

ZBIGNIEW GŁOWACKI (Poznań), HALINA PRZYGODZKA (Warszawa)

BADANIA METALOZNAWCZE ZABYTEKÓW ŻELAZNYCH ZE STYRMEN

Przeprowadzono następujące badania metaloznawcze zabytków metalowych ze Styrmien: 1) badania makroskopowe, 2) badania mikroskopowe, 3) pomiary mikrotwardości.

1. Badania makroskopowe zabytków stalowych przeprowadzono na zglądach trawionych w 10% alkoholowym roztworze HNO_3 , przy powiększeniach 5- lub 10-krotnych; 2) badania mikroskopowe zabytków stalowych przeprowadzono przy powiększeniach 100-, 200- lub 500-krotnych na zglądach trawionych w 2, 3, 5 lub 10% alkoholowym roztworze HNO_3 ; 3) mikrotwardość mierzono przy pomocy mikrotwardościomierza PMT-3, przy obciążeniu 50 i 100 G i czasie trwania nacisku 15 sek.

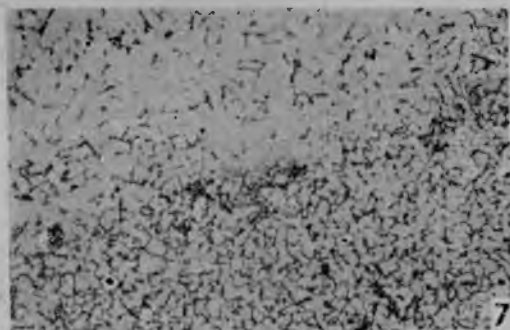
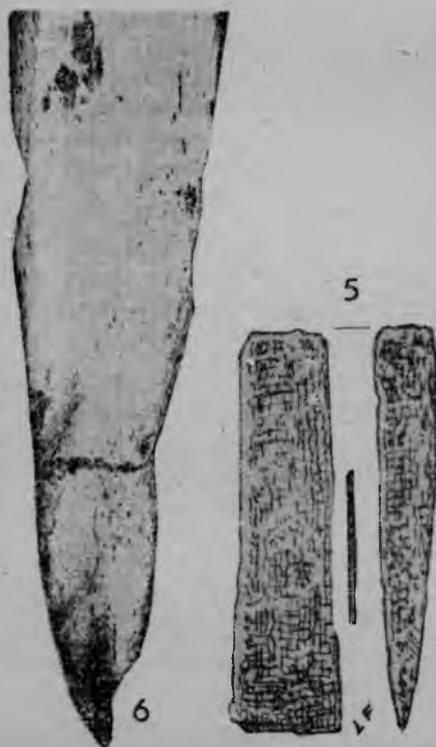
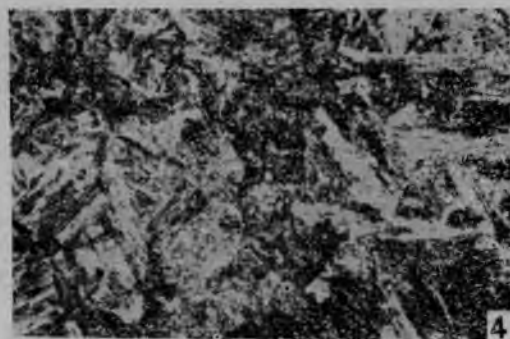
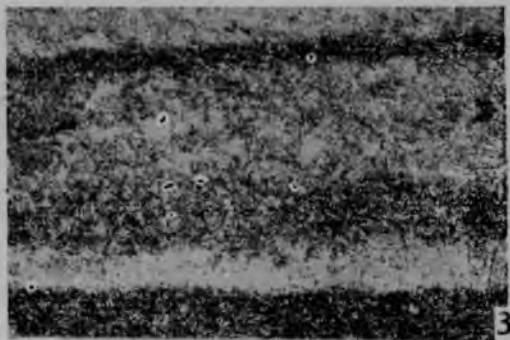
Badania metaloznawcze zabytków nr: 7, 13 - 15, 17, 27, 51, 82 - 86, 98, 101 - 102, 106 - 107, 122 - 124 wykonała mgr inż. H. Przygodzka, natomiast badania pozostałych przedmiotów prof. dr Z. Głowacki.

WYNIKI BADAŃ

1. Przecinak (nr inw. 83). Przecinak (tabl. I, 1) został odkuty z wielu zgrzanych ze sobą warstw stali o różnej zawartości węgla, a więc i o różnej twardości (tabl. I, 2). Strefę zgrzania uwidocznilo na fotografii (tabl. I, 3). Warstwy miękkie mają strukturę ferrytyczną z wtroczeniami żużła, a warstwy twarde strukturę bainityczną (tabl. I, 4), o mikrotwardości 459 kG/mm². Badany przecinak był ulepszany cieplnie.

2. Przecinak (nr inw. 93). Przecinak (tabl. I, 5) odkuto z miękkiej niskowęglowej stali, a twarde ostrze uzyskano przez nawęglanie (tabl. I, 6). W okolicy ostrza zaobserwowano prostopadle pęknięcie. Korpus przecinaka ma strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu o bardzo drobnym ziarnie (tabl. I, 7), nawęglone ostrze natomiast ma strukturę sorbityczną, o mikrotwardości 366 kG/mm² (tabl. I, 8). Przecinak ten podlegał nawęglaniu i następnie obróbce cieplnej.

3. Przecinak (nr inw. 122). Przecinak został odkuty z wielu zgrzanych ze sobą, kolejno nawęglanych warstw stali (tabl. II, 4). Strefę zgrzania przedstawiono na fotografii (tabl. II, 5). Twarde nawęglone ostrze przecinaka ma strukturę drobnego perlitu z niewielką ilością ferrytu (tabl. II, 5). Mikrotwardość ostrza wynosi 339 kG/mm². Przecinak podlegał nawęglaniu i obróbce cieplnej.



4. Przecinak (nr inw. 1152). Makroskopowo stwierdzono, że przecinak ten został odkuty ze stali wykazującej lokalne, raczej przypadkowe odwęglenia (tabl. II, 1). Badania metalograficzne mikroskopowe wykazały, że ma on strukturę sorbityczną o różnej zawartości węgla z wtrąceniami żużla (tabl. II, 2 - 3) i mikrotwardości $358 + 395 \text{ kG/mm}^2$. Przecinak ten był ulepszany cieplnie, uzyskując podwyższoną twardość i dobre własności tnące ostrza, przy zachowaniu jego dobrej sprężystości i odporności na uderzenia.

5. Przecinak (nr inw. 1339). Badania makroskopowe wykazały, że przecinak został odkuty z wielu zgrzanych ze sobą pasm stali o różnych zawartościach węgla (tabl. III, 1). Wydaje się, że twardsze zewnętrzne pasma o wyższej zawartości węgla zostały zniszczone przez korozję. Pasma niskowęglowe mają strukturę ferrytyczną z wydzieleniami cementytu kulkowego i wtrąceniami żużla (tabl. III, 3). Ich mikrotwardość wynosi 216 kG/mm^2 . Pasma o nieco wyższej zawartości węgla mają strukturę otrzymaną przez szybkie chłodzenie niskowęglowego austenitu (tabl. III, 5). Ich mikrotwardość wynosi 223 kG/mm^2 .

