

Jerzy Piaskowski

Metaloznawcze badania wyrobów żelaznych z okresu halsztackiego i wczesnolateńskiego, znalezionych na Śląsku

Examination métallographique des produits en fer de la période de Hallstatt et du début de la période de La Tène découverts en Silésie

W niniejszej pracy przedstawiono analityczne wyniki metaloznawczych badań 48 wyrobów żelaznych z okresu halsztackiego i wczesnolateńskiego, znalezionych na ziemiach Górnego i Dolnego Śląska. Badania te były fragmentem obszerniejszej pracy nad technologią wyrobów żelaznych na ziemiach Polski w tych okresach oraz przygotowywanego wraz z mgr T. Różycką syntetycznego opracowania tego zagadnienia. Zbadane materiały pochodziły

głównie z Muzeum Śląskiego we Wrocławiu, przy czym zostały one wytypowane do badań przez mgr T. Różycką, która przygotowała także ich archeologiczne opracowanie¹.

Wyroby żelazne z okresu halsztackiego i wczesnolateńskiego, pochodzące z ziem Górnego i Dolnego Śląska, nie były dotychczas poddawane badaniom metaloznawczym. Opi-

¹ T. Różycka, *Wyroby żelazne kultury łużyckiej i pomorskiej na Śląsku*, „Silesia Antiqua”, t. 2 (w druku).

sane tu badania przeprowadzone były w ramach prac Zakładu Historii Nauki i Techniki PAN (Zespół Historii Polskiej Techniki Hutniczej i Odlewniczej) przy poparciu Instytutu Historii Kultury Materialnej PAN.

1. METODY BADAŃ I SPOSÓB ZESTAWIENIA WYNIKÓW

Metody opisanych badań wyrobów żelaznych nie różniły się od sposobów stosowanych w innych podobnych pracach autora. Obejmowały one ilościową i jakościową analizę chemiczną, obserwacje metalograficzne oraz pomiary mikrotwardości i twardości. Zastosowano ponadto badania gammaograficzne, tzn. prześwietlanie siekierok z tulejką promieniami gamma promieniotwórczego izotopu kobaltu Co^{60} .

Ilościową analizę chemiczną przeprowadzono metodami klasycznymi, zgodnie z normami obowiązującymi dla stopów żelaza. Oznaczono przede wszystkim zawartość fosforu, podstawowej domieszki w żelazie i stali pochodzenia dymarkowego, oraz zawartości krzemu, manganu i niklu. W niektórych próbkach oznaczono także zawartość siarki i miedzi; w pozostałych jednak badań tych nie prowadzono, aby uniknąć nadmiernego uszkodzenia okazów. Ilości siarki występujące w żelazie i stali pochodzenia dymarkowego są zwykle nieznaczne (poniżej 0,02% S) i ewentualne różnice mieszczą się w granicach błędów analizy chemicznej.

Dla określenia zawartości węgla w metalu oparto się na przybliżonej ocenie na podstawie obserwacji metalograficznych. Metal bowiem wykazywał zwykle nierównomierne nawęglenie; stąd uzyskany na drodze analizy chemicznej wynik „średni” nie odzwierciedlałby struktury i właściwości metalu.

Jakościową analizę chemiczną przeprowadzono metodą spektrograficzną przy użyciu spektrografu ISP 22, wzbudzając łuk pomiędzy próbkami tego samego materiału.

Strukturę metalu określano pod mikroskopem metalograficznym przy powiększeniu 100 i 500 \times ; próbki trawiono 4% roztworem kwasu azotowego w alkoholu metylowym (azotal). Wraz z oceną struktury określano wielkość ziarna metalu, posługując się polską normą PN-56/H-04507. Dzieli ona ziarna na klasy od 1 (największe ziarno — 16 ziarn na powierzchni 1 mm²) do 8 (najdrobniejsze ziarno — 2048 ziarn na 1 mm²).

Na zglądach metalograficznych badano mikrotwardość poszczególnych składników struktury, posługując się aparatem Hanemanna i stosując przy tym nacisk 50 G. Każdy wynik jest średnim z 5 pomiarów. Twardość określano sposobem Vickersa (Polska Norma PN/H-04360) przy nacisku 10 kG, trwającym 15 sek.

Badania gammaograficzne miały na celu usta-

lenie sposobu wykonania siekierok z tuleją, a mianowicie, czy wykuto je z jednego kawałka metalu, czy też z dwóch, kształtując oddzielnie ostrze, a oddzielnie nasadzoną na nie tuleję. Do prześwietlania stosowano izotop promieniotwórczy kobaltu Co^{60} , wysyłający dość twarde promieniowanie gamma o energii 1,17 i 1,33 MeV. Zasadniczo do tego celu bardziej odpowiednie są izotopy o mniejszym promieniowaniu, jak np. izotop irydu Ir^{192} , stosowany przez F. K. Naumanna² do badań rękojeści luristańskiego miecza. Instytut Odlewnictwa w Krakowie, gdzie przeprowadzono opisane badania, posiadał jednak jedynie izotop kobaltu Co^{60} .

Uzyskane wyniki przedstawiono w tablicach i zestawieniach rysunkowych. Wyniki badań każdego okazu znajdują się w dwóch tablicach. Pierwsza z nich zawiera dane dotyczące pochodzenia okazu oraz wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej. Przy wynikach analizy jakościowej pominięto obecność węgla, krzemu, manganu, fosforu i siarki (a także żelaza), występujących zawsze w żelazie i stali pochodzenia dymarkowego, oraz aluminium, cyny, magnezu, miedzi, niklu, ołowiu i wapnia, których obecność stwierdzono we wszystkich badanych próbkach. W kolumnach zawierających wyniki analizy jakościowej znak + określa wyraźnie stwierdzoną obecność domieszki, natomiast znak „o” świadczy o obecności jedynie ostatnich (najtrwalszych) linii widma danego pierwiastka. Identyfikacja tych linii była w pewnych przypadkach trudna i niepewna.

W drugiej tablicy podano wyniki obserwacji metalograficznych: zestawienie składników strukturalnych, klasę wielkości ziarna, wyniki pomiarów mikrotwardości poszczególnych składników strukturalnych oraz wyniki pomiarów twardości Vickersa.

Przedstawiając wyniki badań w zestawieniach rysunkowych, oparto się na sposobie użytym przez B. A. Kołczina³. Na pierwszym rysunku podano wykonany w skali szkic badanego okazu z zaciemnionym miejscem wycięcia próbki. Na drugim rysunku przedstawiono „technologię” badanego okazu, tj. umownie oznaczony rodzaj metalu użytego do wyrobu przedmiotu, na tle zglądu metalograficznego. Ten szkic zglądu metalograficznego, wykonanego zawsze pod kątem 90° do płaszczyzny pierwszego rysunku (szkic przedmiotu), uzupełnia go częściowo, pozwalając zorientować się w przestrzennym kształcie badanego okazu.

Materiał ilustracyjny uzupełniają nadto licz-

² F. K. Naumann, *Untersuchung eines eisernen luri-stanischen Kurzschwertes*, „Archiv für das Eisenhüttenwesen”, t. 28: 1957, nr 9, s. 575.

³ B. A. Kołczin, *Czarna metalurgia i metalo-obrobka w diewniej Rusi*, „Materiały i Issledowanija po Archiologii SSSR”, Moskwa 1953, 73.

ne mikrofotografie struktury metalu. Zamieszczenie tych mikrofotografii jest nieodzowne wobec podstawowego znaczenia, jakie ma — jak stwierdzono — obraz strukturalny metalu dla ustalenia technologii wyrobów i ich pochodzenia.

2. ZESTAWIENIE ZBADANYCH MATERIAŁÓW

Opisane badania metaloznawcze obejmowały wyroby żelazne z 13 stanowisk kultury łużyckiej i 6 stanowisk kultury pomorskiej na Górnym i Dolnym Śląsku. Zbadano także trzy przedmioty żelazne z dwóch znalezisk luźnych.

Ogółem zbadano 48 przedmiotów, a mianowicie ze stanowisk kultury łużyckiej: 5 noży, 2 sierpy, 1 siekierka z tuleją, 4 siekierki płaskie, 8 bransolet, 3 naszyjniki, 2 naramienniki, 5 szpil, 2 pierścienie, 1 dłućko, 1 wędzidło, 1 paciorek, 1 gros włóczni, 1 fragment nieokreślony (razem 38 szt.), a ze stanowisk kultury pomorskiej: 1 siekierka z tuleją, 2 bransolety, 3 szpile, 1 szydło (razem 7 szt.).

Ze znalezisk luźnych zbadano miecz, siekierkę z tuleją i siekierkę płaską (razem 3 szt.).

Ilość tę, szczególnie jeśli chodzi o okazy kultury łużyckiej, należy ocenić jako znaczną. Wprawdzie ze stanowisk kultury pomorskiej zbadano tylko siedem przedmiotów, jednak wykazały one duże podobieństwo metalu i technologii. Ponieważ te same wyniki dały badania materiałów ze stanowisk kultury pomorskiej na innych ziemiach Polski (Wielkopolska, Pomorze, Mazowsze itd.)⁴, stąd nawet na wynikach badań siedmiu okazów można oprzeć ogólne wnioski o technologii żelaznych wyrobów kultury pomorskiej na Śląsku.

Badane przedmioty były uprzednio poddane konserwacji, z wyjątkiem naszyjnika z Trzcinicy, pow. wołowski, wszystkich przedmiotów z Brzeziny, pow. strzeliński, i Lasowic, pow. oleski, oraz siekierki z Wołowa.

3. WYNIKI BADAŃ

- a) Wyroby z wcześniejszej fazy okresu halsztackiego (okres halsztacki C i CD), (ryc. 1 i 2 oraz tabele 1 i 2)

Przystępując do krótkiego opisu wyników badań, omówimy kolejno wszystkie zbadane wyroby żelazne z wcześniejszej fazy okresu halsztackiego (okres halsztacki C i CD), rozpoczynając od materiałów pochodzących z cmentarzyska ciałopalnego w Trzcinicy, pow. wołowski.

1. Sierp pochodzący z grobu 7 wykonany został z bardzo miękkiej stali, zawierającej ok. 0,15% C. Struktura ferrytyczna z nieznacznymi ilościami perlitu (ryc. 3).

2. Szpila nr 1 z grobu 18 z tegoż stanowiska wykuta została z miękkiej stali, przy czym dla nadania jej większej sztywności zwinęto ją z rozplaszczanego pręta. W strukturze szpili obserwowano ferryt oraz perlit (ryc. 4). Zawartość węgla w metalu można ocenić na ok. 0,25% C.

3. Struktura szpili nr 2 z grobu 24 składała się z ferrytu i śladów perlitu (ryc. 5). Szpila wykonana została więc z żelaza lub bardzo miękkiej stali (praktycznie nie różniącej się właściwościami od żelaza).

4. Bransoletę z grobu nr 24 wykonano z miękkiej stali. W strukturze bransolety wystąpiły ziarna ferrytu i perlitu (ryc. 6); zawartość węgla w stali można ocenić na ok. 0,25% C. Struktura bransolety była identyczna jak szpili nr 1 z grobu 18.

5. Inną strukturę wykazał naszyjnik (grób nieokreślony) wykonany z żelaza o bardzo nierównomiernym nawęglaniu (ryc. 7a). W miejscach silniej nawęglonych zawartość węgla dochodziła do 0,5% C (ryc. 7b). W środkowej części bransolety zaobserwowano w jednym miejscu bardzo drobne i liczne wtrącenia żuźla (ryc. 7c).

6. Nóż z cmentarzyska ciałopalnego w Brzeziny, pow. strzeliński (grób nr 6), wykonany był z żelaza; struktura ferrytyczna o bardzo drobnym ziarnie (ryc. 8).

7. Z żelaza wykonano także bransoletę z grobu nr 9 z tegoż stanowiska. Struktura metalu była ferrytyczna (ryc. 9).

8. Szpila pochodząca z grobu nr 11 wykazała strukturę ferrytyczną, przy czym obok ziarn drobnych (ryc. 10a), obserwowano w niektórych miejscach ziarna większe (ryc. 10b).

9. Ułamek pręta nieokreślonego przeznaczenia, znaleziony w grobie nr 16 w Brzeziny, wykazał także strukturę ferrytyczną (ryc. 11).

10. Bardziej skomplikowaną technologię wykazało dłućko z tulejką, znalezione w grobie nr 22. Prawdopodobnie ostrze stanowiła wkładka z twardej stali umieszczona pomiędzy dwiema warstwami żelaza o nierównomiernym nawęglaniu (ryc. 12a). W jednej z dwóch zgrzezin widoczne były duże wtrącenia żuźla wskazujące na niezbyt opanowany proces zgrzewania (ryc. 12b); druga zgrzeina prawie nie zawierała wtrąceń żuźla. W warstwie stalowej, stanowiącej ostrze, obserwowano strukturę perlityczną oraz ślady cementytu nadeutektoidalnego (ryc. 12c, d); zawartość węgla w stali można ocenić na ok. 0,9% C. W warstwie metalu o nierównomiernym nawęglaniu wystąpił ferryt oraz skumpienia perlitu (ryc. 12e). Próbką wycięta z tulei wykazała także strukturę metalu o bardzo nierównomiernym nawęglaniu; tuleja była silnie uszkodzona przez korozję tak, że zachowały się w niej nieznaczne ilości metalu (ryc. 12f).

11. Bransoleta z cmentarzyska (groby mie-

⁴ J. Piaskowski, T. Różycka, *Badania wyrobów żelaznych na ziemiach Polski w okresie halsztackim i wczesnolateńskim*, „Kwartalnik Historii Kultury Materialnej” 1959, t. 7, s. 379.

Tabela 1

Wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej wyrobów żelaznych z wcześniejszej fazy okresu halszackiego (C i CD), znalezionych na Śląsku

| Lp. | Nazwa przedmiotu | Stanowisko | Kultura | Ciężar okazu G | Zawartość % | | | | | | Analiza jakościowa %* | | | | | | | | |
|-----|----------------------------|--|---------|----------------------|-------------|-------|-------|-------|------|----|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | | | | Si | Mn | P | S | Ni | Cu | As | Ba | Bi | Co | Mo | Sb | Ti | V | Zn |
| 1 | Sierp | Trzcinica, pow. wołowski | łużycka | 75,2 | 0,130 | 0,00 | 0,124 | | 0,00 | | o | o | + | | | | o | | o |
| 2 | Szpila nr 1 | | 7,4 | 0,010 | | 0,015 | | | | | + | o | + | | | | o | | + |
| 3 | Szpila nr 2 | | 3,9 | | | | | 0,00 | | | + | o | + | | | | o | | o |
| 4 | Bransoleta | | 21,1 | 0,044 | | 0,013 | | | | | + | o | o | | | + | o | | o |
| 5 | Naszyjnik | | 314,6 | 0,084 | 0,00 | 0,078 | 0,034 | 0,00 | | | + | | + | o | + | | o | | o |
| 6 | Nóż | Brzezina, pow. strzeleński | łużycka | 16,5 | | | | | | | o | o | + | o | o | + | ? | | o |
| 7 | Bransoleta | | 22,1 | 0,029 | | 0,129 | | | | | + | o | | | | | + | o | + |
| 8 | Szpila | | 3,2 | | | | | | | | + | o | + | o | o | o | + | o | + |
| 9 | Fragment nieokr. Dłutko | | 5,2 | | | 0,106 | | 0,00 | | | + | o | o | | + | o | o | o? | o |
| 10 | | 44,4 | | | | | | | | + | o | + | | | | + | | + | |
| 11 | Bransoleta | Lasowice, pow. oleski | łużycka | 68,0 | | 0,018 | 0,194 | 0,027 | 0,00 | | + | o | o | | | | o | | o |
| 12 | Naramiennik nr 1 | | 65,0 | | | 0,076 | | 0,00 | | | + | + | o | | o | o | | | o |
| 13 | Naramiennik nr 2 | | 103,5 | | 0,00 | 0,038 | 0,030 | | | | + | o | o | | | | | | + |
| 14 | Naszyjnik | | 95,5 | | 0,00 | 0,086 | | | | | + | + | + | | o? | o | | | o |
| 15 | Siekierka płaska | Strzelce-Adamowice, pow. strzelecki | łużycka | 65,5 | | 0,00 | 0,038 | | 0,00 | | o | o | + | o? | | o? | o | | + |
| 16 | Naszyjnik | | 122,9 | | | 0,040 | 0,064 | 0,00 | 0,00 | | + | o | + | | | + | o | | + |
| 17 | Bransoleta nr 1 | | 27,6 | 0,052 | | 0,008 | | | | | + | o | + | | + | | o | | + |
| 18 | Bransoleta nr 2 | | 91,6 | | | 0,052 | 0,028 | 0,00 | 0,00 | | + | o | + | | | + | + | | + |
| 19 | Nóż nr 1 | | 23,2 | | | 0,029 | | | | | + | o | + | | | + | | + | + |
| 20 | Sierp | | 34,6 | 0,271 | 0,049 | 0,235 | | 0,00 | | | + | o | + | | o? | | + | o? | + |
| 21 | Bransoleta nr 3 | | 70,4 | | | 0,120 | 0,032 | 0,00 | 0,00 | | + | o | o? | o | | + | + | | + |
| 22 | Nóż nr 2 | | 4,1 | 0,157 | | 0,131 | | | | | + | o | o | | o | + | o | | + |
| 23 | Paciorek | | 16,6 | 0,075 | 0,00 | 0,117 | | 0,00 | 0,00 | | o | o | + | | o | | + | | + |
| 24 | Wędzidło | Kalinów, pow. strzelecki | łużycka | 100,2 | 0,121 | ślady | 0,083 | | 0,00 | | + | o? | + | | o | | + | | + |
| 25 | Pierścień nr 1 | | 14,6 | 0,047 | 0,00 | 0,077 | | 0,160 | | | + | o? | + | o | | | + | | + |
| 26 | Pierścień nr 2 | | 17,5 | 0,056 | 0,00 | 0,076 | | 0,160 | | | o | + | + | o | | | ? | | + |
| 27 | Siekierka płaska | Wołów m. p. | łużycka | 25,8 | | | 0,072 | | | | + | o | o | o | o? | | | | + |
| 28 | Siekierka płaska | Słup, pow. średzki | łużycka | 91,9 | 0,145 | 0,00 | 0,061 | | 0,00 | | o | + | + | + | o? | o | + | | + |
| 29 | Grot włóczni | Wrocław-Grabiszyn | łużycka | 51,4 | | | 0,077 | | | | + | o | + | o | | | + | | + |
| 30 | Nóż | Cieszków, pow. milicki | łużycka | 19,2 | 0,233 | | 0,117 | | 0,00 | | o | + | + | | | | + | | + |
| 31 | Miecz | Wrocław-Księżę W. | łuźne | 440 | | 0,00 | 0,053 | | 0,00 | | o | o | + | o? | | o? | o | | o |
| 32 | Siekierka płaska | | 107,2 | | 0,065 | 0,117 | | 0,00 | | | + | + | + | o | | | o | | o |
| 33 | Siekierka płaska | Łabędy-Przysówka, pow. gliwicki | łużycka | 150,0 | | | 0,110 | | 0,00 | | + | + | + | | | o | o | + | + |
| 34 | Nóż | | 7,6 | | | | | 0,00 | | | o | o | | | | | o | | o |
| 35 | Szpila | Bychów, pow. milicki | łużycka | 9,9 | | | 0,120 | | 0,00 | | + | o | o? | o | | | + | + | + |
| 36 | Bransoleta nr 1 | Kamienna, pow. namysłowski | łużycka | 58,2 | 0,029 | 0,00 | 0,009 | 0,033 | 0,00 | | o | o | o | o | + | | + | | + |
| 37 | Bransoleta nr 2 | | 23,5 | | | 0,050 | | 0,00 | | | + | + | o | + | | | | | + |
| 38 | Szpila | | 9,0 | | | 0,072 | | 0,00 | | | + | o | o | | | | | | + |

