

The by now oldest known knife in Denmark forged in this technique is found at Lousgaard a cemetery at the Baltic island Bornholm. This grave is dated to the early 7th century and the slag inclusions

in all billets show rather similar values, among others low values of phosphorous oxide and high values of aluminium oxide. That indicates that the knife might have been forged from a Swedish or Norwegian ore. On the contrary, the iron in the *Langsax* – found in the same grave – contained 0.5% phosphorus and the slag inclusions show very similar values – among others high values of phosphorous oxide and minimal values of aluminium oxide. These values indicate that the sword was forged of iron made of bog ore, most likely dug up in the northern most parts of Germany or in Western Jutland.

Even though the social organisation around the production and the consuming of iron in Denmark never seems to reach the same level of specialisation as have been seen around sites in other parts of Northern Europe, the local bog ore was smelted and forged according to the way it was done in the neighbouring countries. And the knife from Lousgaard is a good example on the marked change in the forging-techniques and in the use of the different quality of bloomery irons that took place in the Late Iron Age.

Hum. H. Lyngström