6. Przecinak (nr inw. 1390). Zdjęcie makroskopowe (tabl. III, 4) przedstawia przekrój poprzeczny fragmentu (łba) przecinaka. Przecinak został odkuty z miękkiego żelaza wykazującego nieznaczne jednostronne nawęglenie. Trzon przecinaka ma strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żużla (tabl. III, 6), o mikrotwardości 160 kG/mm^2 . Miejsca nawęglone mają drobnoziarnistą strukturę ferrytyczno-perlityczną (tabl. III, 2), o mikrotwardości 236 kG/mm^2 . Przecinak ten nie był ulepszany cieplnie.

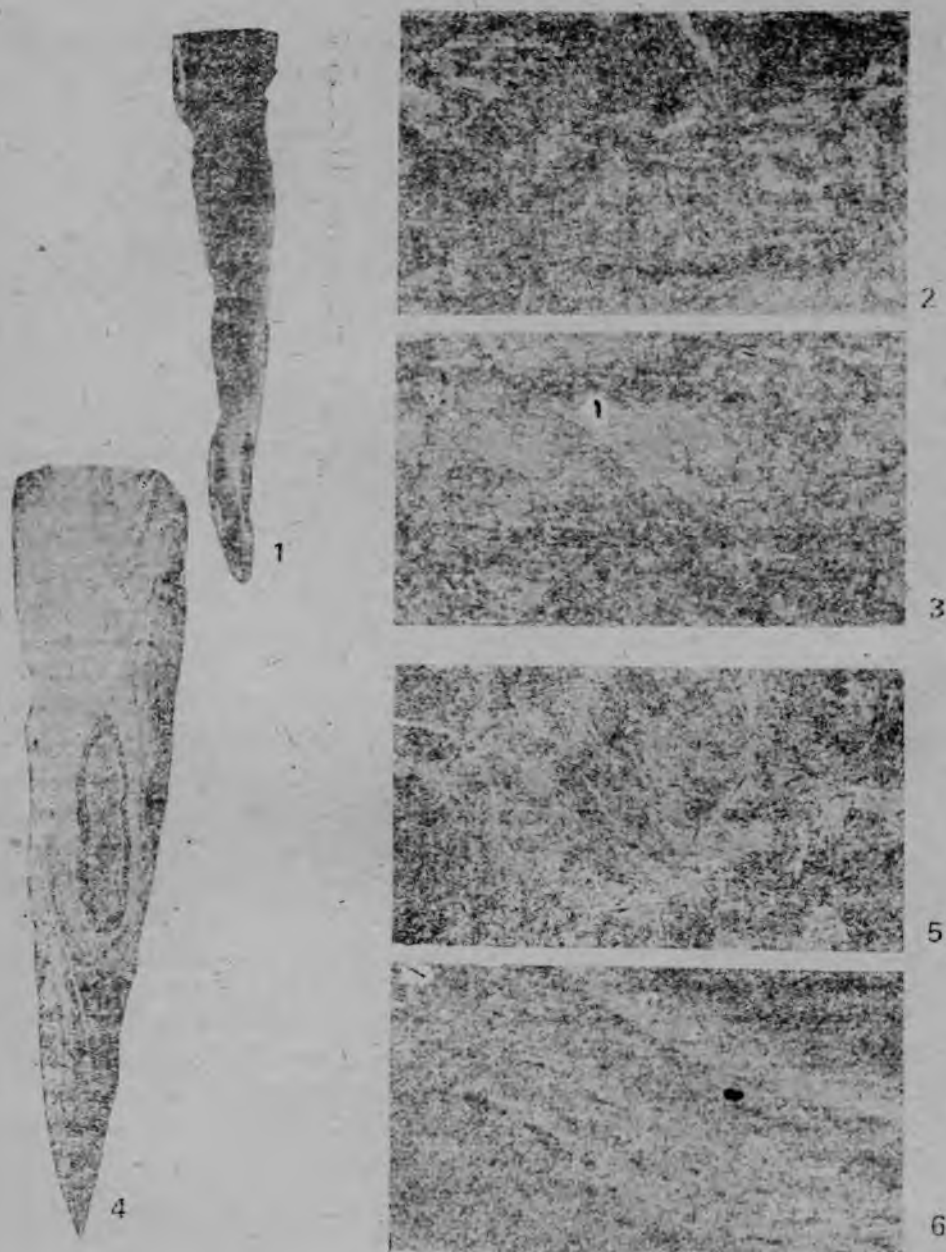
7. Przecinak (nr inw. 384). Obserwacje mikroskopowe przeprowadzone na przekroju wzdłużnym wykazują strukturę ferrytyczno-perlityczną o różnej wielkości ziarn perlitu (tabl. IV, 2 - 3) oraz z wtrąceniami żużla. Przedmiot odkuto ze stali średniowęglowej.

8. Tłoczek (nr inw. 1153). Makroskopowe badania wykazały, że tłoczek został odkuty z miękkiego żelaza, a następnie nieznacznie nawęglony (tabl. IV, 4). Ma on strukturę ferrytyczną z drobnymi ilościami sferoidalnego cementytu i niewielkimi wtrąceniami żużla (tabl. IV, 6). Mikrotwardość wynosi 193 kG/mm^2 . Warstwa nawęglona ma drobnoziarnistą strukturę ferrytyczną z niewielką ilością perlitu (tabl. IV, 5), o mikrotwardości 286 kG/mm^2 . Zawartość węgla w warstwie nawęglonej oceniana mikroskopowo wynosi około $0,2\%$. Tłoczek nie wykazuje śladów ulepszenia cieplnego.

9. Przecinak (nr inw. 117). Przecinak (tabl. V, 1) odkuto z miękkiego żelaza, a twardsze ostrze uzyskano stosując nawęglenie (tabl. V, 2). Korpus