* Ponadto w okazach 1—3, 6—10, 16—20, 22—26 i 28—33 wystąpiły ślady Ag(?) oraz w okazach 4, 6, 8, 9, 16, 19, 20, 22, 32 i 33 — ślady Cr.

Tabela 2

Wyniki obserwacji metalograficznych pomiarów twardości i mikrotwardości wyrobów żelaznych z wcześniejszej fazy okresu halszackiego (C i CD), znalezionych na Śląsku

| Lp. | Nazwa przedmiotu | Stanowisko | Składniki struktury | Klasa wielkości ziarna | Mikrotwardość kG/mm ³ | Twardość Vickersa kG/mm ³ |
|-----|---|--|---------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Sierp | Trzcinica, pow. wołowski | feryt | 8 | 196 | 135,5 |
| 2 | Szpila nr 1 | | perlit | 8 | | |
| 3 | Szpila nr 2 | | feryt | 5 | | |
| 4 | Bransoleta | | perlit | 6 | | |
| 5 | Naszyjnik | | feryt | 4 | | |
| | | | perlit | * | 199 | 121,9 |
| | | | feryt | 6 | 179 | 133,7 |
| | | | perlit | 6 | 359 | |
| | | | feryt | 5 | 194 | |
| | | | feryt | 8 | 270 | 110, - 140,7 |
| | | | feryt | 8 | | |
| | | | perlit | 5 | | |
| 6 | Nóż | Brzezina, pow. strzeliński | feryt | 8 | 315 | 245 |
| 7 | Bransoleta | | feryt | 7 | 162 | 198,5 |
| 8 | Szpila | | feryt | 7 | 222 | 131,9 |
| | | | feryt | 4 | 170 | |
| 9 | Fragment nieokr. | | feryt | 5 | 205 | 120,7 |
| 10 | Dłutko | | feryt | 8 | 152 | 130,5 |
| | a. Warstwa stali miękkiej | | perlit | 8 | 243 | |
| | b. Warstwa stali twardej (średkowa) | | perlit ** | | 323 | 205 |
| | c. Warstwa stali nierównomiernie nawęglonej (?) | | feryt | 7 | 194 | 185 |
| | | | perlit | 5 | 288 | |
| 11 | Bransoleta | Lasowice, pow. oleski | feryt | 6 | 179 | 190 |
| 12 | Naramiennik nr 1 | | perlit | | 323 | 128,4 - 221 |
| | | | feryt | 8 | 212 | |
| 13 | Naramiennik nr 2 | | feryt | 3 | 179 | 145,1 |
| | | feryt | 7 | 199 | | |
| | | perlit | * | 199 | | |
| 14 | Naszyjnik | | feryt | 6 | 194 | 122,1 |
| | | | feryt | 8 | 177 | |
| | | | perlit | 8 | 284 | |
| 15 | Siekierka płaska | Strzelce-Adamowice, pow. strzelecki | martenzyt | | 648 | 173 |
| | | | troostyt | | 359 | |
| | | | perlit ** | | 288 | |
| | | | perlit | 3 | 124 | 110,3 |
| | | | feryt | 6 | 144 | 95,8 - 105,1 |
| 16 | Naszyjnik | | feryt | 5 | 168 | |
| | | | feryt | 7 | 160 | |
| 17 | Bransoleta nr 1 | | perlit | 7 | 152 | 88,6 |
| | | | feryt | 7 | 267 | |
| 18 | Bransoleta nr 2 | | feryt | | 152 | 106 - 213 |
| | | perlit | | 267 | | |
| 19 | Nóż nr 1 | | feryt | 7 | 182 | 128,5 |
| | | | perlit | 5 | 263 | |
| 20 | Sierp | | feryt | 6 | 216 | 110,3 |

ślady.

** sorbityczny.

Tabela 2 cd.

| Lp. | Nazwa przedmiotu | Stanowisko | Składniki struktury | Klasa wielkości ziarna | Mikrotwardość kG/mm ² | Twardość Vickersa kG/mm ² |
|-----|-------------------------------|--|---------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| 21 | Bransoleta nr 2 | Strzelce - Adamowice, pow. strzelecki | perlit** | | 303 | 113,1 - 206 |
| | | | ferryt | 8 | 184 | |
| | | | ferryt | 6 | 166 | |
| 22 | Nóż nr 2 | | troostyt | | 518 | 109,1 |
| | | | ferryt | * | 170 | |
| | | | ferryt | 6 | | |
| 23 | Paciorek | | perlit | 5 | 151 | |
| 24 | Wędzidło | Kalinów, pow. strzelecki | ferryt | 6 | 179 | 115,9 - 151,4 |
| | | | ferryt | 8 | 194 | |
| | | | perlit | 8 | 270 | |
| 25 | Pierścień nr 1 | | ferryt | 6 | 210 | 136,2 |
| | | | ferryt | 8 | 212 | |
| | | | ferryt | 7 | 188 | |
| 26 | Pierścień nr 2 | | | | | 127,2 |
| 27 | Siekierka płaska | Wołów m. p. | ferryt | 6 | 175 | 128,5 |
| | | | perlit | . | | |
| 28 | Siekierka płaska | Słup, pow. średzki | sorbit(?) | | 389 | 254 181 |
| | | | perlit** | 4 | 288 | |
| | | | perlit | 4 | 279 | |
| | | | ferryt | | 188 | |
| 29 | Grot włóczni a. liść | Wrocław-Grabiszyn | perlit | 5 | 274 | 117,7 - 163 |
| | | | ferryt | | 194 | |
| | b. tuleja | | ferryt | 5 | 131 | |
| | | perlit | | | | |
| 30 | Nóż | Cieszków, pow. milicki | perlit** | 7 | 303 | 187 |
| | | | cementyt | . | | |
| 31 | Miecz | Wrocław-Księżę W. | ferryt | 4 | 235 | 138,4 - 155 |
| | | | ferryt | 7 | 232 | |
| | | | perlit** | | 303 | |
| 32 | Siekierka płaska a. ostrze | | ferryt | 7 | 207 | 156 206 |
| | | | perlit | 8 | 323 | |
| | b. obuch | | perlit | 6 | 196 | |
| | | | ferryt | . | 323 | |
| 33 | Siekierka płaska a. ostrze | Łabędy-Przyszków, pow. gliwicki | ferryt | 5 | 194 | 114,9 |
| | b. obuch | | ferryt | 5 | 166 | 141,1 |
| 34 | Nóż | | perlit** | | 382 | 297 |
| | | | ferryt | . | 222 | |
| 35 | Szpila | Bychów, pow. milicki | ferryt | 7 | 127 | 105,1 |
| 36 | Bransoleta nr 1 | Kamienna, pow. namysłowski | ferryt | 4 | 160 | 102,7 |
| | | | perlit | 7 | 284 | |
| | | | perlit | 4 | 274 | |
| 37 | Bransoleta nr 2 | | ferryt | 6 | 170 | 192 |
| 38 | Szpila | | ferryt | 6 | 199 | 147,1 - 193 |
| | | | perlit | 5 | 323 | |

* ślady

** sorbityczny

szane) w Lasowicach, pow. oleski (grób nr 4), wykonana było z żelaza. W ferrytycznej osnowie obserwowano liczne drobne wtrącenia żuźla (ryc. 13).

12. Naramiennik nr 1, znaleziony w grobie 9 tego cmentarzyska, wykazał strukturę stali o bardzo nierównomiernym nawęgleniu. W częściach słabiej nawęglonych zawartość węgla wynosiła ok. 0,3%, a w częściach silniej nawęglonych ok. 0,8% C. Struktura perlityczno-ferrytyczna o drobnym ziarnie (ryc. 14).

13. Naramiennik nr 2 z grobu 32 wykonany został z żelaza wykazującego ślady nawęglenia. Struktura metalu ferrytyczna o dość dużym ziarnie (ryc. 15a); w miejscach nawęglonych drobnoziarnista, ferrytyczna ze śladami perlitu (ryc. 15b).

14. Z żelaza o nierównomiernym nawęgleniu wykonano także naszyjnik z Lasowic. W miejscach słabiej nawęglonych struktura była ferrytyczna (ryc. 16a), a w częściach silniej nawęglonych — ferrytyczno-perlityczna (ryc. 16b, c); zawartość węgla w metalu była na ogół niska i nie przekraczała 0,3% C.

Z cmentarzyska mieszanego (szkieletowo-ciałopalnego) w miejscowości Strzelce-Adamowice, pow. strzelecki, zbadano dziewięć okazów: siekierkę płaską, trzy noże, trzy bransolety, naszyjnik i paciorek.

15. Próbką wyciętą z ostrza płaskiej siekierki (nr inw. 899: 92) wykazała, że siekierka, wykuta z żelaza dymarkowego, posiadała ostrze nawęglone; możliwe także, że siekierkę wykonano z metalu o nierównomiernym nawęgleniu wykorzystując części silniej nawęglone do ukształtowania ostrza. W pobliżu ostrza obserwowano strukturę składającą się z troostytu(?) i ferrytu (ryc. 17a—e), dalej od ostrza wystąpił perlit sorbityczny i ferryt oraz perlit i ferryt (ryc. 17d, e); w części nienawęglonej obserwowano strukturę ferrytyczną zawierającą ślady perlitu (ryc. 17f). Siekierka poddana była więc obróbce cieplnej, najprawdopodobniej hartowaniu miejscowemu. Polegało ono na zanurzeniu w cieczy chłodzącej jedynie ostrza siekierki, uprzednio podgrzanej w ognisku.

16. Naszyjnik (nr inw. 844: 92) wykonany został z żelaza o zawartości fosforu. W strukturze ferrytycznej wystąpiły bardzo drobne i liczne wtrącenia żuźla. Obok ziarn dość dużych (ryc. 18a) występowały miejsca o ziarnach bardzo drobnych (ryc. 18b).

17. Bransoleta nr 1 z tegoż stanowiska (nr inw. 845: 92) wykonana została z miękkiej stali, zawierającej ok. 0,2% C. Struktura ferrytyczno-perlityczna o bardzo drobnym ziarnie (ryc. 19).

18. Do wyrobu bransolety nr 2 (nr inw. 903: 92) użyto żelaza o bardzo nierównomiernym nawęgleniu (ryc. 20a). W częściach słabiej nawęglonych obserwowano strukturę ferrytycz-

ną (ryc. 20b), w częściach silniej nawęglonych zawartość węgla dochodziła nawet do 0,8% C (ryc. 20c, d). W jednym miejscu wystąpiły jak gdyby ślady zgrzewania (ryc. 20e).

19. Ułamek noża nr 1 (sierpa?; nr inw. 842: 92) wykonany został z metalu o nierównomiernym nawęgleniu. W warstwach słabiej nawęglonych zawartość węgla dochodziła do ok. 0,02% C (ryc. 21a), a w częściach silniej nawęglonych do ok. 0,6% C (ryc. 21b).

20. Sierp (nr inw. 841: 92) wykonany był z żelaza o dość wysokiej zawartości fosforu. Struktura ferrytyczna, zawierająca dużo wtrąceń żuźla (ryc. 22).

21. Bransoleta nr 3 (nr inw. B 301: 38) wykazała strukturę żelaza o nierównomiernym nawęgleniu (ryc. 23a); w częściach słabo nawęglonych obserwowano drobnoziarnistą strukturę ferrytyczną (ryc. 23b), natomiast w częściach silniej nawęglonych wystąpił perlit sorbityczny (?) (ryc. 23c, d).

22. Jeszcze inną technologię wykazał nóż nr 2 (nr inw. B 309: 38). Był on wykonany z twardej stali i poddany obróbce cieplnej, polegającej na hartowaniu zwykłym w cieczy dość szybko studzącej, prawdopodobnie w wodzie. Struktura noża składała się z troostytu iglastego i nieznacznych ilości ferrytu (ryc. 24).

23. Do wyrobu paciorka (nr inw. B 304: 38) użyto żelaza wykazującego nieregularne, niezbyt silne nawęglenie (ryc. 25a). W miejscach nawęglonych zawartość węgla dochodziła do 0,25% C (ryc. 25b); w częściach słabiej nawęglonych obserwowano strukturę ferrytyczną oraz lokalne zgrupowania drobnych i licznych wtrąceń żuźla (ryc. 25c).

Trzy zbadane okazy z cmentarzyska ciałaopalnego w Kalinowie, pow. strzelecki: wędzidło i dwa pierścienie wykazały dość podobną strukturę.

24. W próbce wyciętej z wędzidła (nr inw. B 143: 56) obserwowano metal o nieregularnym nawęgleniu (ryc. 26a). Struktura drobnoziarnista: obok ziarn drobnych (klasa 6) (ryc. 26b) obserwowano ziarna bardzo drobne (klasa 8); w tych miejscach występowały ślady nawęglenia (do ok. 0,2% C) w postaci ziarn perlitu (ryc. 26c, d).

25, 26. Pierścień nr 1 z Kalinowa (nr inw. B 170: 56) wykazał strukturę czysto ferrytyczną, przy czym obok ziarn bardzo drobnych widoczne były także ziarna nieco większe (ryc. 27). Drobnoziarnistą strukturę ferrytyczną obserwowano także w pierścieniu nr 2 (nr inw. B 171: 56) z tegoż stanowiska (ryc. 30).

27. Do badań siekierki płaskiej z cmentarzyska ciałaopalnego w Wołowie wycięto próbkę z boku, ostrze bowiem było całkowicie przerdzewiałe. Metal wykazał nieregularne, bardzo słabe nawęglenie, dochodzące do ok. 0,1% C (ryc. 29a); w częściach słabiej nawęglonych obserwowano strukturę czysto ferryty-

czną (ryc. 29b). Nie można było stwierdzić, czy ostrze siekierki poddane było utwardzaniu przez nawęglanie i ewentualnie obróbkę cieplną.

28. Inną strukturę wykazała siekierka płaska z cmentarzyska ciałopalnego w S ł u p i e, pow. średzki (nr inw. 1: 56). Była ona wykonana w całości ze stali, a następnie poddana obróbce cieplnej (miejscowe hartowanie przy niezbyt dużej szybkości chłodzenia lub być może połączone z odpuszczaniem). W pobliżu krawędzi tnącej ostrza zaobserwowano strukturę składającą się z sorbitu i ferrytu (ryc. 28a, b), dalej od tej krawędzi w strukturze wystąpił perlit sorbityczny i ferryt (ryc. 28c, d), a jeszcze dalej — perlit i ferryt (ryc. 28e).