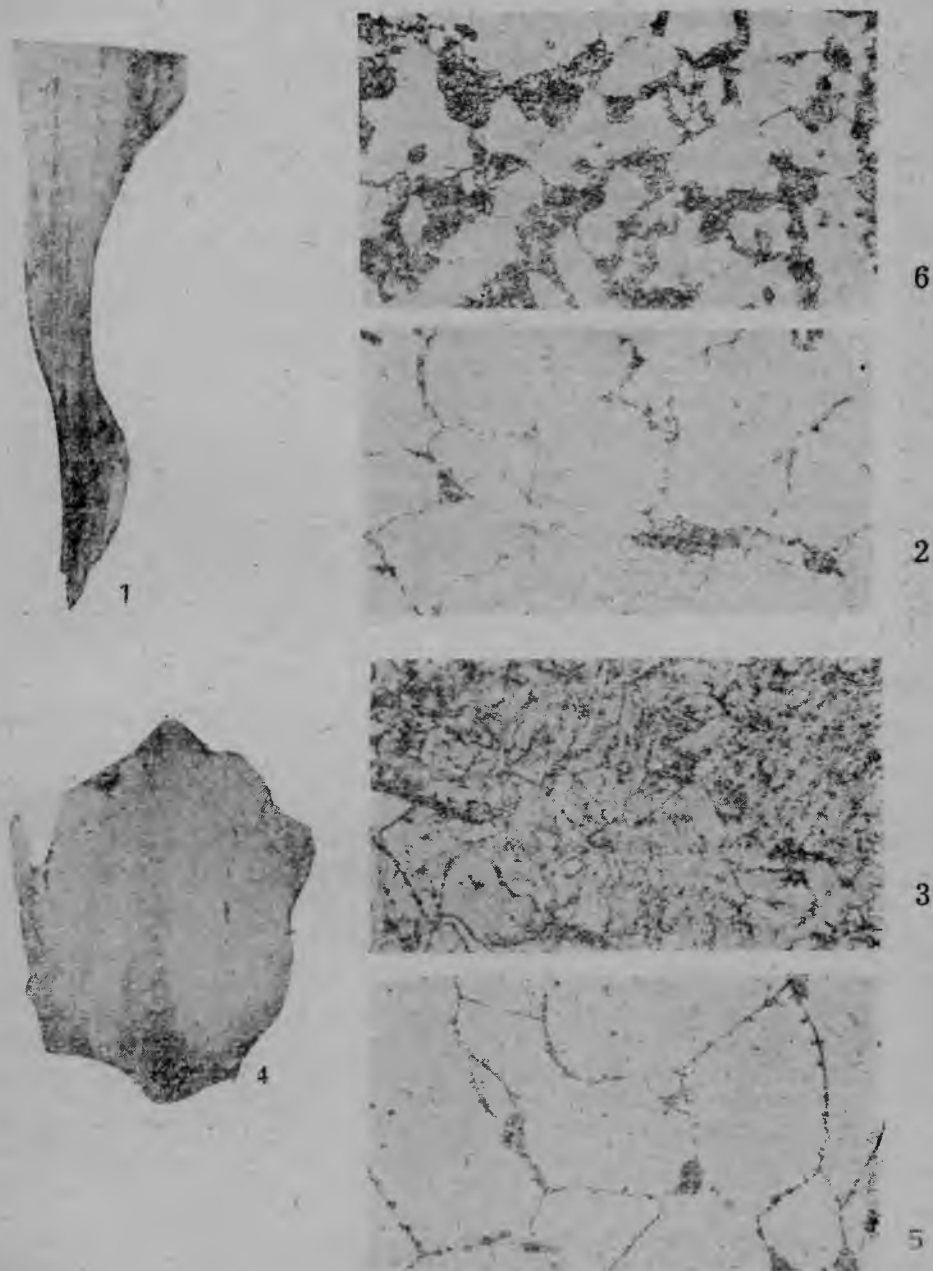
Tabl. I. 1 - 4 - próbka nr 1 (1 - przecinak nr inw. 83; 2 - schemat przecięcia próbki, $5\times$; 3 - strefa zgrzania, $50\times$; 4 - struktura bainityczna, $500\times$); 5 - 8 - próbka nr 2 (5 - przecinak nr inw. 93; 6 - schemat przecięcia próbki, $5\times$; 7 - struktura ferrytyczna ze śladami perlitu, $100\times$; 8 - struktura sorbityczna ostrza, $500\times$)

Tabl. I. 1 - 4 - échantillon N° 1 (1 - bédane, N° 83; 2 - schéma de la coupe de l'échantillon, $5\times$; 3 - endroit du traitement à chaud, $50\times$; 4 - structure bainistique, $500\times$); 5 - 8 échantillon N° 2 (5 - bédane N° 93; 6 - schéma de la coupe de l'échantillon, $5\times$; 7 - structure ferritique avec traces de perlite, $100\times$; 8 - structure sorbitique de la lame, $500\times$)



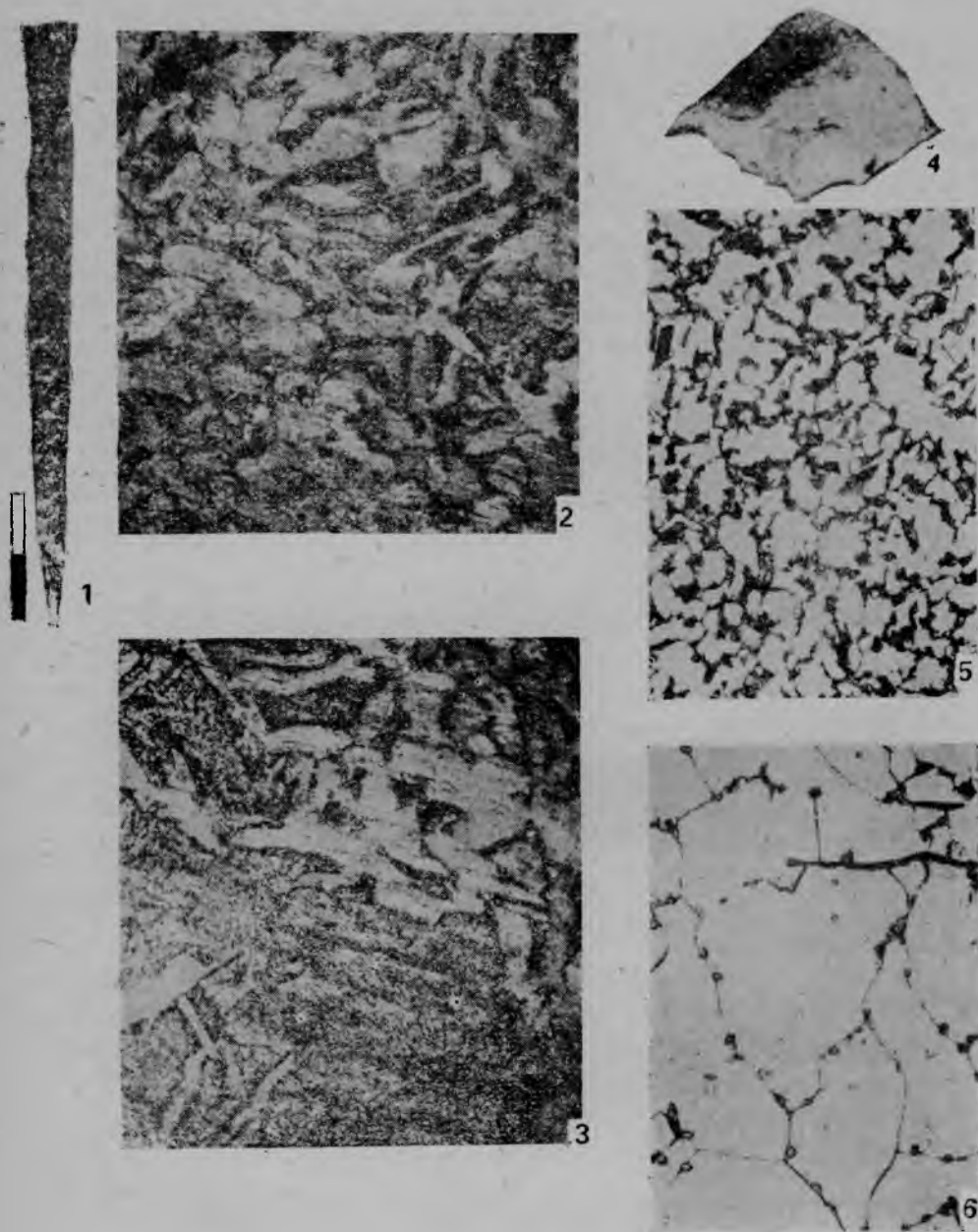
Tabl. II. 1 - 3 - próbka nr 4, przecinak nr inw. 122 (1 - schemat przecięcia próbki, 3×; 2 - 3 - struktura sorbityczna o różnej zawartości węgla, 500×); 4 - 6 - próbka nr 3, przecinak nr inw. 1152 (4 - schemat przecięcia próbki, 5×; 5 - struktura perlitu z niewielką ilością ferrytu, 500×; 6 - strefa zgrzania, 50×)

Tabl. II. 1 - 3 - échantillon N° 5, bédane N° 1339 (1 - schéma de la coupe de l'échantillon, 3×; 2 - 3 - structure sorbitique contenant diverses quantités de charbon, 500×); 4 - 6 - échantillon N° 3 - bédane N° 1152 (4 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 5 - structure du perlite avec une petite dose de ferrite, 500×; 6 - endroit du traitement à chaud, 50×)



Tabl. III. 1 - 3 - próbka nr 5, przecinak nr inv. 1339 (1 - schemat przecięcia próbki, 3 ×; 2 - struktura ferrytyczna 500 ×; 3 - struktura niskowęglowego austenitu, 500 ×); 4 - 6 - próbka nr 6; przecinak nr inv. 1390 (4 - schemat przecięcia próbki, 5 ×; 5 - struktura ferrytyczna z wtrąceniami żużla, 500 ×; 6 - strefa nawęglona o strukturze ferrytyczno-perlitycznej, 500 ×)

Tabl. III. 1 - 3 - échantillon N° 5 - bédane N° 1339 (1 - schéma de la coupe de l'échantillon, 3 ×; 2 - structure ferritique, 500 ×; 3 - structure d'austénite contenant peu de charbon, 500 ×); 4 - 6 - échantillon N° 6, bédane N° 1390 de l'Inv. (4 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5 ×; 5 - structure ferritique, striée de scories, 500 ×; 6 - zone de carburation à la structure ferro-perlitique, 500 ×)



Tabl. IV. 1 - 3 próbka nr 7 (1 - przebiegak nr inw. 384; 2 - 3 - struktura ferrytyczno-perlityczna o różnej wielkości ziaren perlitu, 500×); 4 - 6 - próbka nr 8, tłoczek nr inw. 1153 (4 - schemat przecięcia próbki, 5×; 5 - warstwa nawęglona, 500×; 6 - struktura ferrytyczna, 500×)

Tabl. IV. 1 - 3 échantillon N° 7 (1 - perceiro en fer, N° 384 (2 - 3 structure ferro-perlétique à grains de perlite de différente taille, 500×); 4 - 6 - échantillon N° 8, piston N° 1153 (4 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 5 - couche carburée, 500×; 6 - structure ferritique, 500×)

przecinaka ma strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żużla (tabl. V, 3). Bardzo słabo nawęglone ostrze ma strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu (tabl. V, 4), o mikrotwardości 134 kG/mm². Przecinak podlegał obróbce cieplnej po nawęgleniu.

10. Ciosła (nr inw. 120). Ciosła (tabl. VI, 1) została odkuta z wielu zgrzanych ze sobą warstw stali o różnej zawartości węgla (tabl. VI, 2). Strefę zgrzania przedstawiono na fot. (tabl. VI, 3). Twardsze warstwy ciosły mają strukturę ferrytyczną z niewielką ilością perlitu (tabl. VI, 4). Ziarno bardzo drobne. Wtrącenia żużla drobne, niezbyt liczne. Mikrotwardość tej warstwy wynosi 205 kG/mm². Ciosła nie była ulepszana cieplnie.

11. Ostrze narzędzia (nr inw. 164). Przedstawiony fragment (tabl. V, 5) odkuto z miękkiej stali o strukturze pasmowej, a twarde ostrze uzyskano przez zgrzanie niewielkiej bocznej nakładki stalowej (tabl. V, 6). Strefę zgrzania przedstawiono na fotografii (tabl. V, 7). Twardsza nakładka stalowa ma strukturę sorbityczną (tabl. V, 8) o mikrotwardości 254 kG/mm². Ostrze ulepszano cieplnie.

12. Kleszcze kowalskie (nr inw. 28). Kleszcze kowalskie zostały odkute z miękkiej niskowęglowej stali zgrzanej z 4 kawałków (tabl. VI, 5). Strefę zgrzania przedstawiono na fot. (tabl. VI, 6).

Zgrzane części posiadają strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu i wtrąceniami żużla (tabl. VI, 6).

13. Świder (nr inw. 429). W trakcie analizy stwierdzono, że jedno pióro i krawędź drugiego są nawęglone i obrabione o strukturze martenzytycznej (tabl. VII, 2). Na tablicy (VII, 3) widoczna jest strefa przejściowa do struktury nienawęglonej, ferrytycznej (tabl. VII, 4).

14. Świder (nr inw. 500). W wyniku analizy stwierdzono, że przedmiot odkuto z dwóch zgrzanych ze sobą warstw o zbliżonej zawartości węgla. Na tablicy (VIII, 2) przedstawiono bainityczną strukturę z wtrąceniami żużla, pokazano też strefę zgrzania (tabl. VIII 3 - 4). Na przekroju wzdłużnym części chwytowej zaobserwowano strukturę ferrytyczno-perlityczną (tabl. VIII, 5). Część pracującą świdra poddano obróbce cieplnej.

15. Krzesiwo (nr inw. 540). W środkowej części próbki stwierdzono strukturę martenzytyczną gruboiglastą z zachowaniem granic ziaren austenitu (tabl. IX, 2), natomiast przy krawędzi struktura martenzytu o drobniejszym ziarnie ze znacznymi wtrąceniami żużla (tabl. IX, 3). Przedmiot wykonano z jednego materiału i poddano wysokotemperaturowemu grzaniu i chłodzeniu.