29. Grot włóczni z grobu nr 2 (nr inw. 243: 51) z cmentarzyska ciałopalnego we W r o c ł a w i u - G r a b i s z y n i e wykonany został z żelaza o nierównomiernym nawęglaniu (ryc. 31a); możliwe także (choć mniej prawdopodobne), że wykuto go z twardej stali, która uległa przy powierzchni dość znacznemu odwęglaniu podczas przeróbki. W próbce wyciętej z liścia struktura składała się z perlitu i ferrytu (ryc. 31b); zawartość węgla w miejscach bardziej nawęglonych dochodziła do ok. 0,6% C. Próbka wycięta z tulei wykazała ferrytyczno-perlityczną strukturę miękkiej stali zawierającej ok. 0,2% C (ryc. 31c).

30. Nóż znaleziony w grobie nr 2 (nr inw. 3122: 26) z cmentarzyska ciałopalnego w C i e s z k o w i e, pow. milicki, wykazał strukturę bardzo twardej stali, zawierającej ok. 0,9% C. Składała się ona z perlitu sorbitycznego i śladów cementytu nadeutektoidalnego na granicach ziarn (ryc. 34).

31. Miecz pochodzący z W r o c ł a w i a - K s i ę z a W. (znalezisko luźne) wykuty był bądź z żelaza o bardzo nierównomiernym nawęglaniu (przy czym wykonawca jego orientował się w rozkładzie nawęglania, tj. twardości metalu, i potrafił to wykorzystać), bądź też z żelaza, które następnie w pobliżu ostrza poddane było nawęglaniu. Struktura przemawia raczej za pierwszą ewentualnością; poza tym nawęglanie tak dużego przedmiotu, jak miecz, było niewątpliwie trudne. Wyjaśnienie technologii wykonania miecza nie jest pewne, trzeba jedynie podkreślić, że wprawdzie silnie nawęglony metal występuje w pobliżu krawędzi tnącej, jednak rozkład struktury nie przemawia za celowo stosowanym procesem nawęglania (ryc. 32a). W silnie nawęglonej części głowni miecza wystąpiła struktura składająca się z sorbitu (?) i ferrytu (ryc. 32b, c). W części słabiej nawęglonej obserwowano strukturę ferrytyczną (ryc. 32d); obok ziarn nieco większych wystąpiły ziarna bardzo drobne. Miecz przypuszczalnie poddany został obróbce cieplnej polegającej, jak się wydaje, na hartowaniu w ośrodku niezbyt silnie chłodzącym (wilgotna glina?).

Możliwe, choć mniej prawdopodobne, jest stosowanie ulepszania cieplnego (hartowanie i odpuszczanie przy dość wysokiej temperaturze).

32. Siekierka płaska (nr inw. 1667: 92) z tegoż stanowiska wykonana została prawdopodobnie ze stali o niezbyt równomiernym nawęglaniu. Próbka wycięta z ostrza wykazała strukturę ferrytyczno-perlityczną miękkiej stali, zawierającej ok. 0,2% C (ryc. 33a, b), podczas gdy w piętkę zawartość węgla dochodziła do 0,75% C (ryc. 33c, d). Możliwe, że piętkę nawęglano, jednak wydaje się to mało prawdopodobne, gdyż proces ów należałoby przeprowadzić przede wszystkim w celu utwardzenia ostrza.

33. Jeszcze inną technologię wykazała siekierka płaska (nr inw. B 150: 38) z cmentarzyska ciałopalnego w Ł a b ę d a c h - P r z y s z ó w c e, pow. gliwicki. Próbki wycięte z ostrza i z piętki wykazały strukturę ferrytyczną oraz dość duże wtrącenia żuźla (ryc. 35). Siekierka wykuta została z żelaza o podwyższonej zawartości fosforu.

34. Ułamek noża (nr inw. 152: 38) z tegoż stanowiska wykonany został z twardej stali o niezbyt równomiernym nawęglaniu, zawierającej 0,5—0,8% C. W strukturze zaobserwowano perlit sorbityczny i nieco ferrytu (ryc. 36a, b). Możliwe, że w celu dodatkowego utwardzenia nóż poddany był obróbce cieplnej.

35. Zbadana szpila (nr inw. 362: 97) z cmentarzyska ciałopalnego w B y c h o w i e, pow. milicki, wykonana była z żelaza; struktura metalu była ferryczna o dość drobnym ziarnie (ryc. 37).

36. Bransoleta nr 1 (nr inw. 403: 30) z cmentarzyska ciałopalnego w K a m i e n n e j, pow. namysłowski, wykazała strukturę bardzo miękkiej stali, praktycznie nie różniącej się właściwościami od żelaza; struktura metalu składała się z ferrytu i nieznacznych ilości perlitu (ryc. 38).

37. Bransoleta nr 2 (nr inw. 401: 30) z tegoż stanowiska wykonana była ze stali o nierównomiernym nawęglaniu. W częściach silnie nawęglonych zawartość węgla dochodziła do 0,7% (ryc. 39a), a w częściach słabiej nawęglonych do ok. 0,3% C (ryc. 39b).

38. Szpila (nr inw. 407: 30) z Kamiennej wykazała także strukturę metalu o nierównomiernym nawęglaniu; było ono jednak słabsze aniżeli w przypadku opisanej wyżej bransolety nr 2. W częściach silnie nawęglonych zawartość węgla dochodziła do ok. 0,4% C (ryc. 40a); w częściach słabiej nawęglonych struktura metalu była czysto ferrytyczna (ryc. 40b).

b) Wyroby z późniejszej fazy okresu halsztackiego (okres halsztacki D) i wczesnolateńskiego (ryc. 41 i 42 oraz tabele 3 i 4).

Wśród zbadanych stanowisk z późniejszej

Tabela 3

Wyniki ilościowej i jakościowej analizy chemicznej wyrobów żelaznych z późniejszej fazy okresu halsztackiego (D) i wczesnolateńskiego, znalezionych na Śląsku

| Lp. | Nazwa przedmiotu | Stanowisko | Kultura | Ciężar okazu G | Zawartość % | | | | | | Analiza jakościowa** | | | | | | | | | |
|-----|--------------------|------------------------------------|----------|----------------------|-------------|-------|--------------------------|---|-------|------|----------------------|----|----|----|----|----|----|---|----|---|
| | | | | | Si | Mn | P | S | Ni | Cu | As | Ba | Bi | Co | Mo | Sb | Ti | V | Zn | |
| 1 | Siekierka z tuleją | Bystrzyca, pow. oławski | łużycka | 123,0 | 0,047 | 0,064 | 0,017 | | 0,00 | | | o | o | + | o | | | o | | o |
| 2 | Grot włóczni | | | 115,2 | | 0,00 | 0,102 | | 0,00 | | | | o | o | o | | + | | | |
| 3 | Siekierka z tuleją | Jezierzyce, pow. dzierzoniowski | łuźne | 225,0 | 0,177 | 0,00 | 0,056 | | | | | o | o | o | o | | | o | | o |
| 4 | Bransoleta | Bobrowice, pow. szprotawski | pomorska | 15,5 | | | 0,103 | | ślady | | | o | + | | o | o? | | + | | o |
| 5 | Bransoleta | Pierzwin, pow. kożuchowski | pomorska | 12,3 | 0,322 | 0,065 | 0,024 | | 0,00 | | | o | o | | o | o? | | + | | o |
| 6 | Szpila | Dobra, pow. oleśnicki | pomorska | 4,1 | 0,103 | | 0,012 | | 0,00 | | | + | o | | o | | | + | o | o |
| 7 | Szydło | Szprotawa m. p. | pomorska | 9,2 | 0,249 | 0,02 | 0,018 | | ślady | | | o | o | + | o | | | + | | o |
| 8 | Szpila nr 1 | Świerczów, pow. namysłowski | pomorska | 9,5 | 0,058 | 0,00 | 0,018 | | 0,00 | 0,00 | | + | | + | | | | o | | + |
| 9 | Szpila nr 2 | | | 5,9 | 0,161 | | 0,007 | | 0,00 | | | | o | | + | | | | + | |
| 10 | Siekierka z tuleją | Popielów, pow. opolski | pomorska | 245,7 | | | 0,046* 0,022 0,053 | | 0,00 | | | + | o | + | | | | + | o | + |

* Wyniki analiz dotyczą (kolejno od góry): warstwy stali w ostrzu, warstwy żelaza w ostrzu oraz tulei.

** Ponadto w okazach 3, 7, 8, 9, 10 wystąpiły ślady Ag(?), a w okazie 6 — ślady Cr.

fazy okresu halszackiego oraz wczesnolateńskiego znajdowało się jedno cmentarzysko ciałopalne kultury łużyckiej w B y s t r z y c y, pow. oławski. Ze stanowiska tego zbadano dwa okazy: siekierkę z tuleją oraz grot włóczni.

1. Siekierka z tulejką (nr inw. 1189: 01; okres halszacki D), jak wykazały badania przy uży-

ciu promieniowania gamma izotopu promieniotwórczego Co^{60} (ryc. 44a), wykuta została z jednego kawałka metalu. Makrostrukturę na poprzecznym przekroju ostrza siekierki przedstawiono na ryc. 44b. W ostrzu zaobserwowano strukturę ferrytyczną; w pobliżu krawędzi tnącej obserwowano wydzielenia drobnej fazy,

Tabela 4

Wyniki obserwacji metalograficznych i pomiarów twardości i mikrotwardości wyrobów żelaznych z późniejszej fazy okresu halszackiego (D) i wczesnolateńskiego, znalezionych na Śląsku

| Lp. | Nazwa przedmiotu | Stanowisko | Składniki struktury | Klasa wielkości ziarna | Mikrotwardość kG/mm ² | Twardość Vickersa kG/mm ² | |
|-----------|--------------------|------------------------------------|---------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------|
| 1 | Siekierka z tuleją | Bystrzyca, pow. oławski | feryt* | 6 | 135 | 84,0 | |
| | | | | 7 | ** | | |
| | a. ostrze | | feryt | 7 | 154 | 107,7 | |
| | | | | 8 | ** | | |
| b. tuleja | perlit | 7 | 182 | 100,3 — 115,9 | | | |
| | | 6 | 255 | | | | |
| 2 | Grot włóczni | | | | | | |
| 3 | Siekierka z tuleją | Jezierzyce, pow. dzierzoniowski | feryt | 6 | 154 | 165 — 134,7 | |
| | | | | faza iglasta | | | 435 |
| | faza iglasta | | | 536 | | | |
| | feryt | | 6 | 156 | | | |
| | a. ostrze | | faza iglasta | 6 | 447 | | |
| | | | | perlit | 4 | 196 | |
| b. tuleja | feryt | 7 | 162 | 121,9 | | | |
| | | | | | | | |
| 4 | Bransoleta | Bobrowice, pow. szprotawski | feryt | 7 | 225 | 147,1 — 170 | |
| | | | perlit | 6 | 359 | | |
| 5 | Bransoleta | Pierzwin, pow. kożuchowski | feryt* | 5 | 182 | 107,7 | |
| 6 | Szpila | Dobra, pow. oleśnicki | feryt | 5 | 194 | 105,1 | |
| | | | perlit | 4 | 288 | | |
| 7 | Szydło | Szprotawa, m. p. | feryt | 5 | 182 | 129 | |
| | | | perlit | 7 | | | |
| 8 | Szpila nr 1 | Swierczów, pow. namysłowski | feryt* | 6 | 308 | 102,7 | |
| | | | perlit | 5 | 222 | | |
| 9 | Szpila nr 2 | | feryt | 6 | 303 | 130,2 | |
| | | | perlit | 7 | 194 | | |
| 10 | Siekierka z tuleją | Popielów, pow. opolski | perlit | 5 | 258 | 160 | |
| | | | | feryt | 6 | | 144 |
| | a. ostrze | | część stalowa | feryt | 5 | 128 | 110,3 |
| | | | | feryt | 5 | 128 | |
| b. tuleja | | feryt | 5 | 170 | 125,1 | | |
| | | | | | | | |

* Ponadto drobne wtrącenia iglaste, prawdopodobnie azotki.

** Ślady.

nazywanej w podobnych pracach autora fazą B (ryc. 44c, d), o długości 0,001—0,005 mm. Są to prawdopodobnie azotki α'' — Fe_{16}N_2 ; podobnie wtrącenia w żelazie zidentyfikowali G. R. Booker, J. Norbury i A. L. Sutton⁵ jako związek tego typu. Ponieważ autor nie miał możliwości podobnych badań, identyfikacja wtrąceń zaobserwowanych w strukturze siekierki z Bystrzycy nie była możliwa i dlatego dla wtrąceń tych zachowano nazwę „faza B”. Dalej od krawędzi tnącej siekierki wystąpiły także ślady perlitu (ryc. 44e). Podobna struktura jak w ostrzu wystąpiła także w próbce wyciętej z tulei.

2. Pochodzący z tegoż stanowiska grot włócznie (nr inw. 118:01) wykonany był z żelaza o nierównomiernym nawęgleniu. W częściach silniej nawęglonych zawartość węgla dochodziła do 0,5% C; struktura perlityczno-ferrytyczna (ryc. 45a). W częściach słabiej nawęglonych obserwowano strukturę czysto ferrytyczną (ryc. 45b).

3. Trudną do odtworzenia technologią reprezentuje siekierka z tuleją (nr inw. 326:81) z Jezierzyc, pow. Dzierżoniów (znalezisko luźne, datowane na okres halsztacki D). Jak wykazały badania gammagraficzne, siekierka została wykonana w całości z jednego kawałka metalu (ryc. 46a). Próbką wyciętą z ostrza wykazała jednak wyraźnie strukturę warstwową (ryc. 46b). W metalu obok ziarn ferrytu obserwowano jak gdyby warstwy dwojakiego rodzaju (ryc. 47a): bądź pasma ziarn perlitu sorbitycznego (ryc. 47b), bądź warstwy fazy trudno ulegającej wytrawieniu azotalem (ryc. 47c, d, e). Warstwy tej fazy były w niektórych miejscach dość grube (ryc. 47c), a w innych cieńsze (ryc. 47f).

Technologia wykonania siekierki, a ściślej sposób uzyskania metalu o tego rodzaju warstwowej strukturze jest obecnie trudny do wyjaśnienia. Przypuszczalnie przy wyrobieniu siekierki stosowano proces „pakietowania”. Polega on na przekuwaniu metalu, składaniu, ponownym przekuwaniu itd. W ten sposób uzyskuje się strukturę warstwową. Możliwie, że stosowano przy tym nawęglanie powierzchni, sięgające na nieznaczną głębokość.

Próbka wycięta z tulei wykazała strukturę dość podobną; obok ferrytu i śladów perlitu obserwowano warstwy fazy nieokreślonej (ryc. 47g). W niektórych miejscach wystąpiło silniejsze nawęglenie metalu (do ok. 0,7% C; ryc. 47h).

Dalsze 6 zbadanych okazów pochodziło ze stanowisk datowanych na przełom okresu halsztackiego D i wczesnolateńskiego.

4. Bransoleta (nr inw. 7576:30) z cmentarzyska

ciałopalnego w Bobrowicach, pow. szprotawski, wykonana była z żelaza wykazującego nieznaczne nawęglenie. Struktura metalu była ferrytyczna z nieznacznymi ilościami perlitu w miejscach nawęglonych (ryc. 48). Zawartość węgla dochodziła do ok. 0,3% C.

5. Natomiast struktura żelaznej bransolety (nr inw. 1881:27) z cmentarzyska ciałopalnego w Pierzwinie, pow. kożuchowski, była ferrytyczna; występowały w niej liczne wtrącenia drobnej fazy B (α'' — Fe_{16}N_2 ?), długości ok. 0,005 mm, oraz nieco większe wtrącenia fazy iglastej nazwanej fazą A o długości 0,01—0,02 mm (ryc. 49); podobne wtrącenia iglaste zidentyfikowali G. R. Booker, J. Norbury i A. L. Sutton⁶ jako związek γ' — Fe_4N .

6. Szpila (nr inw. 974:31) z cmentarzyska ciałopalnego w Dobrej, pow. oleśnicki, wykonana była z miękkiej stali zawierającej ok. 0,3% C, struktura ferrytyczno-perlityczna (ryc. 50).

7. Z miękkiej stali zawierającej ok. 0,15% C wykonane było szydło (nr inw. 1049:26) z cmentarzyska ciałopalnego w Szprotawie. Struktura metalu była ferrytyczna z niewielkimi ilościami perlitu (ryc. 51).

8. Dwie identyczne szpile zbadano z cmentarzyska ciałopalnego w Świerczowie, pow. namysłowski. Szpila nr 1 (nr inw. 699:24) wykazała nierównomierne nawęglenie (ryc. 52a). W części silniej nawęglonej zawartość węgla dochodziła do 0,7% C. Struktura była perlityczno-ferrytyczna (ryc. 52b). W części słabiej nawęglonej obserwowano strukturę ferrytyczną oraz ślady perlitu, a także wydzielenia drobnej fazy B (α'' — Fe_{16}N_2 ?) o długości ok. 0,005 mm, a także — jak się wydaje — iglastej fazy A (γ' — Fe_4N ?) o długości 0,01—0,02 mm (ryc. 52c).