16. Fragment sierpa (nr inw. 186). Sierp (tabl. IX, 4) odkuto z trzech zgrzanych ze sobą warstw miękkiego żelaza, a następnie nawęglono jego ostrze celem utwardzenia (tabl. IX, 5). Korpus sierpa ma strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żużla (tabl. IX, 6). Mikrotwardość korpusu sierpa



Tabl. V. 1 - 4 - próbka nr 9 (1 - przecinak nr inw. 117; 2 - schemat przekroju próbki, 5×; 3 - struktura ferrytyczna z wtrąceniami żużla, 100×; 4 - struktura ferrytyczna ze śladami perlitu warstwy nawęglonej, 500×); 5 - 8 - próbka nr 11 (5 - ostrze narzędzia nr inw. 164; 6 - schemat przecięcia próbki z widoczną boczną nakładką stalową 5×; 7 - strefa zgrzania, 100×; 8 - struktura sorbityczna nakładki stalowej, 500×)

Tabl. V. 1 - 4 - échantillon N° 9 (1 - bédane N° 117; 2 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 3 - structure ferritique striée de scories, 100×; 4 - structure ferritique avec traces de perlite de la couche carburée, 500×); 5 - 8 - échantillon N° 11 (5 - le tranchant de l'outil, N° 164; 6 - schéma de la coupe de l'échantillon avec la plaque d'acier latérale bien visible, 5×; 7 - zone du traitement à chaud, 100×; 8 - structure sorbitique de la plaque d'acier, 500×)

wynosi 136 kG/mm². Ostrze sierpa ma strukturę perlityczno-ferrytyczną z wtrąceniami żużła (tabl. IX, 7). Mikrotwardość ostrza wynosi 194 kG/mm². Nie zaobserwowano śladów ulepszenia cieplnego sierpa.

17. Fragment sierpa (nr inw. 587). Na powierzchniach bocznych części stanowiącej kąt ostry zaobserwowano nierówności wskazujące na zakucie nakładki w kształcie klina nałożonej skośnie od ostrza do grzbietu przedmiotu na wysokość około 40 mm. Szerokość nakładki przy krawędzi tnącej ostrza wynosi około 10 mm. Grubość zaś około 2,5 mm przy krawędzi ostrza. Obserwacje dokonane na przekroju wzdłużnym, wzdłuż krawędzi ostrza wykazały niejednorodność struktury zarówno warstwy zakutej jak i części pozostałej. Stwierdzono tu obszary wzbogacone i zubożone w węgiel (tabl. X, 2). Odwęglenie jest wyraźnie widoczne przy brzegu materiałów łączonych. Widoczne są również niejednorodności spowodowane likwidacją węgla oraz wtrąceniami żużła. Z ryciny (tabl. X, 2) widać, że nie nastąpiło całkowite zgrzanie nakładki z pozostałym materiałem. Strukturę perlityczno-ferrytyczną materiału wzbogaconego w węgiel przedstawiono na tabl. X, 3, natomiast ferrytyczną strukturę materiału zubożonego na tabl. X, 4.

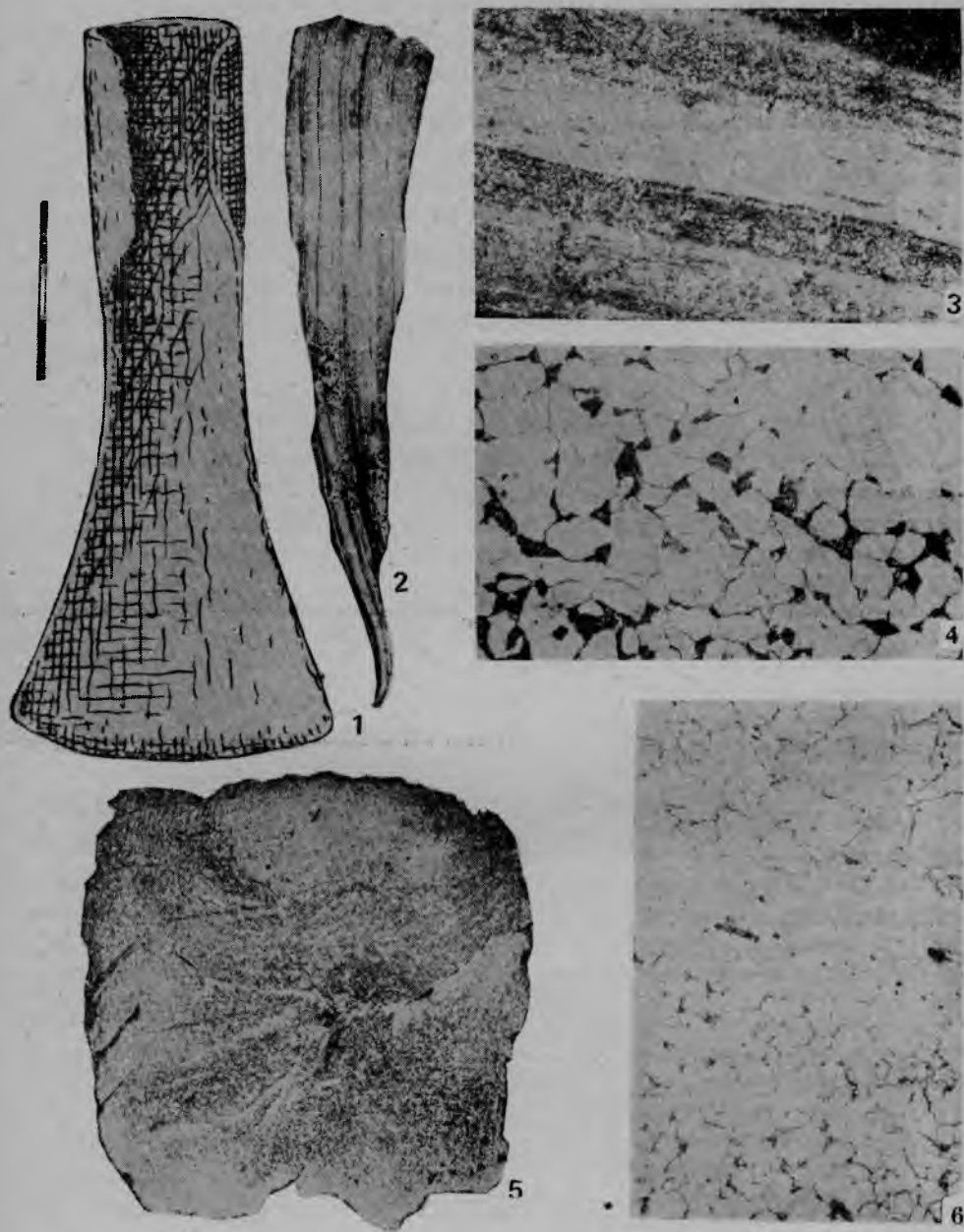
18. Sierp (nr inw. 869). Sierp ten został odkuty z 3 zgrzanych ze sobą kawałków stali o różnej zawartości węgla (tabl. XI, 1). Rdzeń ma nieco wyższą zawartość węgla, a dwie warstwy boczne — niższą. Całość po odkuciu ulepszono cieplnie. Warstwy boczne mają strukturę sorbityczną o mikrotwardości 395 kG/mm² i wtrąceniami żużła (tabl. XI, 2), a rdzeń strukturę sorbityczną (tabl. XI, 3), o mikrotwardości 447 kG/mm².