9. Bardziej równomierne nawęglenie wykazała szpila nr 2 (nr inw. 692:24) ze Świerczowa (ryc. 43a). Struktura szpili była ferrytyczno-perlityczna (ryc. 43b), odpowiadająca miękkiej stali o zawartości węgla dochodzącej do 0,3% C.

10. Siekierka z tuleją (nr inw. 189:09) z cmentarzyska w Popielowie, pow. opolski, datowana na okres lateński A — jak wykazały badania gammagraficzne — wykonana została z dwóch części (ryc. 53a). Na ostrze nasadzono wykutą oddzielnie tuleję. Ostrze zgrzewane było z dwóch warstw: twardej stali, zawierającej ok. 0,6% C, i żelaza, które zgrzewano z sobą (ryc. 53b). Strukturę na złączeniu warstwy żelaza i stali podano na ryc. 54a, b. Jak widać na zamieszczonych mikrostrukturach, w pobliżu krawędzi tnącej uzyskano lepsze zgrzanie obu warstw niż dalej od tej krawędzi. Próbką wyciętą z tulei siekierki wykazała strukturę czysto ferrytyczną (ryc. 54c).

⁵ G. R. Booker, J. Norbury, A. L. Sutton, *Investigation of Nitride Precipitation in Pure Iron and Mild Steel*, „Journal of the Iron and Steel Institute”, t. 187: 1957, nr 3, s. 211.

⁶ Booker, Norbury, Sutton, *op. cit.*, 208.

4. OPRACOWANIE WYNIKÓW

Wśród zbadanych przedmiotów żelaznych z okresu halszackiego i wczesnolateńskiego, znalezionych na Śląsku, możemy wyróżnić następujące technologie i rodzaje metalu:

Pierwsza grupa przedmiotów to wyroby z żelaza dymarkowego o czysto ferrytycznej strukturze. Do grupy tej należy 13 okazów; w dwóch z nich wystąpiły wydzielenia faz A i B, prawdopodobnie azotków (?). Przedmioty te wykuto z żelaza, nie stosując zabiegów pozwalających na utwardzenie metalu, jak nawęglenie i obróbka cieplna. Należy się liczyć z faktem, że niektóre z przedmiotów zaliczonych do tej grupy należą do następnej, obejmującej wyroby z metalu (żelaza) o nierównomiernym nawęgleniu. Mogło się bowiem zdarzyć, że próbkę do badań wycięto z mniej nawęglonej części metalu.

Do drugiej grupy należą przedmioty wykonane z metalu (żelaza) o nierównomiernym nawęgleniu, w ilości 22 okazów. Przedmioty wykute z tego metalu poza jednym okazem (miecz z Wrocławia-Księża W.) nie były dodatkowo utwardzane, np. przez obróbkę cieplną. W jednym z okazów (szpila nr 1 ze Świerczowa) wystąpiły wtrącenia azotków (?).

Trzecią grupę stanowią wyroby stalowe (10 szt.) o dość równomiernym nawęgleniu. Możliwe jest zresztą, że wykonano je także z żelaza o nierównomiernym nawęgleniu, a mianowicie z silniej i stosunkowo równomiernie nawęglonej części bryły surowca. Dwa okazy (nóż nr 2 ze Strzelec-Adamowic, siekierka płaska z cmentarzyska ze Słupa) podane były obróbce cieplnej.

Do czwartej grupy zaliczono wyroby o specjalnej technologii, a mianowicie „pakietowaną” (?) siekierkę z tuleją z Jezierzyc oraz zgrzewaną z żelaza i stali siekierkę z Popielowa. Trzecim i ostatnim okazem należącym do tej grupy jest żelazna siekierka ze Strzelec-Adamowic z nawęglonym ostrzem. Siekierka poddana była obróbce cieplnej (hartowanie miejscowe).

Z zestawienia tego widzimy, że większość przedmiotów z okresu halszackiego i wczesnolateńskiego, znalezionych na Śląsku, wykonano z metalu o nierównomiernym nawęgleniu. Widoczne jest, że hutnicy w tym okresie na ogół nie panowali nad procesem nawęglania metalu podczas wytopu w piecu dymarkowym. Z nielicznymi wyjątkami technologia wykonania narzędzi i wyrobów żelaznych ograniczała się do przeróbki plastycznej; nawęglanie stosowane było bardzo rzadko⁷.

⁷ Należy tu dodać, że prawie wszystkie materiały pochodziły z cmentarzysk ciepłopalnych; brak śladów stosowania obróbki cieplnej można byłoby tłumaczyć wyżarzaniem wyrobów żelaznych w stosie ciepłopalnym. Być może jednak, że podczas obrządku ciepłopalenia

Przedstawiony podział technologiczny zbadanych przedmiotów niezupełnie pokrywa się z istotniejszym dla archeologa podziałem według ich pochodzenia. Ustalenie takiego podziału jest w tej chwili bardzo utrudnione, w szczególności ze względu na znikomą ilość zbadanych dotychczas wyrobów żelaznych za granicami ziem Polski. Dlatego też nie wiadomo, jakiego typu metal wytapiany był w okresie halszackim i wczesnolateńskim w poszczególnych okresach starożytnego hutnictwa żelaznego. Nie wiadomo także, jakie procesy technologiczne stosowane były w tych ośrodkach przy wyrobieniu narzędzi, części uzbrojenia itd.

W obecnej chwili, dzięki dotychczasowym badaniom⁸, można jedynie zidentyfikować metal wytapiany w słynnym ośrodku starożytnego hutnictwa żelaznego w Górach Świętokrzyskich. Poza tym można uznać za wyroby importowane okazy wykazujące technologie, które prawdopodobnie nie były znane na ziemiach Polski w rozpatrywanym okresie. O pochodzeniu pozostałych można wnioskować jedynie z pewnym, niezbyt zresztą dużym, prawdopodobieństwem.

Z ośrodka hutniczego w Górach Świętokrzyskich pochodzą wyroby ze stali, na ogół miękkiej, o charakterystycznym obrazie strukturalnym. Zawartość fosforu w metalu jest przeważnie bardzo niska. Do wyrobów tych należą: szpila nr 1 i bransoleta z Trzciny, siekierki z tuleją z Bystrzycy i Popielowa, bransoleta nr 2 z Kamiennej, bransoleta z Pierzwina, szpila z Dobrej, obie szpile ze Świerczowa, a prawdopodobnie także i bransoleta nr 1, i szpila z Kamiennej, grot włóczni z Bystrzycy i szydło ze Szprotawy. Jak widać z tego zestawienia, wyroby z Gór Świętokrzyskich występują na Śląsku głównie w stanowiskach kultury pomorskiej: wśród 7 zbadanych wyrobów żelaznych z tych stanowisk 6 okazów pochodzi najprawdopodobniej z ośrodka hutniczego w Górach Świętokrzyskich. To samo zjawisko obserwujemy także na innych ziemiach Polski (Pomorze, Wielkopolska, Mazowsze, Małopolska)⁹.

Dalszą grupę, wyróżniającą się podobieństwem obrazu strukturalnego, stanowi część przedmiotów wykonanych z metalu o nierównomiernym nawęgleniu: naszyjnik z Trzciny, bransoleta nr 1, nóż nr 1 i paciorek ze Strzelec-Adamowic, bransoleta z Bobrowic, a prawdopodobnie także grot włóczni z Wrocławia-Grabiszyna, siekierka płaska z Wrocławia-Księża W. i siekierka płaska z Wołowa. Zawartość fos-

nie umieszczano wyrobów żelaznych na stosie, o czym świadczą przedmioty z cmentarzysk ciepłopalnych wykazujące ślady stosowania obróbki cieplnej. Podobny pogląd spotkać można także w literaturze (A. Riech, *Eisentechnik in der Hallstattzeit*, Leipzig 1942, s. 155).

⁸ Piaskowski, Różycka, *op. cit.*, s. 396.

⁹ Tamże.

foru była nieco wyższa aniżeli w poprzednio opisanej grupie wyrobów pochodzących z Gór Świętokrzyskich. Możliwe, że do grupy tej należy także silnie nawęglony naramiennik nr 1 i naszyjnik z Lasowic oraz słabiej nawęglony naramiennik nr 2 z tegoż stanowiska. Trudno jest ustalić pochodzenie tych przedmiotów. Zasadniczo ich obraz strukturalny niewiele różni się od struktury metalu „świętokrzyskiego”; nie jest więc wykluczone, że i one pochodzą z tego ośrodka. Możliwe również, że jest to produkcja miejscowa.

Trzecią grupę stanowią bransolety nr 2 i 3 ze Strzelec-Adamowic, wykonane z żelaza o silnym i bardzo nierównomiernym nawęglaniu. Pewne podobieństwo struktury wykazały dwie bransolety z Kwaczały, pow. chrzanowski, bransoleta z Czekanowa, pow. ostrowski, i siekierka płaska z Chojna, pow. rawicki (okres halsztacki C) oraz naszyjnik i ułamek klamry (?) z Łuszkowa, pow. kościański (okres halsztacki D). Możliwe, że i te przedmioty, lub niektóre z nich, pochodzą z ośrodka produkcyjnego w Górach Świętokrzyskich.

Przedmiotów miejscowego pochodzenia można by doszukiwać się wśród wyrobów wykutych z żelaza dymarkowego, nie poddanych zabiegom utwardzającym. Produktem miejscowych hutników-kowali mogły być: nóż, bransoleta, szpila i fragment nieokreślony z Brzeziny, bransoleta z Lasowic i sierp ze Strzelec-Adamowic. Poza tym wyrobami miejscowymi mogły być jeszcze: szpila nr 2 z Trzciny i szpila z Bychowa i siekierka płaska z Łąbęd-Przyszówki. Wędzidło z Kalinowa wykazało nieco odmienny obraz strukturalny (bardzo drobne ziarno, ślady nawęglania); należy zaznaczyć, że bardzo podobną strukturę posiadało wędzidło oraz grót włóczni z cmentarzyska w Gorszewicach, pow. szamotulski (okres halsztacki C). Przedmioty te mogły pochodzić z jednego ośrodka produkcyjnego.

Oba pierścienie z Kalinowa wykazywały bardzo podobną do siebie strukturę, można więc przypuszczać, że pochodziły one z jednego ośrodka produkcyjnego, a nawet mogły

być dziełem jednego rzemieślnika. Wszystkie okazy z Kalinowa oraz naszyjnik ze Strzelec-Adamowic, wykonane z metalu niskofosforowego, były importowane (nie można wykluczyć, że pochodziły z ośrodka w Górach Świętokrzyskich).

Za przedmioty importowane należy uznać wyroby wykazujące stosowanie procesów technologicznych (nawęglanie i zgrzewanie), prawdopodobnie nie znanych na ziemiach Polski w okresie halsztackim i wczesnolateńskim. Są to: dłućko z Chojna (zgrzewane z żelaza i stali), siekierka płaska ze Strzelec-Adamowic (nawęglanie i obróbka cieplna) i siekierka z tuleją z Jezierzyc (pakietowanie i nawęglanie?). Trudno określić, skąd pochodziły przedmioty obrabiane cieplnie: nóż nr 2 ze Strzelec-Adamowic, siekierka ze Słupa, miecz z Wrocławia-Księża W. oraz nóż z Cieszkowa (bardzo twarda stal); obróbka cieplna znana była już na ziemiach Polski.

Brak podobnych badań metaloznawczych nie pozwala stwierdzić w chwili obecnej pochodzenia szeregu wyrobów, np. niskofosforowe żelazo o silnym i bardzo nierównomiernym nawęglaniu uzyskiwano w Nadrenii, o czym świadczy kęs z Rheinhausen¹⁰.

Widzimy więc, że pewna niewielka część zbadanych przedmiotów mogła być miejscowego pochodzenia. Były to przypuszczalnie okazy wykute z miękkiego żelaza lub wykazującego nieznaczne nawęglanie, zawierającego raczej powyżej 0,10% P. Wykonawcy ich nie znali sposobów dodatkowego utwardzania metalu (nawęglanie). Inne przedmioty występujące w stanowiskach kultury łużyckiej były importowane z różnych ośrodków produkcyjnych znajdujących się poza ziemiami Polski.

W okresie halsztackim D w szczególności na stanowiskach kultury pomorskiej pojawiają się w dużych ilościach wyroby stalowe, pochodzące z ośrodka starożytnego hutnictwa w Górach Świętokrzyskich.

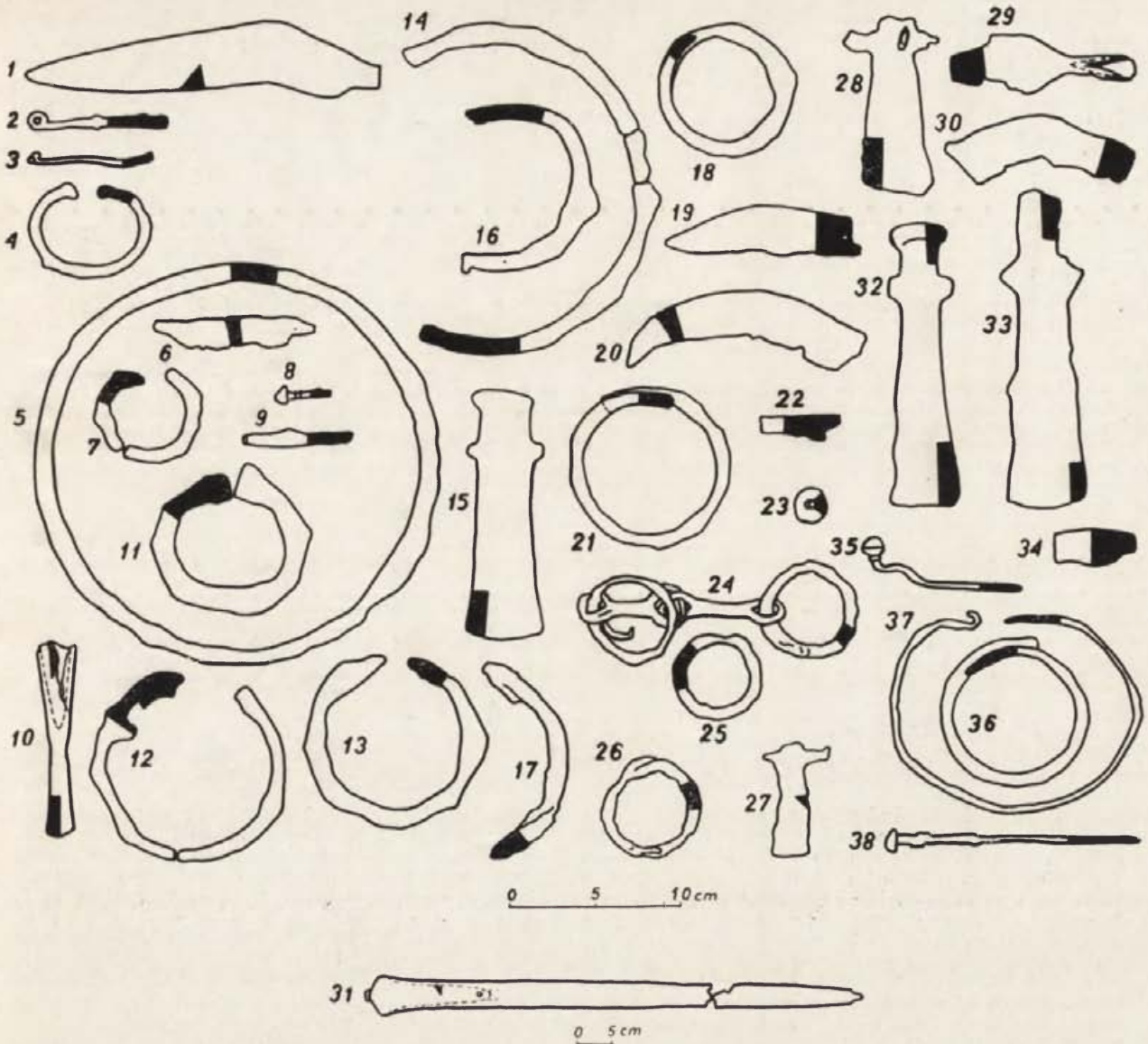
¹⁰ H. Hanemann, *Untersuchung von Rohstahl aus der vorrömischen Zeit*, „Stahl und Eisen”, t. 51: 1931, nr 3, s. 67.