19. Sierp (nr inw. 945). Badany sierp odkuto również z kilku zgrzanych ze sobą kawałków stali o różnych zawartościach węgla (tabl. XI, 4). Niektóre fragmenty mają strukturę ferrytyczną z licznymi, dużymi wtrąceniami żużła (tabl. XI, 5). Rdzeń ma strukturę niskowęglowego sorbitu i ferrytu (tabl. XI, 6), o mikrotwardości 199 kG/mm², a niektóre fragmenty powierzchni — strukturę sorbityczną o mikrotwardości 210 kG/mm² (tabl. XI, 7). Sierp ten był ulepszany cieplnie.

20. Sierp (nr inw. 997). Sierp ten został odkuty z niskowęglowej stali o strukturze ferrytycznej ze śladami perlitu i wtrąceniami żużła. Nie wykazuje on śladów nawęglania ani ulepszenia cieplnego.

21. Sierp (nr inw. 1201). Również i ten sierp uległ znacznemu zniszczeniu przez korozję, ale został odkuty z miękkiego żelaza, a następnie nierównomiernie nawęglony (tabl. XII, 1). Struktura sierpa jest również nierównomierna i składa się miejscami z ferrytu i z drobnego perlitu (tabl. XII, 2), a miejscami z sorbitu (tabl. XII, 3). Mikrotwardość sierpa wynosi 236 - 277 kG/mm². Był on ulepszany cieplnie, co dało w efekcie niewielki wzrost jego twardości i poprawę własności tnących ostrza.

22. Sierp (nr inw. 1241). Badany fragment został odkuty ze stali o zróżnicowanej budowie pasmowej (tabl. XII, 4). Poszczególne pasma różnią się

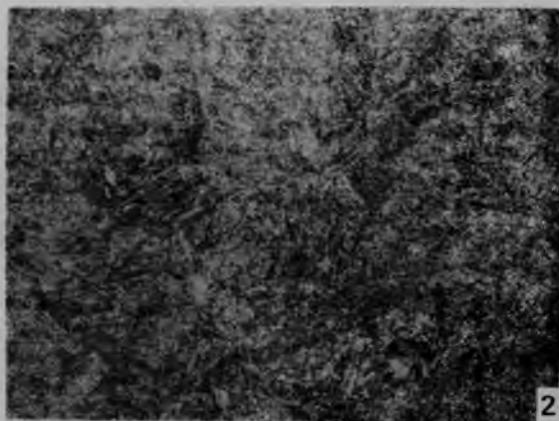


Tabl. VI. 1 - 4 - próbka nr 10 (1 - ciosła nr inw. 120; 2 - schemat przekroju próbki, 5×; 3 - strefa zgrzania, 50×; 4 - struktura ferrytyczna ze śladami perlitu warstw twardszych, 500×); 5 - 6 - próbka nr 12, kleszcze kowalskie nr inw. 28 (5 - schemat przecięcia próbki, 10×; 6 - strefa zgrzania, 200×)

Tabl. VI. 1 - 4 - échantillon N° 10 (1 - asseau N° 120; 2 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 3 - zone du traitement à chaud, 50×; 4 - structure avec traces de perlite des couches plus dures, 500×); 5 - 6 - échantillon N° 12, tenailles de forge, N° 28 (5 - schéma de la coupe de l'échantillon, 10×; 6 - zone du traitement à chaud, 200×)



1



2



3



4

Tabl. VII. 1 - 4 - próbka nr 13 (1 - świder nr inw. 429; 2 - warstwa obrabiana cieplnie, 500 ×; 3 - strefa przejściowa, 500 ×; 4 - materiał nie nawęglony, 500 ×)

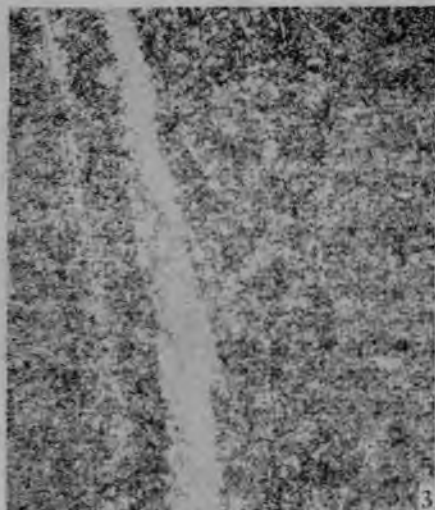
Tabl. VII. 1 - 4 - échantillon N° 13 (1 - foret, N° 429; 2 - couche travaillée à chaud, 500 ×; 3 - zone de transition, 500 ×; 4 - matériel non carburé, 500 ×)



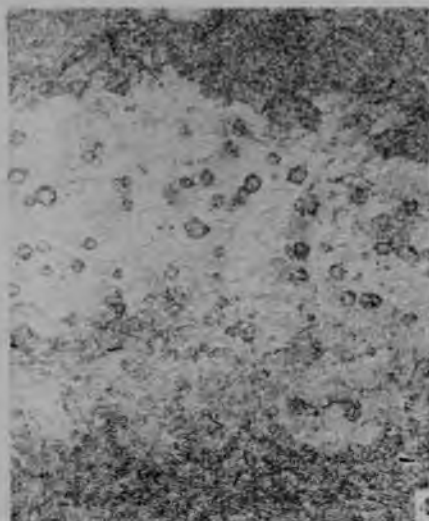
1



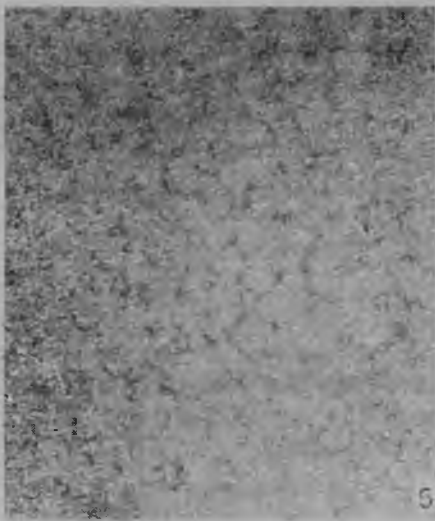
2



3



4



5

Tabl. VIII. 1 - 5 - próbka nr 14 (1 - swider nr inw. 500; 2 - struktura bainityczna, 500×; 3 - strefa zgrzania, 100×; 4 - strefa zgrzania 500×; 5 - struktura ferrytyczno-perlityczna, 500×)

Tabl. VIII. 1 - 5 - échantillon N° 14 (1 - foret N° 500; 2 - structure bainitique, 500×; 3 - zone du traitement à chaud, 100×; 4 - zone du traitement à chaud, 500×; 5 - structure ferro-perlitique, 500×)

zawartością węgla i strukturą (tabl. XII, 5), od struktury ferrytycznej o mikrotwardości 152 kG/mm² do struktury ferrytyczno-perlitycznej o mikrotwardości 216 kG/mm² (tabl. XII, 6). Nie znaleziono śladów ulepszenia cieplnego badanego sierpa, ale własności tnące jego ostrza były zadowolające przy tej mikrotwardości (216 kG/mm²).

23. Sierp (nr inw. 1347). Makroskopowo stwierdzono, że badany fragment sierpa został odkuty z dwóch zgrzanych ze sobą pasm: miękkiego żelaza i stali o wyższej zawartości węgla i o strukturze pasmowej (tabl. XIII, 1). Pasma żelazne ma strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żużla (tabl. XIII, 2) i mikrotwardość 170 kG/mm². Strefę zgrzania przedstawiono na rycinie (tabl. XIII, 3). Pasma stalowe ma drobnoziarnistą strukturę ferrytyczną z niewielką ilością perlitu i mikrotwardość 200 kG/mm². Nie stwierdzono śladów ulepszenia cieplnego badanego sierpa.

24. Koser (nr inw. 21). Koser odkuto z wielowarstwowej stali, składającej się na przemian z warstw miękkiego żelaza i twardszej stali (tabl. XIII, 5). Warstwy miękkiego żelaza mają strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żużla, a warstwy twardsze strukturę bainityczną z wtrąceniami żużla (tabl. XIII, 6 - 7). Mikrotwardość warstw twardszych dochodzi do 446 kG/mm². Badany koser podlegał obróbce cieplnej.

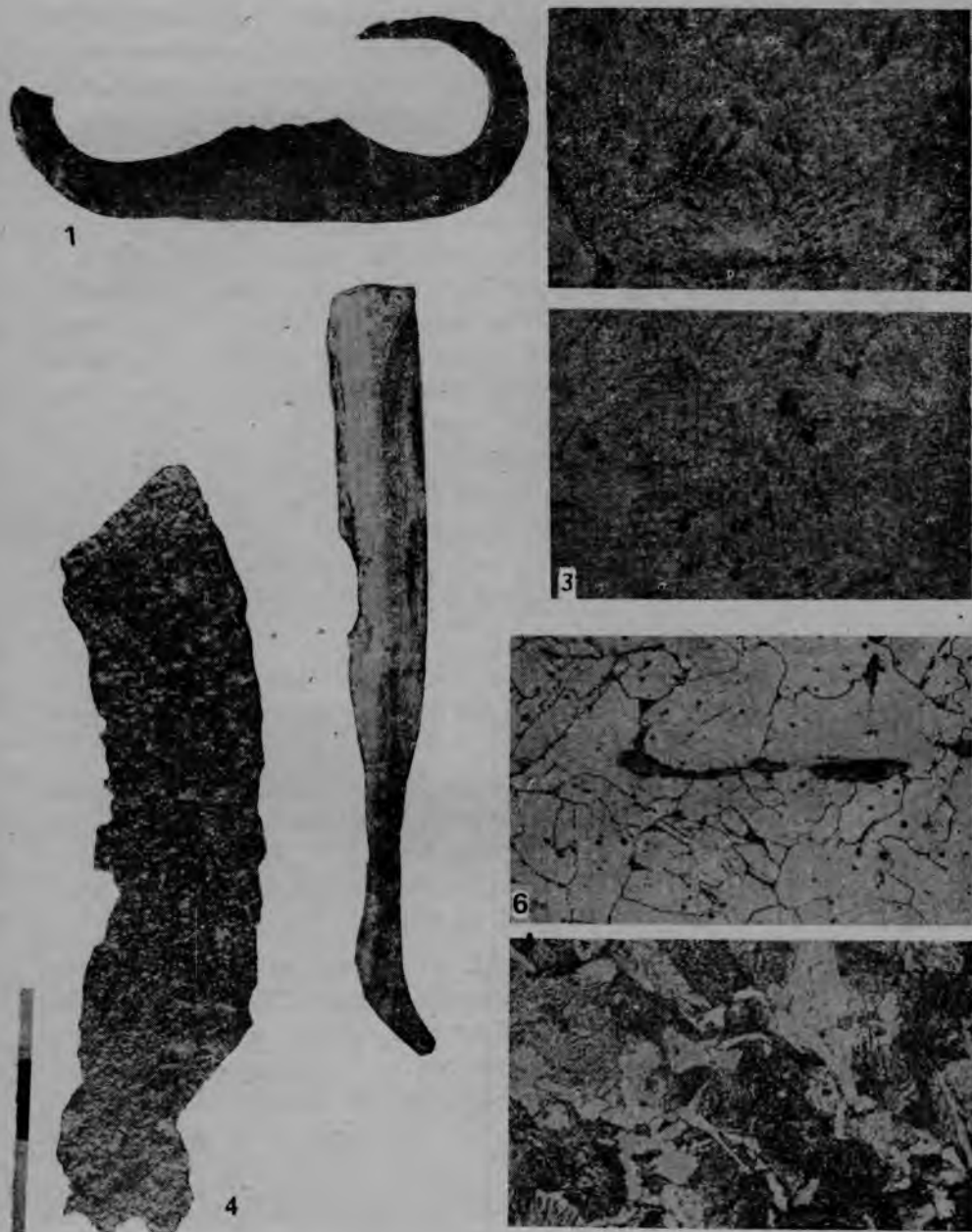
25. Koser (nr inw. 43). Koser został odkuty z miękkiego żelaza o strukturze ferrytycznej z wtrąceniami żużla. Nie zaobserwowano śladów utwardzania ani obróbki cieplnej.

26. Koser (nr inw. 135). Badany koser (tabl. XIV, 1) odkuto z niskowęglowej stali o pasmowej strukturze zgrzanej z miękkim żelazem (tabl. XIV, 2). Strefę zgrzania przedstawiono na rycinie (tabl. XIV, 3). Warstwa stalowa ma strukturę ferrytyczno-perlityczną o mikrotwardości 238 kG/mm² (tabl. XIV, 4). Koser ten nie podlegał obróbce cieplnej.

27. Koser (nr inw. 561). Koser (tabl. XV, 1) odkuto na gorąco ze stali średniowęglowej o strukturze ferrytyczno-perlitycznej. W środkowej części próbki widoczna jest warstwa o zwiększonej zawartości węgla i większym ziarnie perlitu. Brzegi próbki mają ziarno rozdrobnione i zubożone w węgiel (tabl. XV, 2). Strukturę środkowej próbki przedstawiono na tablicy (XV, 3), tak samo strukturę przybrzeżną (tabl. XV, 4), gdzie widoczne są również wtrącenia żużla.