Examination métallographique des produits en fer de la période de Hallstatt et du début de La Tène découverts en Silésie

Résumé

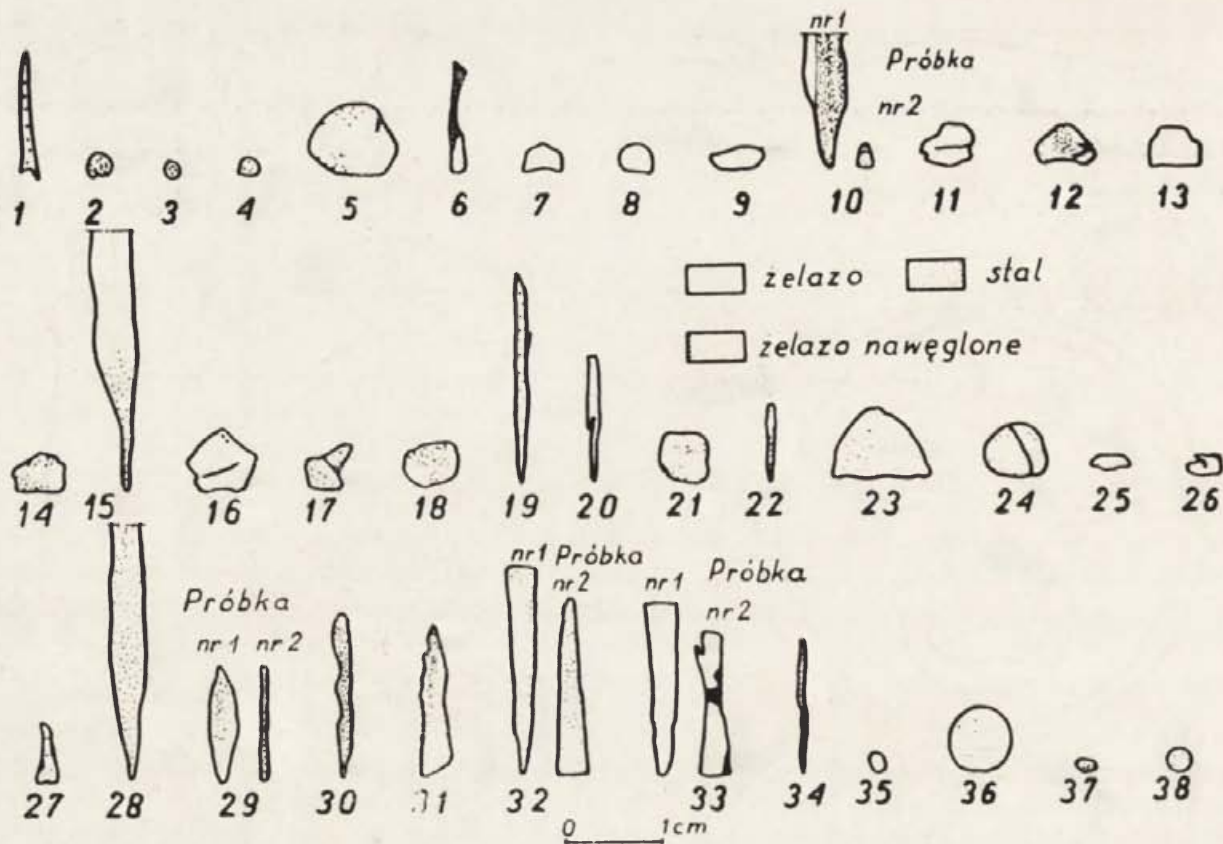
L'article résume les résultats des analyses métallographiques faites sur 48 objets en fer découverts en Silésie et datés au Hallstatt ainsi qu'à la première période du La Tène. On choisit pour cet examen les objets suivants livrés par 13 stations de la civilisation lusacienne: 5 couteaux, 2 faucilles, 4 haches plates,

8 bracelets, 3 colliers, 2 brassards, 5 épingles, 2 bagues, ainsi qu'une hache à douille, 1 ciselet, 1 mors de cheval, 1 perle, 1 pointe de lance et un fragment indéfini — 38 objets au total. On soumit en plus à l'analyse métallographique 7 objets sélectionnés du matériel recueilli dans 6 stations de la civilisation



Ryc. 1. Zestawienie zbadanych wyrobów żelaznych z wcześniejszej fazy okresu halsztackiego (okres halsztacki C i CD), znalezionych na Śląsku: 1 — sierp, 2 — szpila nr 1, 3 — szpila nr 2, 4 — bransoleta, 5 — naszyjnik z Trzciny, pow. wołowski; 6 — nóż, 7 — bransoleta, 8 — szpila, 9 — fragment nieokreślony, 10 — dółtko z Brzeziny, pow. strzeleński; 11 — bransoleta, 12 — naramiennik nr 1, 13 — naramiennik nr 2, 14 — naszyjnik z Lasowic, pow. oleski; 15 — siekierka płaska, 16 — naszyjnik, 17 — bransoleta nr 1, 18 — bransoleta nr 2, 19 — nóż nr 1, 20 — sierp, 21 — bransoleta nr 3, 22 — nóż nr 2, 23 — paciorek, ze Strzelec-Adamowic, pow. strzelecki; 24 — wędzidło, 25 — pierścień nr 1, 26 — pierścień nr 2, z Kalinowa, pow. strzelecki, 27 — siekierka płaska z Wołowa; 28 — siekierka płaska ze Słupa, pow. średzki; 29 — grot włóczni z Wrocławia—Grabiszyna; 30 — nóż z Cieszkowa, pow. milicki; 31 — miecz, 32 — siekierka płaska, z Wrocławia—Księża W.; 33 — siekierka płaska, 34 — nóż, z Łąbęd—Przysówki, pow. gliwicki; 35 — szpila z Bychowa, pow. milicki; 36 — bransoleta nr 1, 37 — bransoleta nr 2, 38 — szpila, z Kamiennej, pow. namysłowski. Wycięte z okazów próbki do badań zaciemniono

Fig. 1. Planche des produits en fer investigués datés à la période de Hallstatt C et CD découverts en Silésie: 1 — faucille, 2 — épingle № 1, 3 — épingle № 2, 4 — bracelet, 5 — collier, de Trzciny, distr. de Wołów; 6 — couteau, 7 — bracelet, 8 — épingle, 9 — fragment indéfini, 10 — ciselet, de Brzezina, (distr. de Strzelin); 11 — bracelet, 12 — brassard № 1, 13 — brassard № 2, 14 — collier, de Lasowice, distr. d'Olesko; 15 — petite hache plate, 16 — collier, 17 — bracelet № 1, 18 — bracelet № 2, 19 — couteau № 1, 20 — faucille, 21 — bracelet № 3, 22 — couteau № 2, 23 — perle, de Strzelce—Adamowice, distr. de Strzelce; 24 — mors de cheval, 25 — bague № 1, 26 — bague № 2, de Kalinów, distr. de Strzelce; 27 — petite hache plate de Wołów; 28 — petite hache plate de Słup, distr. de Środa Śląska; 29 — pointe de lance de Wrocław—Grabiszyn; 30 — couteau de Cieszków, distr. de Milicz; 31 — épée, 32 — petite hache plate, de Wrocław—Księża W., 33 — petite hache plate, 34 — couteau, de Łąbędy—Przysówka, distr. de Gliwice; 35 — épingle de Bychowo, distr. de Milicz; 36 — bracelet № 1, 37 — bracelet № 2, 38 — épingle, de Kamienna, distr. de Namysłów. Les échantillons coupés pour les tests ont été obscurcis



Ryc. 2. Technologia zbadanych wyrobów żelaznych z wcześniejszej fazy okresu halsztackiego (okres halsztacki C i CD), znalezionych na Śląsku: 1 — sierp, 2 — szpila nr 1, 3 — szpila nr 2, 4 — bransoleta, 5 — naszyjnik, z Trzciny, pow. wołowski; 6 — nóż, 7 — bransoleta, 8 — szpila, 9 — fragment nieokreślony, 10 — dłutko z Brzeziny, pow. strzeleński; 11 — bransoleta, 12 — naramiennik nr 1, 13 — naramiennik nr 2, 14 — naszyjnik z Lasowic, pow. oleski; 15 — siekierka płaska, 16 — naszyjnik, 17 — bransoleta nr 1, 18 — bransoleta nr 2, 19 — nóż nr 1, 20 — sierp, 21 — bransoleta nr 3, 22 — nóż nr 2, 23 — paciorek, ze Strzelec—Adamowic, pow. strzelecki; 24 — wędzidło, 25 — pierścień nr 1, 26 — pierścień nr 2, z Kalinowa, pow. strzelecki; 27 — siekierka płaska z Wołowa; 28 — siekierka płaska ze Słupa, pow. średzki; 29 — grot włóczni z Wrocławia—Grabiszyna; 30 — nóż z Cieszkowa, pow. milicki; 31 — miecz, 32 — siekierka płaska z Wrocławia—Księża W.; 33 — siekierka płaska, 34 — nóż z Łąbęd—Przysówki, pow. gliwicki; 35 — szpila z Bychowa, pow. milicki; 36 — bransoleta nr 1, 37 — bransoleta nr 2, 38 — szpila, z Kamiennej, pow. namysłowski

Fig. 2. Technologie des produits en fer investigués, datés à la période de Hallstatt C et CD, découverts en Silésie: 1 — faucille, 2 — épingle № 1, 3 — épingle № 2, 4 — bracelet, 5 — collier, de Trzciny, distr. de Wołów; 6 — couteau, 7 — bracelet, 8 — épingle, 9 — fragment indéfini, 10 — ciselet, de Brzezina, distr. de Strzelin; 11 — bracelet, 12 — brassard № 1, 13 — brassard № 2, 14 — collier, de Lasowice, distr. d'Olesko; 15 — petite hache plate, 16 — collier, 17 — bracelet № 1, 18 — bracelet № 2, 19 — couteau № 1, 20 — faucille, 21 — bracelet № 3, 22 — couteau № 2, 23 — perle, de Strzelce—Adamowice, distr. de Strzelce; 24 — mors de cheval, 25 — bague № 1, 26 — bague № 2, de Kalinów, distr. de Strzelce; 27 — petite hache plate de Wołów; 28 — petite hache plate de Słup, distr. de Środa Śląska; 29 — pointe de lance de Wrocław—Grabiszyn; 30 — couteau de Cieszków, distr. de Milicz; 31 — épée, 32 — petite hache plate, de Wrocław—Księża W., 33 — petite hache plate, 34 — couteau, de Łąbędy—Przysówka, distr. de Gliwice; 35 — épingle de Bychowo, distr. de Milicz; 36 — bracelet № 1, 37 — bracelet № 2, 38 — épingle, de Kamienna, distr. de Namysłów



3a



3b



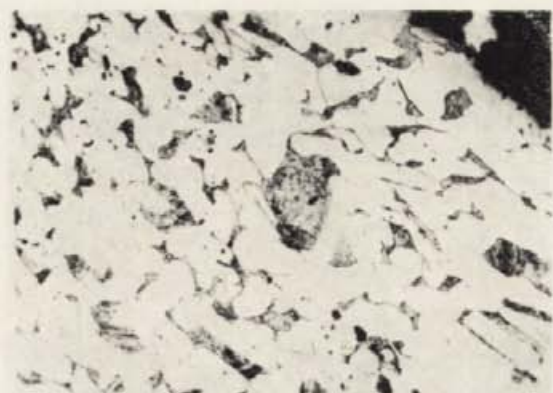
4a



4b



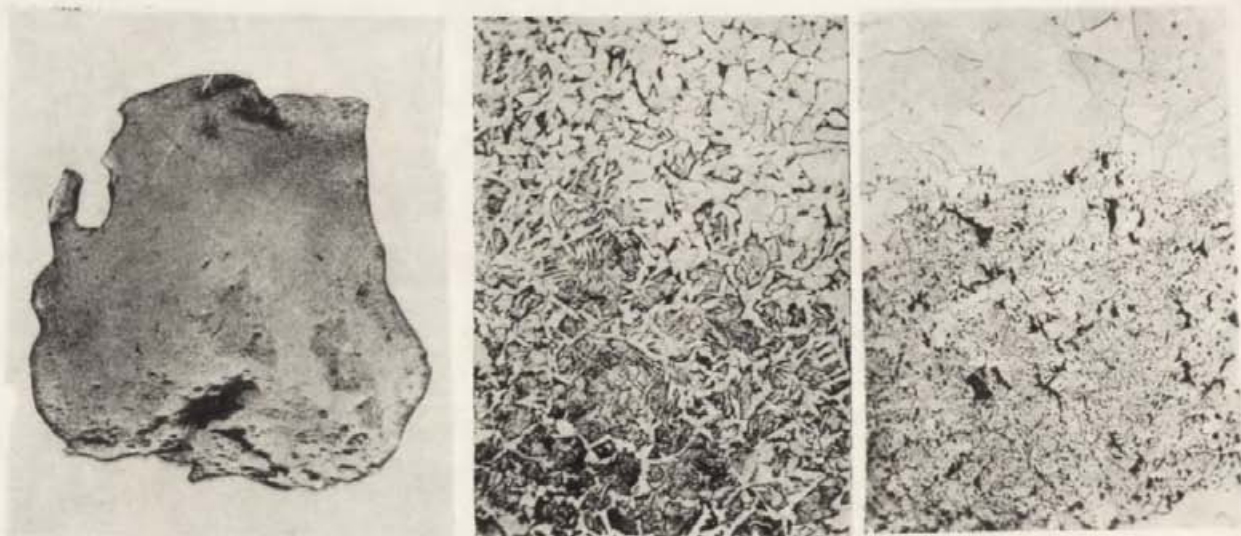
5



6

Ryc. 3. Trzcinica, pow. wołowski, grób 7. Struktura sierpa: ferryt i ślady perlitu a — pow. 100 X; b — pow. 500 X. Ryc. 4. Trzcinica, pow. wołowski, grób 18. Szpila nr 1, a — makrostruktura na poprzecznym przekroju szpili, pow. 10 X; b — struktura szpili: perlit i ferryt, widoczne również wtrącenia żużla, pow. 100 X. Ryc. 5. Trzcinica, pow. wołowski, grób 24. Struktura szpili nr 2: ferryt i ślady perlitu, pow. 100 X. Ryc. 6. Trzcinica, pow. wołowski, grób 24. Struktura bransolety: ferryt i perlit, pow. 100 X

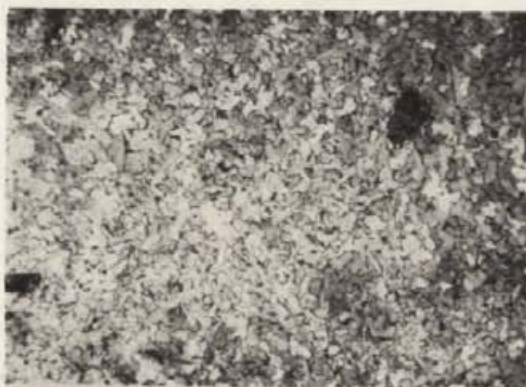
Fig. 3. Trzcinica, distr. de Wołów, tombe № 7. Structure de la faucille: ferrite et traces de perlite, a — agr. 100 X; b — agr. 500 X. Fig. 4. Trzcinica, tombe № 18. Épingle № 1, a — macrostructure sur la coupe transversale de l'épingle, agr. 10 X; b — structure de l'épingle: perlite et ferrite, inclusions de scorie, agr. 100 X. Fig. 5. Trzcinica, tombe № 24. Structure de l'épingle № 2: ferrite et traces de perlite, agr. 100 X. Fig. 6. Trzcinica, tombe № 24. Structure du bracelet: ferrite et perlite, agr. 100 X



7a

7b

7c



8



9



10a



10b

Ryc. 7. Trzcinica, pow. wołowski. Struktura naszyjnika, a — makrostruktura na poprzecznym przekroju. Miejsca nawęglone uległy zaciemnieniu, pow. 8 X; b — na przejściu pomiędzy silniej a słabiej nawęgloną częścią: ferryt i perlit, pow. 100 X; c — słabiej nawęglonej części: ferryt oraz drobne i liczne wtrącenia żużla, pow. 100 X. Ryc. 8. Brzezina, pow. strzeliński; grób 6. Struktura noża: ferryt, pow. 100 X. Ryc. 9. Brzezina, pow. strzeliński, grób 9. Struktura bransolety: ferryt, pow. 100 X. Ryc. 10. Brzezina, grób 11. Struktura szpili: a — ferryt drobnoziarnisty oraz wtrącenia żużla; b — ferryt o dość dużych ziarnach; pow. 100 X

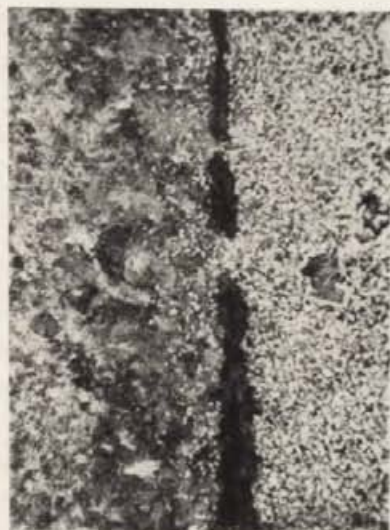
Fig. 7. Trzcinica. Structure d'un collier, a — macrostructure sur la coupe transversale. Les endroits carbures sont obscurcis, agr. 8 X; b — à l'endroit où la carburation forte passe à une carburation faible: ferrite et perlite, agr. 100 X; c — à l'endroit à carburation faible: ferrite et inclusions de scorie petites, mais nombreuses, agr. 100 X. Fig. 8. Brzezina, distr. de Strzelno, tombe N 6. Structure de couteau: ferrite, agr. 100 X. Fig. 9. Brzezina, tombe N 9. Structure de bracelet: ferrite, agr. 100 X. Fig. 10. Brzezina, tombe N 11. Structure d'épingle: a — ferrite à grains raffinés avec inclusions de scorie; b — ferrite à grains assez gros; agr. 100 X



11



12a



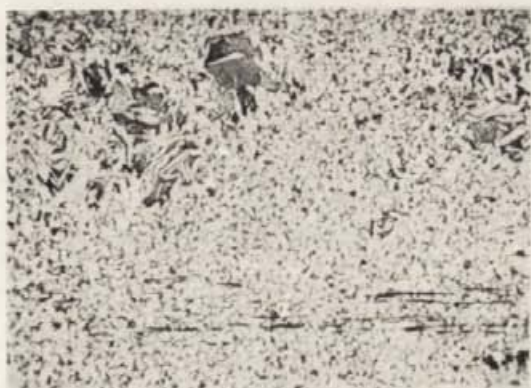
12b



12c



12d



12e



12f

Ryc. 11. Brzezina, grób 16. Struktura ułamka pręta: ferryt, pow. 100 X. Ryc. 12. Brzezina, grób 22. Dłuto, a — makrostruktura na poprzecznym przekroju ostrza. Miejsca bardziej nawęglone uległy silniejszemu zaciemnieniu, pow. 4 X; b — struktura na złączeniu stalowej wkładki (na lewo) i części z żelaza o nierównomiernym nawęgleniu (na prawo): perlit i ferryt. W zgrzebinie widoczne wtrącenie żużla, pow. 100 X; c — struktura wkładki stalowej (?) w ostrzu: perlit oraz wtrącenia żużla, pow. 100 X; d — struktura wkładki stalowej (?): perlit oraz ślady cementytu nadeutektoidalnego, pow. 500 X; e — struktura warstwy z żelaza o nierównomiernym nawęgleniu: ferryt i perlit, pow. 100 X; f — struktura tulejki: perlit, ferryt oraz wtrącenia żużla (lub rdza?), pow. 500 X

Fig. 11. Brzezina, tombe N 16. Structure d'une tige en fer: ferrite, agr. 100 X. Fig. 12. Brzezina, tombe N 22. Ciselet, a — macrostructure sur la coupe transversale du tranchant. Les endroits plus fortement carbures sont obscurcis, agr. 4 X; b — structure sur la jointure de l'applique en acier (en haut) et de la partie en fer à carburation irrégulière (en bas): perlite et ferrite. A l'endroit de la soudure on voit des inclusions de scorie, agr. 100 X; c — structure de l'applique en acier (?) dans la partie tranchante: perlite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 100 X; d — structure de l'applique en acier (?): perlite ainsi que traces de cémentite hyper-eutectoïdal, agr. 500 X; e — structure de la couche en fer à carburation irrégulière: ferrite et perlite, agr. 100 X; f — structure de la douille: perlite, ferrite et inclusions de scorie (ou rouille?), agr. 500 X



13



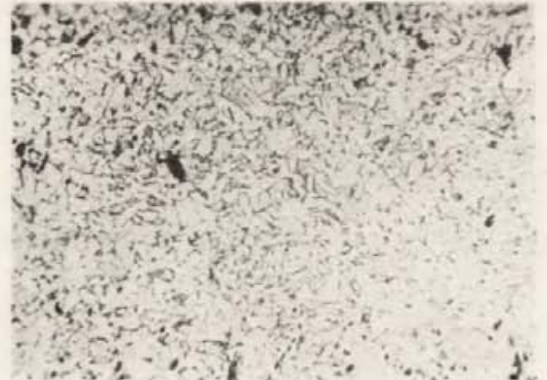
14a



14b



15a



15b



16a



16b



16c

Ryc. 13. Lasowice, pow. oleski, grób 4. Struktura bransolety: ferryt oraz drobne wtrącenia żużla, pow. 100 X. Ryc. 14. Lasowice, grób 9. Struktura naramiennika nr 1, a — ferryt i perlit, pow. 100 X; b — miejsce silniej nawęglone: perlit oraz wtrącenia żużla, pow. 500 X. Ryc. 15. Lasowice, grób 32. Struktura naramiennika nr 2, a — w miejscu słabiej nawęglonym: ferryt oraz wtrącenia żużla; b — w miejscu silniej nawęglonym: ferryt i ślady perlitu oraz wtrącenia żużla; pow. 100 X. Ryc. 16. Lasowice. Struktura naszyjnika, a — części słabiej nawęglonej: ferryt; b — części silniej nawęglonej: ferryt i perlit oraz wtrącenia żużla; pow. 100 X; c — części silniej nawęglonej: ferryt i perlit oraz wtrącenia żużla, pow. 500 X

Fig. 13. Lasowice, distr. d'Olesno, tombe № 4. Structure de bracelet: ferrite ainsi qu'inclusions minimales de scorie, agr. 100 X. Fig. 14. Lasowice, tombe № 9. Structure du brassard № 1: a — ferrite et perlite, agr. 100 X; b — endroit à carburation plus forte: perlite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 500 X. Fig. 15. Lasowice, tombe № 32. Structure du brassard № 2: a — à l'endroit faiblement carburé: ferrite et inclusions de scorie; b — à l'endroit fortement carburé: ferrite et traces de perlites ainsi qu'inclusions de scorie; agr. 100 X. Fig. 16. Lasowice. Structure de collier, a — parties faiblement carburées: ferrite; b — parties fortement carburées: ferrite et perlite ainsi qu'inclusions de scorie; agr. 100 X; c — parties fortement carburées: ferrite et perlite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 500 X



a



b



c



d



e



f

Ryc. 17. Strzelce—Adamowice, pow. strzelecki. Struktura ostrza siekiarki płaskiej, a — w pobliżu krawędzi tnącej: troostyt (?) i ferryt oraz wtrącenia żużla, pow. 100 X; b — w pobliżu krawędzi tnącej, pow. 500 X; c — nieco dalej od krawędzi tnącej: troostyt (?) i ferryt, pow. 100 X; d — dalej od krawędzi tnącej: perlit sorbityczny i ferryt oraz wtrącenia żużla, pow. 100 X; e — jeszcze dalej od krawędzi tnącej: perlit i ferryt oraz wtrącenia żużla, pow. 100 X; f — jeszcze dalej od krawędzi tnącej w części nienawęglonej: ferryt, ślady perlitu oraz wtrącenia żużla, pow. 100 X

Fig. 17. Strzelce—Adamowice, distr. de Strzelce. Structure du tranchant d'une hache plate, a — près du bout tranchant: troostite (?) et ferrite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 100 X; b — près du bout tranchant, agr. 500 X; c — un peu plus loin du bord tranchant: troostite (?) et ferrite, agr. 100 X; d — loin de la partie tranchante: perlite sorbitique et ferrite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 100 X; e — encore plus loin du bord tranchant: perlite et ferrite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 100 X; f — encore plus loin du bord tranchant dans la partie non-carburée: ferrite, traces de perlite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 100 X



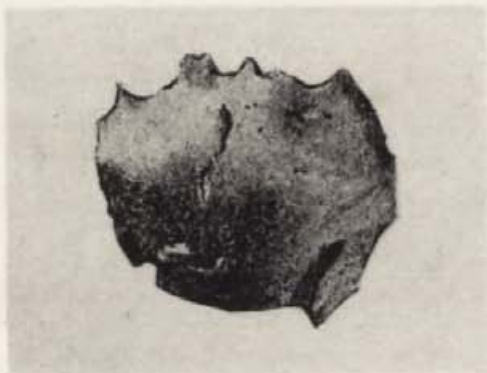
18a



18b



19



20a



20b



20c



20d



20e

Ryc. 18. Strzelce-Adamowice. Struktura naszyjnika, a — miejsce o większych ziarnach: ferryt oraz wtrącenia żużla; b — miejsce o mniejszych ziarnach: ferryt oraz wtrącenia żużla; pow. 100 X. Ryc. 19. Strzelce-Adamowice. Struktura bransolety nr 1: ferryt i perlit oraz wtrącenia żużla, pow. 100 X. Ryc. 20. Strzelce-Adamowice. Struktura bransolety nr 2, a — makrostruktura na poprzecznym przekroju. Miejsca bardziej nawęglone uległy silniejszemu wytrawieniu (zaciemnione), pow. 8 X; b — struktura w miejscu słabiej nawęglonym: ferryt oraz drobne wtrącenia żużla, pow. 100 X; c — w miejscu silniej nawęglonym: perlit i ferryt oraz wtrącenia żużla, pow. 100 X; d — w miejscu silniej nawęglonym: perlit i ferryt oraz wtrącenia żużla, pow. 500 X; e — w miejscu silniej nawęglonym (ślady zgrzewania?): perlit i ferryt oraz wtrącenia żużla, pow. 100 X

Fig. 18. Strzelce-Adamowice. Structure de collier, a — endroit à grains plus gros: ferrite ainsi qu'inclusions de scorie; b — endroit à grains plus petits: ferrite ainsi qu'inclusions de scorie; agr. 100 X. Fig. 19. Strzelce-Adamowice. Structure du bracelet N° 1: ferrite et perlite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 100 X. Fig. 20. Strzelce-Adamowice. Structure du bracelet N° 2, a — macrostructure sur la coupe transversale. Les endroits plus carbures ont été plus fortement attaqués (obscurcis), agr. 8 X; b — structure à l'endroit plus faiblement carburé: ferrite ainsi qu'inclusions minimales de scorie, agr. 100 X; c — à l'endroit plus fortement carburé: perlite et ferrite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 100 X; d — dans la partie plus fortement carburée: perlite et ferrite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 500 X; e — dans la partie plus carburée (traces de soudage?): perlite et ferrite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 100 X



21a



21b



22



23a



23b



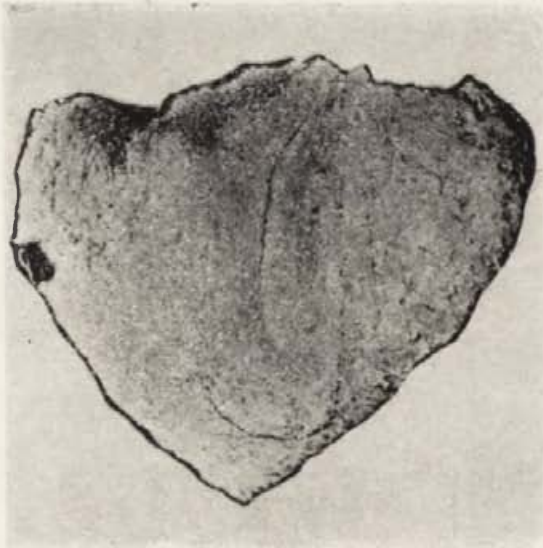
23c



23d

Ryc. 21. Strzelce-Adamowice. Struktura noża nr 1, a — w miejscu słabiej nawęglonym: ferryt i ślady perlitu; b — w miejscu silniej nawęglonym: perlit i ferryt; pow. 100 X. Ryc. 22. Strzelce-Adamowice. Struktura sierpa: ferryt oraz liczne wtrącenia żużla, pow. 100 X. Ryc. 23. Strzelce-Adamowice. Struktura bransolety nr 3, a — makrostruktura na p.przecznym przekroju. Miejsca bardziej nawęglone uległy silniejszemu wytrawieniu (zaciemnione), pow. 10 X; b — struktura części słabiej nawęglonej: ferryt oraz wtrącenia żużla, pow. 100 X; c — na przejściu pomiędzy częścią silniej a słabiej nawęgloną: perlit (sorbityczny?) i ferryt, pow. 100 X; d — części silniej nawęglonej; perlit sorbityczny (?) oraz wtrącenia żużla, pow. 500 X

Fig. 21. Strzelce-Adamowice. Structure du couteau N° 1, a — à l'endroit faiblement carburé: ferrite et traces de perlite; b — à l'endroit fortement carburé: perlite et ferrite; agr. 100 X. Fig. 22. Strzelce-Adamowice. Structure de la faucille: ferrite ainsi qu'inclusions nombreuses de scorie; agr. 100 X. Fig. 23. Strzelce-Adamowice. Structure du bracelet N° 3, a — macrostructure sur la coupe transversale. Les endroits plus fortement carburés ont été attaqués avec plus de force (obscurcis), agr. 10 X; b — structure de la partie faiblement carburée: ferrite et inclusions de scorie. agr. 100 X; c — à l'endroit où la partie fortement carburée passe dans la partie faiblement carburée: perlite (sorbite) et ferrite, agr. 100 X; d — de la partie fortement carburée: perlite sorbitique (?) ainsi qu'inclusions de scorie. agr. 500 X



24a



24b



24c



25



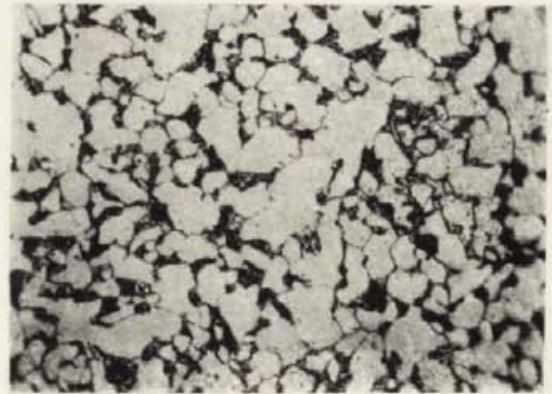
26a



26b



26c



26d

Ryc. 24. Strzelce-Adamowice. Struktura paciorka, a — makrostruktura na poprzecznym przekroju. Miejsca nawęglone uległy wytrawieniu (zaciemnione), pow. 8 X; b — struktur części słabiej nawęglonej: ferryt i perlit, pow. 100 X; c — części słabiej nawęglonej: ferryt oraz drobne i liczne wtrącenia żużla, pow. 100 X. Ryc. 25. Strzelce-Adamowice. Struktura ułamka noża nr 2: troostyt iglasty (?), pow. 500 X. Ryc. 26. Kalinów, pow. strzelecki. Struktura wędzidla: a — makrostruktura na poprzecznym przekroju. Miejsca nawęglone uległy wytrawieniu (zaciemnione), pow. 8 X; b — struktura części słabiej nawęglonej: ferryt oraz wtrącenie żużla, pow. 100 X; c — części bardziej nawęglonej: ferryt i perlit, pow. 100 X; d — części bardziej nawęglonej: perlit i ferryt, pow. 500 X

Fig. 24. Strzelce-Adamowice. Structure d'une perle, a — macrostructure sur la coupe transversale. Les parties carburées ont été plus fortement attaquées (obscurcies), agr. 8 X; b — structure de la partie carburée: ferrite et perlite, agr. 100 X; c — de la partie faiblement carburée: ferrite ainsi que petites inclusions très nombreuses de scorie, agr. 100 X. Fig. 25. Strzelce-Adamowice. Structure d'un fragment du couteau N° 2: troostite aciculaire (?), agr. 500 X. Fig. 26. Kalinów, distr. de Strzelce. Structure d'un mors de cheval, a — macrostructure sur la coupe transversale. Les parties intensivement carburées ont été attaquées avec plus de force (obscurcies), agr. 8 X; b — structure de la partie faiblement carburée: ferrite et inclusions de scorie, agr. 100 X; c — de la partie fortement carburée: ferrite et perlite, agr. 100 X; d — de la partie fortement carburée: perlite et ferrite, agr. 500 X



27



28a



28b



28c



28d



28e

Ryc. 27. Kalinów. Struktura pierścienia nr 1: ferryt, pow. 100 X. Ryc. 28. Słup, pow. średzki. Struktura płaskiej siekierki, a — w pobliżu krawędzi tnącej: sorbite (?) i ferryt, pow. 100 X; b — w pobliżu krawędzi tnącej: sorbite (?) i ferryt oraz wtrącenie żużla, pow. 500 X; c — dalej od krawędzi tnącej: perlit sorbityczny i ferryt, pow. 100 X; d — dalej od krawędzi tnącej, pow. 500 X; e — jeszcze dalej od krawędzi tnącej: perlit i ferryt oraz liczne wtrącenia żużla, pow. 100 X

Fig. 27. Kalinów. Structure de la bague N° 1: ferrite, agr. 100 X. Fig. 28. Słup, distr. de Środa Śląska. Structure d'une hache plate, a — près du bout tranchant: sorbite (?) et ferrite, agr. 100 X; b — près du bout tranchant: sorbite (?) et ferrite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 500 X; c — plus loin de la partie tranchante: perlite sorbitique et ferrite, agr. 100 X; d — à plus de distance de la partie tranchante, agr. 500 X; e — encore plus loin du bout tranchant: perlite et ferrite ainsi qu'inclusions nombreuses de scorie, agr. 100 X



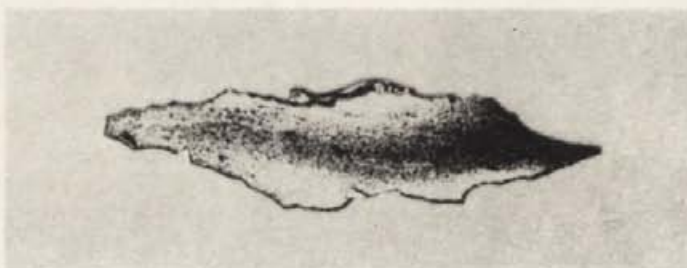
29a



29b



30



31a



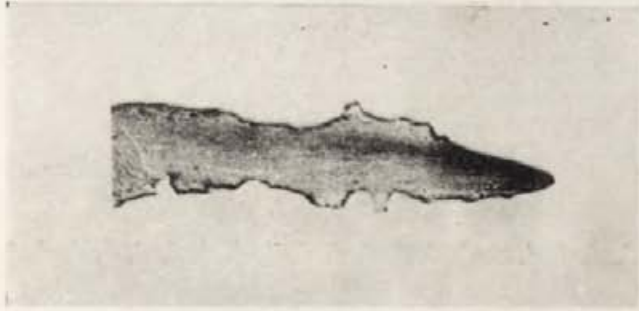
31b



31c

Ryc. 29. Wołów. Struktura siekiery, a — części silniej nawęglonej: ferryt oraz nieznaczne ilości perlitu; b — części słabiej nawęglonej: ferryt, pow. 100 X. Ryc. 30. Kalinów. Struktura pierścienia nr 2: ferryt, pow. 100 X. Ryc. 31. Wrocław—Grabiszyn. Struktura liścia grotu: a — makrostruktura na poprzecznym przekroju. Miejsca bardziej nawęglone uległy silniejszemu wytrawieniu (zaciemnione), pow. 6,5 X; b — struktura części bardziej nawęglonej przy powierzchni: perlit i ferryt, pow. 100 X; c — struktura tulei: ferryt i perlit, pow. 100 X

Fig. 29. Wołów. Structure d'une hache, a — de la partie fortement carburée: ferrite et quantités minimales de perlite; b — de la partie faiblement carburée: ferrite, agr. 100 X. Fig. 30. Kalinów. Structure de la bague № 2: ferrite, agr. 100 X. Fig. 31. Wrocław—Grabiszyn. Structure de la feuille de la pointe de lance, a — macrostructure sur la coupe transversale. Les parties intensivement carburées ont été attaquées avec plus de force (obscurcies), agr. 6,5 X; b — structure de la partie fortement carburée près de la surface: perlite et ferrite, agr. 100 X; c — structure de la douille: ferrite et perlite, agr. 100 X



32a



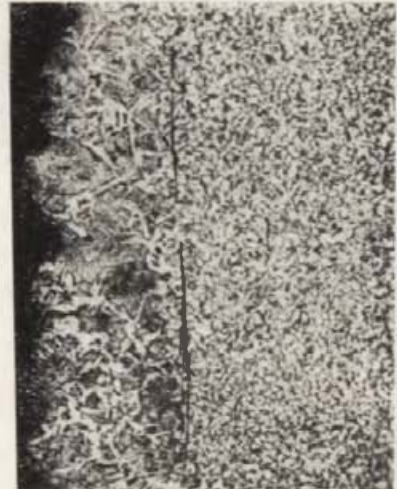
32b



32c



32d



33a



33b



33c



33d

Ryc. 32. Wrocław—Księżę W. Struktura głowni miecza. a — makrostruktura na poprzecznym przekroju. Miejsca bardzo nawęglone uległy silniejszemu nawęgleniu (zaciemnione), pow. 5 X; b — struktura części silniej nawęglonej: sorbit (?) i ferryt oraz wtrącenia żużla, pow. 100 X; c — części silniej nawęglonej, pow. 500 X; d — części słabiej nawęglonej: ferryt oraz wtrącenia żużla, pow. 100 X. Ryc. 33. Wrocław—Księżę W. Struktura siekierki płaskiej, a — w ostrzu przy powierzchni: ferryt i perlit, pow. 100 X; b — w ostrzu: ferryt i perlit oraz wtrącenia żużla, pow. 50 X; c — w piętce: perlit, nieznaczne ilości ferrytu oraz wtrącenia żużla, pow. 100 X; d — w piętce: perlit, niewielkie ilości ferrytu oraz wtrącenia żużla, pow. 500 X

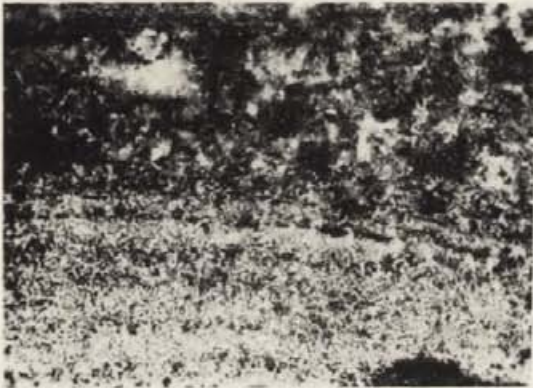
Fig. 32. Wrocław—Księżę W. Structure d'une lame d'épée, a — macrostructure sur la coupe transversale. Les parties intensivement carburées ont été attaquées avec plus de force (obscurcies), agr. 5 X; b — structure de la partie fortement carburée: sorbite (?) et ferrite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 100 X; c — de la partie fortement carburée, agr. 500 X; d — de la partie faiblement carburée: ferrite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 100 X. Fig. 33. Wrocław—Księżę W. Structure d'une hache plate, a — dans la partie tranchante près de la surface: ferrite et perlite, agr. 100 X; b — dans la partie tranchante: ferrite et perlite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 500 X; c — au talon: perlite, quantités minimes de ferrite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 100 X; d — au talon: perlite, quantités minimes de ferrite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 500 X



34



35



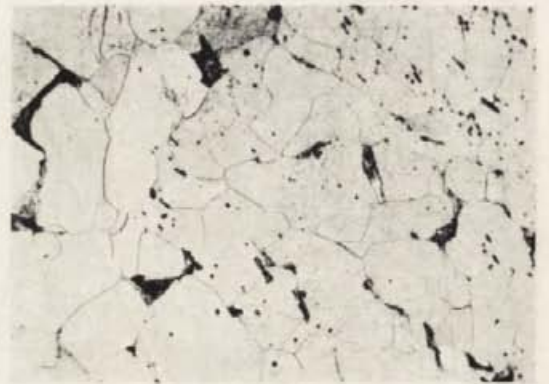
36a



36b



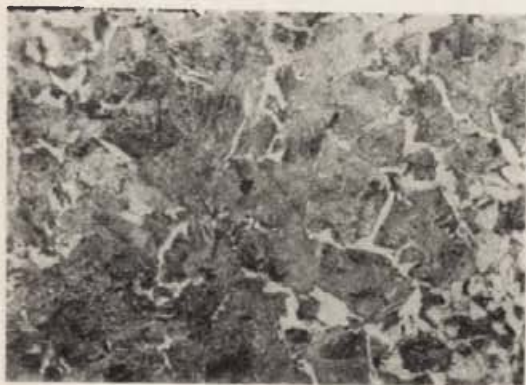
37



38

Ryc. 34. Cieszków, pow. milicki. Struktura noża: perlit sorbityczny i cementyt nadeutektoidalny oraz wtrącenia żużla, pow. 500 X. Ryc. 35. Łąbedy—Przyszówka, pow. gliwicki. Struktura siekierki płaskiej: ferryt oraz duże wtrącenia żużla, pow. 100 X. Ryc. 36. Łąbedy—Przyszówka. Struktura noża: perlit sorbityczny, ferryt oraz wtrącenia żużla; a — pow. 100 X; b — 500 X. Ryc. 37. Bychów, pow. milicki. Struktura szpili: ferryt oraz wtrącenia żużla, pow. 100 X. Ryc. 38. Kamienna, pow. namysłowski. Struktura bransolety nr 1: ferryt i ślady perlitu, pow. 100 X

Fig. 34. Cieszków, distr. de Milicz. Structure de couteau: perlite sorbitique et cémentite hypereutectoïdal ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 500 X. Fig. 35. Łąbedy—Przyszówka, distr. de Gliwice. Structure d'une hache plate: ferrite ainsi qu'inclusions de gros morceaux de scorie, agr. 100 X. Fig. 36. Łąbedy—Przyszówka. Structure de couteau: perlite sorbitique ferrite ainsi qu'inclusions de scorie, a — agr. 100 X, b — 500 X. Fig. 37. Eychów, distr. de Milicz. Structure d'une épingle: ferrite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 100 X. Fig. 38. Kamienna, distr. de Namysłów. Structure du bracelet № 1: ferrite et traces de perlite, agr. 100 X



39a



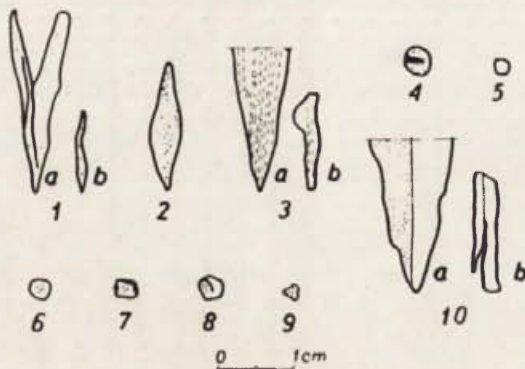
39b



40a



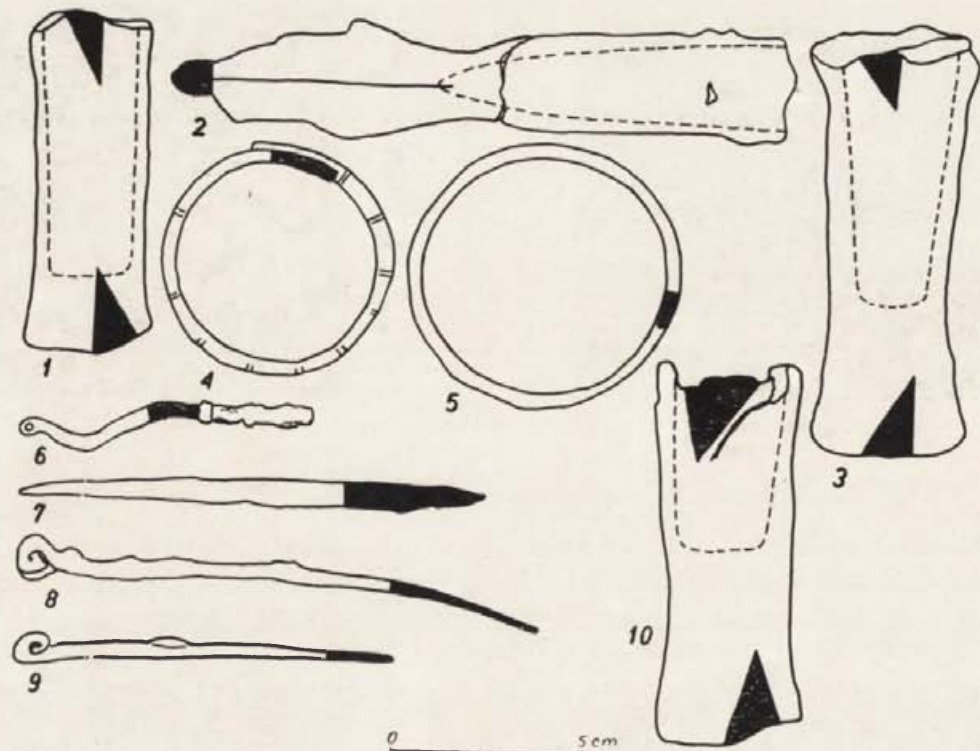
40b



41

Ryc. 39. Kamienna, pow. namysłowski. Struktura bransolety nr 2, a — części silniej nawęglonej: perlit i ferryt; b — części słabiej nawęglonej: perlit i ferryt; pow. 100 X. Ryc. 40. Kamienna. Struktura szpili, a — części silniej nawęglonej: perlit i ferryt oraz wtrącenia żużla; b — części słabiej nawęglonej: ferryt oraz wtrącenia żużla; pow. 100 X. Ryc. 41. Technologia zbadanych wyrobów żelaznych z późniejszej fazy okresu halsztackiego (okres halsztacki D) i wczesnolateńskiego, znalezionych na Śląsku: 1 — siekierka z tuleją, 2 — grot włóczni, z Bystrzycy, pow. oławski; 3 — siekierka z tuleją z Jezierzyc, pow. dzierzoniowski; 4 — bransoleta z Bobrowic, pow. szprotawski; 5 — bransoleta z Pierzwina, pow. kożuchowski; 6 — szpila z Dobrej, pow. oleśnicki; 7 — sztydo ze Szprotawy; 8 — szpila nr 1, 9 — szpila nr 2, z Swierczowa, pow. namysłowski; 10 — siekierka z tuleją z Popielowa, pow. opolski

Fig. 39. Kamienna. Structure du bracelet № 2, a — de la partie fortement carburée: perlite et ferrite; b — de la partie faiblement carburée: perlite et ferrite; agr. 100 X. Fig. 40. Kamienna. Structure d'une épingle, a — de la partie fortement carburée: perlite et ferrite ainsi qu'inclusions de scorie; b — de la partie faiblement carburée: ferrite ainsi qu'inclusions de scorie; agr. 100 X. Fig. 41. Technologique des produits en fer examinés, datés à la période de Hallstatt D et à la première phase du La Tène, découverts en Silésie: 1 — hache à douille, 2 — pointe de lance, de Bystrzyca, distr. d'Oława; 3 — hache à douille de Jezierzyc, distr. de Dzierżoniów; 4 — bracelet de Bobrowice, distr. de Szprotawa; 5 — bracelet de Pierzwino, distr. de Kożuchów; 6 — épingle de Dobra, distr. d'Oleśnica; 7 — alêne de Szprotawa, 8 — épingle № 1, 9 — épingle № 2, de Swierczów, distr. de Namysłów; 10 — hache douille de Popielów, distr. d'Opole



42



43a



43b

Ryc. 42. Zestawienie zbadanych wyrobów żelaznych z późniejszej fazy okresu halsztackiego (okres halsztacki D) i wczesnolateńskiego, znalezionych na Śląsku: 1 — siekierka z tuleją, 2 — grot włóczni, z Bystrzycy, pow. oławski; 3 — siekierka z tuleją z Jezierzyc, pow. dzierzoniowski; 4 — bransoleta z Bobrowic, pow. szprotawski; 5 — bransoleta z Pierzwina, pow. kożuchowski; 6 — szpila z Dobrej, pow. oleśnicki; 7 — sztych z Szprotawy; 8 — szpila nr 1, 9 — szpila nr 2, z Świerczowa, pow. namysłowski; 10 — siekierka z tuleją z Popielowa, pow. opolski. Wycięte z okazów próbki do badań zaciemniono. Ryc. 43. Świerczów, pow. namysłowski. Struktura szpili nr 2, a — makrostruktura na poprzecznym przekroju. Miejsca nawęglone uległy wytrawieniu (zaciemnione), pow. 20 X; b — struktura szpili: ferryt i perlit, pow. 100 X

Fig. 42. Planche des produits en fer examinés, datés à la période de Hallstatt D et à la première phase du La Tène, découverts en Silésie: 1 — hache à douille, 2 — pointe de lance, de Bystrzyca, distr. d'Oława; 3 — hache à douille de Jezierzyc, distr. de Dzierżoniów; 4 — bracelet de Bobrowice, distr. de Szprotawa; 5 — bracelet de Pierzwina, distr. de Kożuchów; 6 — épingle de Dobra, distr. d'Oleśnica; 7 — alène de Szprotawa; 8 — épingle № 1, 9 — épingle № 2, de Świerczów, distr. de Namysłów; 10 — hache à douille de Popielów, distr. d'Opole. Les échantillons coupés pour les tests ont été obscurcis. Fig. 43. Świerczów. Structure de l'épingle № 2, a — macrostructure sur la coupe transversale. Les parties carburées ont été obscurcies, agr. 20 X; b — structure de l'épingle: ferrite et perlite, agr. 100 X



44a



44b



44c



44d



44e

Ryc. 44. Bystrzyca, pow. olawski. Siekierka z tuleją, a — gammagram; b — makrostruktura na poprzecznym przekroju, pow. 100 X; c — struktura w pobliżu krawędzi tnącej: ferryt oraz wtrącenia iglastej fazy B (α'' -Fe₁₆N₂?), pow. 100 X; d — w pobliżu krawędzi tnącej, pow. 500 X; e — dalej od krawędzi tnącej: ferryt, ślady perlitu oraz drobne wtrącenia żużla, pow. 100 X

Fig. 44. Bystrzyca, distr. d'Oława. Hache à douille, a — gammagramme; b — macrostructure sur la coupe transversale, agr. 10 X; c — structure près du bout tranchant: ferrite ainsi qu'intrusions de la phase aciculaire B (α'' -Fe₁₆N₂?), agr. 100 X; d — près de la partie tranchante, agr. 500 X; e — dans la partie plus éloignée du bout tranchant: ferrite et traces de perlite ainsi qu'inclusions menues de scorie, agr. 100 X



45a



45b



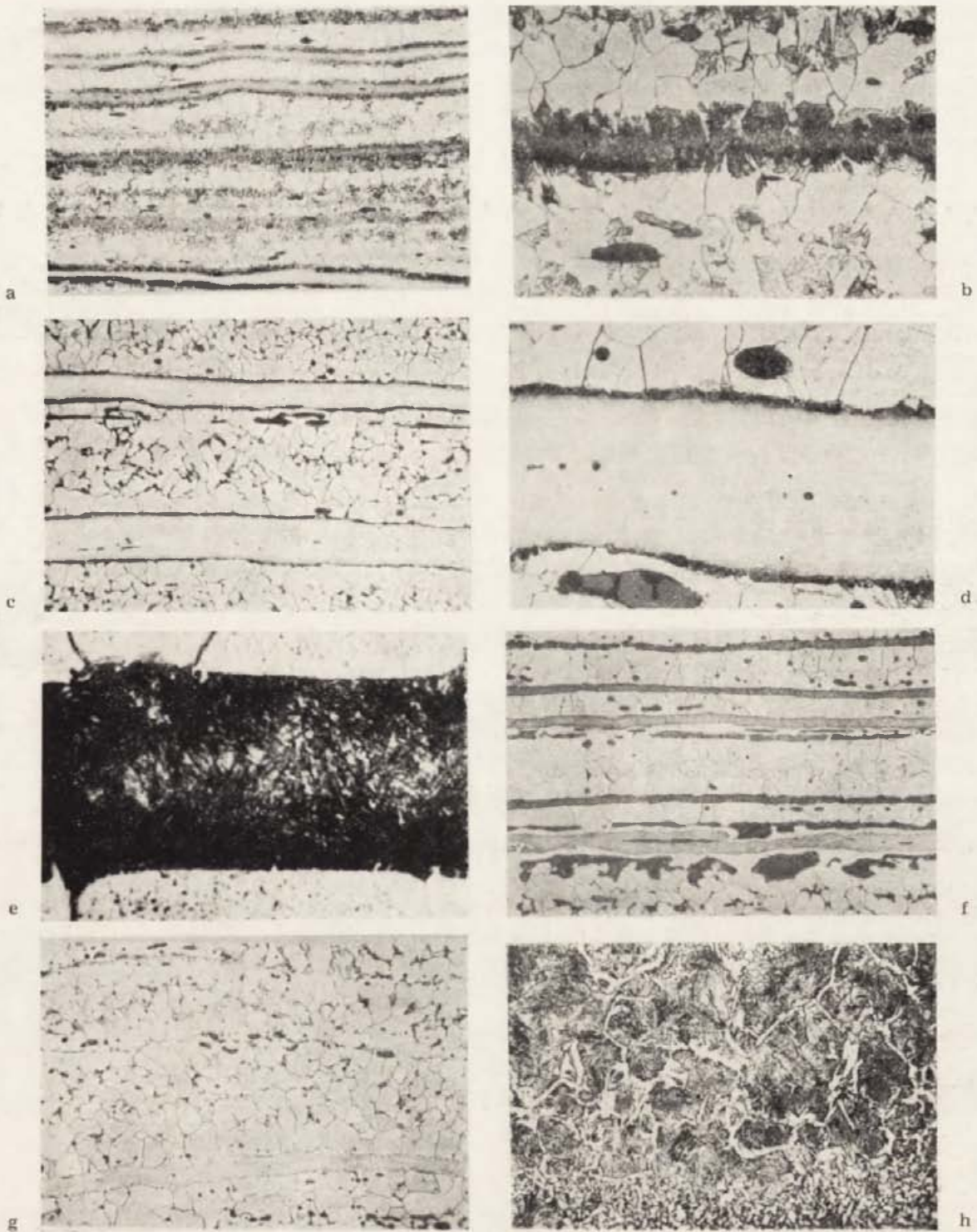
46a



46b

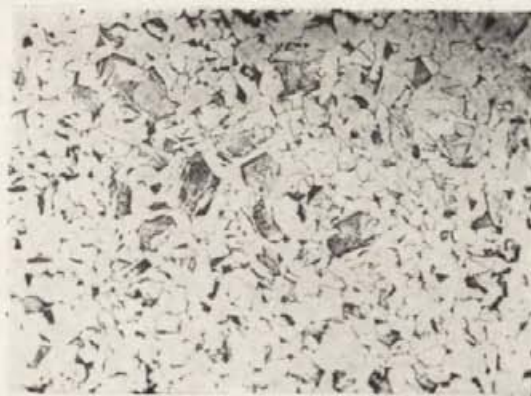
Ryc. 45. Bystrzyca, pow. oławski. Struktura liścia grołu włóczni, a — części bardziej nawęglonej: perlit i ferryt; b — części słabiej nawęglonej: ferryt oraz wtrącenia żużla; pow. 100 X. Ryc. 46. Jezierzycze, pow. dzierzoniowski. Siekierka z tuleją, a — gammagram; b — makrostruktura na poprzecznym przekroju ostrza. Widoczna struktura warstwowa, pow. 10 X

Fig. 45. Bystrzyca, distr. d'Olawa. Structure de la feuille d'une pointe de lance, a — de la partie fortement carburée: perlite et ferrite; b — de la partie faiblement carburée: ferrite ainsi qu'inclusions de scorie, agr. 100 X. Fig. 46. Jezierzycze, distr. de Dzierżoniów. Hache à douille, a — gammagramme; b — macrostructure sur la coupe transversale du tranchant. On voit la structure stratifiée; agr. 10 X

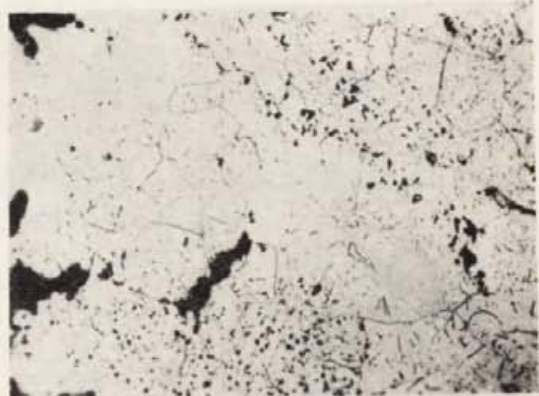


Ryc. 47. Jezierzycze. Struktura siekierki z tuleją, a — ostrza: ferryt, warstwy perlitu sorbitycznego i warstwy fazy nieokreślonej niewytrawione, pow. 100 X; b — ostrza: pow. 500 X; c — ostrza: ferryt, ślady perlitu oraz warstwy fazy nieokreślonej (niewytrawione), pow. 100 X; d — ostrza: ferryt, perlit oraz warstwa fazy nieokreślonej (niewytrawiona), pow. 500 X; e — ostrza po silniejszym wytrawieniu azotalem: struktura iglasta (bainit ?) i ferryt, pow. 100 X; f — ostrza: ferryt, ślady perlitu oraz cienkie warstwy fazy nieokreślonej (niewytrawione), pow. 100 X; g — tulei: ferryt, ślady perlitu, warstwa fazy nieokreślonej (niewytrawiona), pow. 100 X; h — tulei w miejscu silniej nawęglonym: perlit i ferryt, pow. 100 X

Fig. 47. Jezierzycze. Structure de la hache à douille, a — du tranchant: ferrite, couches de perlite sorbiteux et couches non-attaquées d'une phase indéfinie, agr. 100 X; b — du tranchant, agr. 500 X; c — du tranchant: ferrite, traces de perlite ainsi que couches d'une phase indéfinie (non-attaquées), agr. 100 X; d — du tranchant: ferrite, perlite ainsi qu'une couche de phase indéfinie (non-attaquée), agr. 500 X; e — du tranchant après une attaque azotale plus intense: structure aciculaire (bainte?) et ferrite, agr. 100 X; f — du tranchant: ferrite, traces de perlite ainsi que couches minces d'une phase indéfinie (non-attaquées), agr. 100 X; g — de la douille: ferrite, traces de perlite, couche d'une phase indéfinie (non-attaquée), agr. 100 X; h — de la douille à l'endroit d'une carburation plus forte: perlite et ferrite, agr. 100 X



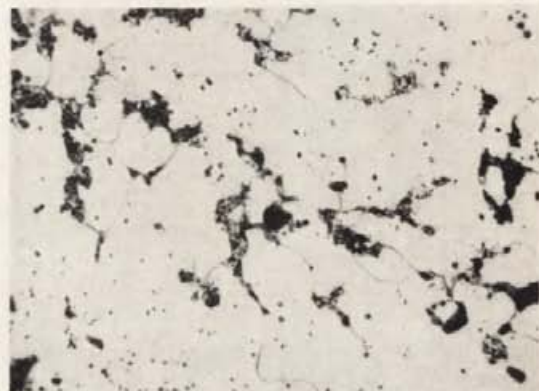
48



49



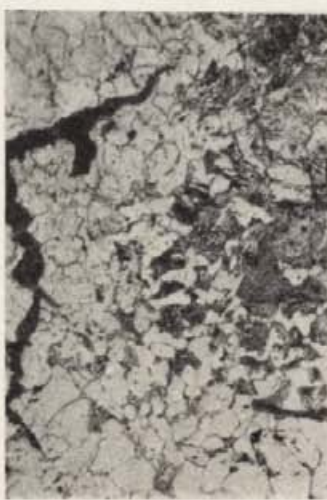
50



51



52a



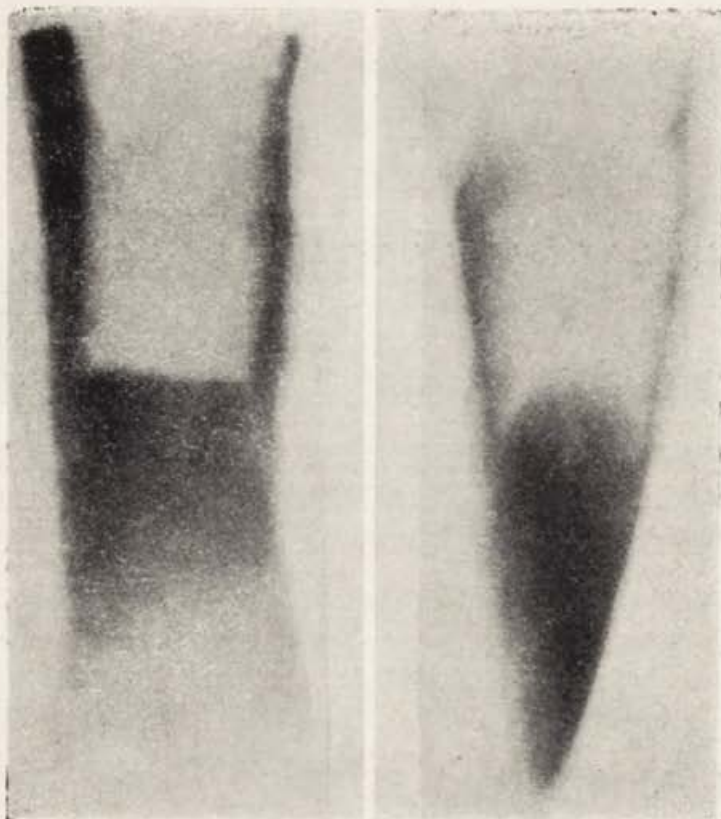
52b



52c

Ryc. 48. Bobrowice, pow. szprotawski. Struktura nawęglonej części bransolety: ferryt oraz nieco perlitu, pow. 100 X. Ryc. 49. Pierzwin, pow. kożuchowski. Struktura bransolety: ferryt oraz liczne wydzielienia fazy B ($\alpha''\text{-Fe}_{10}\text{N}_2?$) i A ($\gamma'\text{-Fe}_4\text{N}?$) oraz żużla, pow. 100 X. Ryc. 50. Dobra, pow. oleśnicki. Struktura szpili: ferryt i perlit, pow. 100 X. Ryc. 51. Szprotawa. Struktura szydła: ferryt i perlit, pow. 100 X. Ryc. 52. Świerczów, pow. namysłowski. Struktura szpili nr 1, a — makrostruktura na poprzecznym przekroju. Miejsca nawęglone uległy wytrawieniu (zaciemniono), pow. 20 X; b — struktura części silniej nawęglonej: perlit i ferryt, wtrącenia żużla, pow. 100 X; c — części słabiej nawęglonej: ferryt i perlit oraz wydzielienia fazy A ($\gamma'\text{-Fe}_4\text{N}?$) lub B ($\alpha''\text{-Fe}_{10}\text{N}_2?$), pow. 500 X

Fig. 48. Bobrowice, distr. Szprotawa. Structure de la partie carburée d'un bracelet: ferrite et quantités minimes de perlite, agr. 100 X. Fig. 49. Pierzwin, distr. de Kożuchów. Structure de bracelet: ferrite et inclusions nombreuses de la phase B ($\alpha''\text{-Fe}_{10}\text{N}_2?$) et A ($\gamma'\text{-Fe}_4\text{N}?$) ainsi que de scorie, agr. 100 X. Fig. 50. Dobra, distr. d'Oleśnica. Structure d'épingle: ferrite et perlite, agr. 100 X. Fig. 51. Szprotawa. Structure d'une alène: ferrite et perlite, agr. 100 X. Fig. 52. Swierczów, distr. de Namysłów. Structure de l'épingle № 1, a — macrostructure sur la coupe transversale. Les parties intensivement carburées ont été attaquées avec plus de force (obscurcies), agr. 20 X; b — structure de la partie fortement carburée: perlite et ferrite, inclusions de scorie, agr. 100 X; c — de la partie faiblement carburée: ferrite et perlite ainsi qu'inclusions de la phase A ($\gamma'\text{-Fe}_4\text{N}?$) ou B ($\alpha''\text{-Fe}_{10}\text{N}_2?$), agr. 500 X



a



b

Ryc. 53. Popielów, pow. opolski. Siekierka z tuleją, a — gammagram; b — makrostruktura na poprzecznym przekroju ostrza. Warstwa stali na prawo (zaciemniona), pow. 10 X

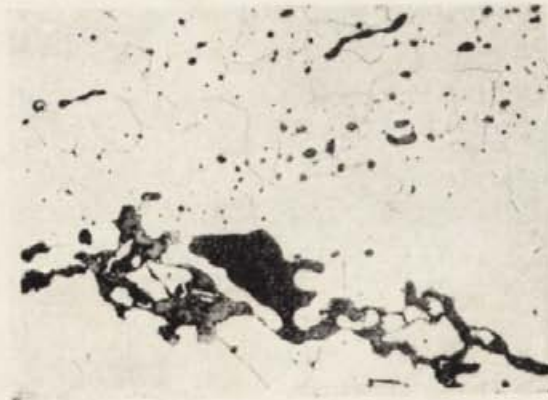
Fig. 53. Popielów, distr. d'Opole. Hache à douille, a — gammagramme; b — macrostructure sur la coupe transversale. Couche d'acier à droite (obscurcie), agr. 10 X



a



b



c

Ryc. 54. Popielów. Siekierka z tuleją, a — struktura na złączu warstwy stali i warstwy żelaza w pobliżu krawędzi tnącej; w warstwie stali (dołem) — perlit i ferryt, w warstwie żelaza (górną) — ferryt, pow. 100 X; b — dalej od krawędzi tnącej; w warstwie stali (dołem) — perlit i ferryt, w warstwie żelaza (górną) — ferryt, pow. 100 X; c — struktura tulei: ferryt i wtrącenia żużla, pow. 100 X

Fig. 54. Popielów. Hache à douille, a — structure sur la jointure de la couche d'acier et de la couche de fer tout près de la partie tranchante; dans la couche d'acier (en bas) — perlite et ferrite, dans la couche de fer (en haut) — ferrite, agr. 100 X; b — dans la partie plus éloignée du bout tranchant: dans la couche d'acier (en bas) perlite et ferrite, dans la couche de fer (en haut) ferrite, agr. 100 X; c — structure de la douille: ferrite et inclusions de scorie, agr. 100 X

poméranienne, notamment: 3 épingles, 2 bractelets, une hache à douille et une alène. On procéda enfin à l'examen de trois trouvailles isolés: 1 épée, 1 hache à douille et 1 hache plate.

Tous les objets énumérés ci-dessus furent soumis tour à tour à l'analyse chimique quantitative et qualitative (spectrographique), à l'observation métallographique ainsi qu'aux mesurages de la microdureté et de la dureté à l'aide de la méthode Vickers. Les haches à douilles devinrent en plus l'objet d'examen gamma-graphiques au cours desquels on s'était servi de l'isotope radio-actif de cobalt Co^{60} .

Pour en passer aux résultats obtenus, il faut signaler tout d'abord que la majorité des objets investigués, 22 en tout, avaient été forgés en fer, irrégulièrement carburé pendant la réduction du métal. Ce qui prouverait que les forgerons de la période hallstattienne ne maîtrisaient pas encore suffisamment la carburation pendant la réduction du métal. Outre ça 13 objets ont été forgés en fer doux, sans avoir été durci au moyen de la carbonisation. Dans un seul cas l'objet avait été carburé et trempé.

Il est à signaler qu'au cours de la période de Hallstatt et au début de celle de La Tène on produisait un peu partout en Silésie des objets en acier, assez régulièrement carbures (10 objets). Abstraction faite de trois objets on n'a pas constaté de traitement thermique.

Trois autres objets présentent une technique plus compliquée: le soudage et, à ce qui semble, le paquetage.

Considérant l'insuffisance des données qu'auraient pu fournir des recherches systématiques de métal d'autres principaux centres sidérurgiques de l'antiquité, il est presque impossible de préciser avec plus d'exactitude la provenance des produits silésiens actuellement investigués. Nous serions éventuellement autorisés à en classer une partie comme produits d'origine locale, mais il semble que la majorité se soit diffusée en Silésie comme marchandise d'importation, venue des contrées plus ou moins lointaines. Il s'avéra notamment, que certaines stations particulièrement de la civilisation poméranienne avaient recélé des produits originaires du grand centre antique de l'industrie métallurgique connu dans les Góry Świętokrzyskie (Montagnes de St. Croix).