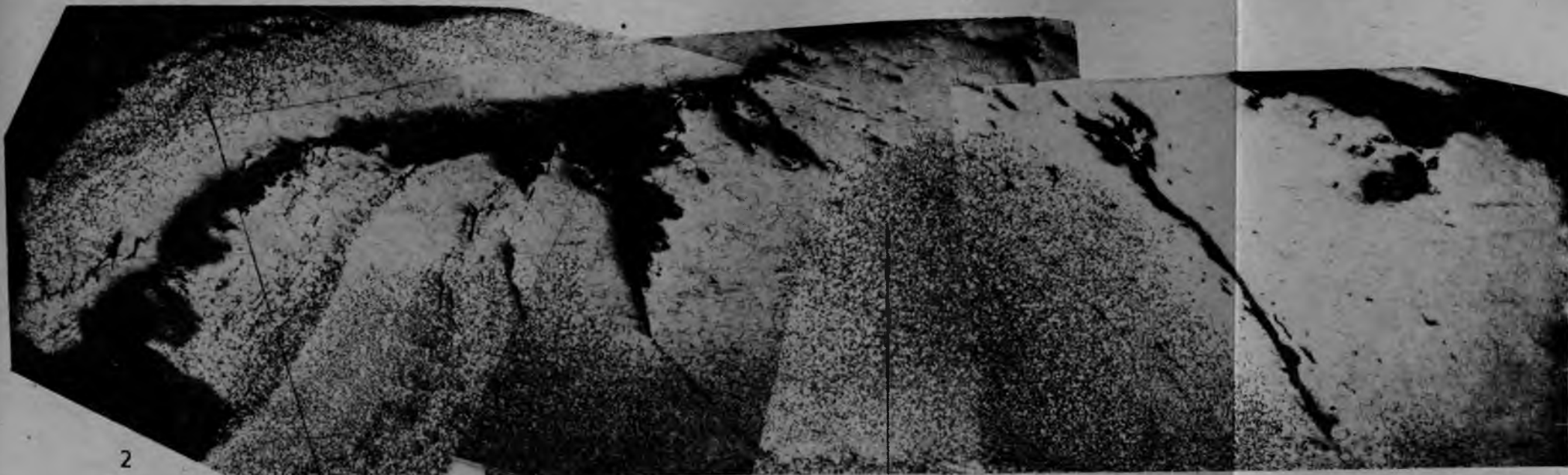
28. Koser (nr inw. 889). Badany koser odkuto z trzech zgrzanych ze sobą kawałków niskowęglowej stali (tabl. XV, 5). Strefę zgrzania pokazano przykładowo (tabl. XV, 6). Obydwa zgrzane kawałki stali mają strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu i wtrąceniami żużla.

29. Półkosek (nr inw. 989) został odkuty z wielu zgrzanych ze sobą na przemian twardszych i bardziej miękkich kawałków stali (tabl. XIV, 5). Strukturę poszczególnych warstw złożoną z drobnego perlitu i różnych zawartości ferrytu oraz wtrąceń żużla przedstawia tablica (XIV, 6 - 7). Ich



Tabl. IX. 1 - 3 - próbka nr 15 (1 - krzesiwo nr inw. 540; 2 - struktura gruboiglastego martenzytu z ziarnami austenitu w części środkowej, 500×; 3 - struktura martenzytu z wtrąceniami żużla w części przybrzeżnej, 500×); 4 - 7 - próbka nr 16 (4 - faucille, N° 186; 5 - schemat przecięcia próbki, 5×; 6 - struktura ferrytyczna z wtrąceniami żużla, 200×; 7 - struktura perlityczno-ferrytyczna z wtrąceniami żużla, 200×)

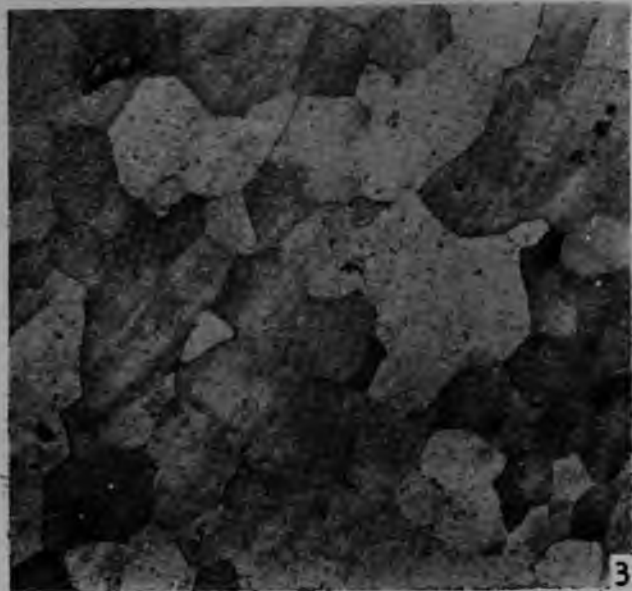
Tabl. IX. 1 - 3 - échantillon N° 15 (1 - briquet, N° 540; 2 - structure de martensite aciculaire avec des grains d'austénite dans la partie centrale, 500×; 3 - structure de martensite strié de scories près du bord, 500×); 4 - 7 - échantillon N° 16 (4 - faucille, N° 186; 5 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 6 - structure ferritique striée de scories, 200×; 7 - structure ferro-perlitique striée de scories, 200×)



2



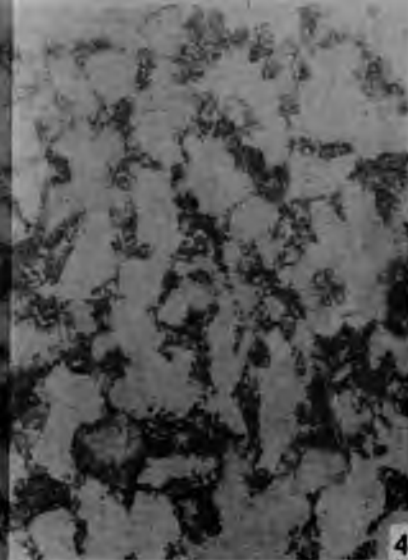
1



3



4



Tabl. X. 1-4 — próbka nr 17 (1 — sierp inw. 521; 2 — przekrój wzdłużny próbki, w lewym górnym rogu widoczna nakładka, 40× 3 — warstwa wzbogacona o węgiel 500×; 4 — warstwa zubożona o węgiel, 500×)

Tabl. X. 1-4 échantillon No 17 (1 — faucille No 521; 2 — coupe longitudinale de l'échantillon, plaque visible à l'angle gauche, en haut, 40×; 3 — couche additionnée de charbon, 500×; 4 — couche dans laquelle on a réduit le charbon 500×)

mikrotwardość waha się od $193 + 247$ kG/mm². Półkosek nie był ulepszany cieplnie.

30. Fragment radlicy (nr inw. 331). Fragment ten odkuto z dwóch zgrzanych ze sobą kawałków żelaza. Posiadają one strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żużla, a różnią się od siebie wielkością ziarna oraz tym, że część drobnoziarnista wykazuje likwację fosforu. Mikrotwardość fragmentu wynosi 228 kG/mm².

31. Radlica (nr inw. 1065). Radlicę odkuto z miękkiego żelaza, a następnie nawęglono jej ostrze (tabl. XVI, 1). Korpus radlicy ma strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu (tabl. XVI, 2) z mikrotwardością 121 kG/mm². Warstwa nawęglona ma początkowo strukturę złożoną z drobnego perlitu i z niewielkich pól ferrytu (tabl. XVI, 3) z mikrotwardością 317 kG/mm². Następnie przechodzi ona w strukturę sorbityczną z niewielkimi polami drobnego perlitu i ferrytu (tabl. XVI, 4), aby w ostrzu radlicy dojść do struktury sorbitycznej (tabl. XVI, 5) o mikrotwardości 367 kG/mm². Radlica ta była ulepszana cieplnie po nawęglaniu.

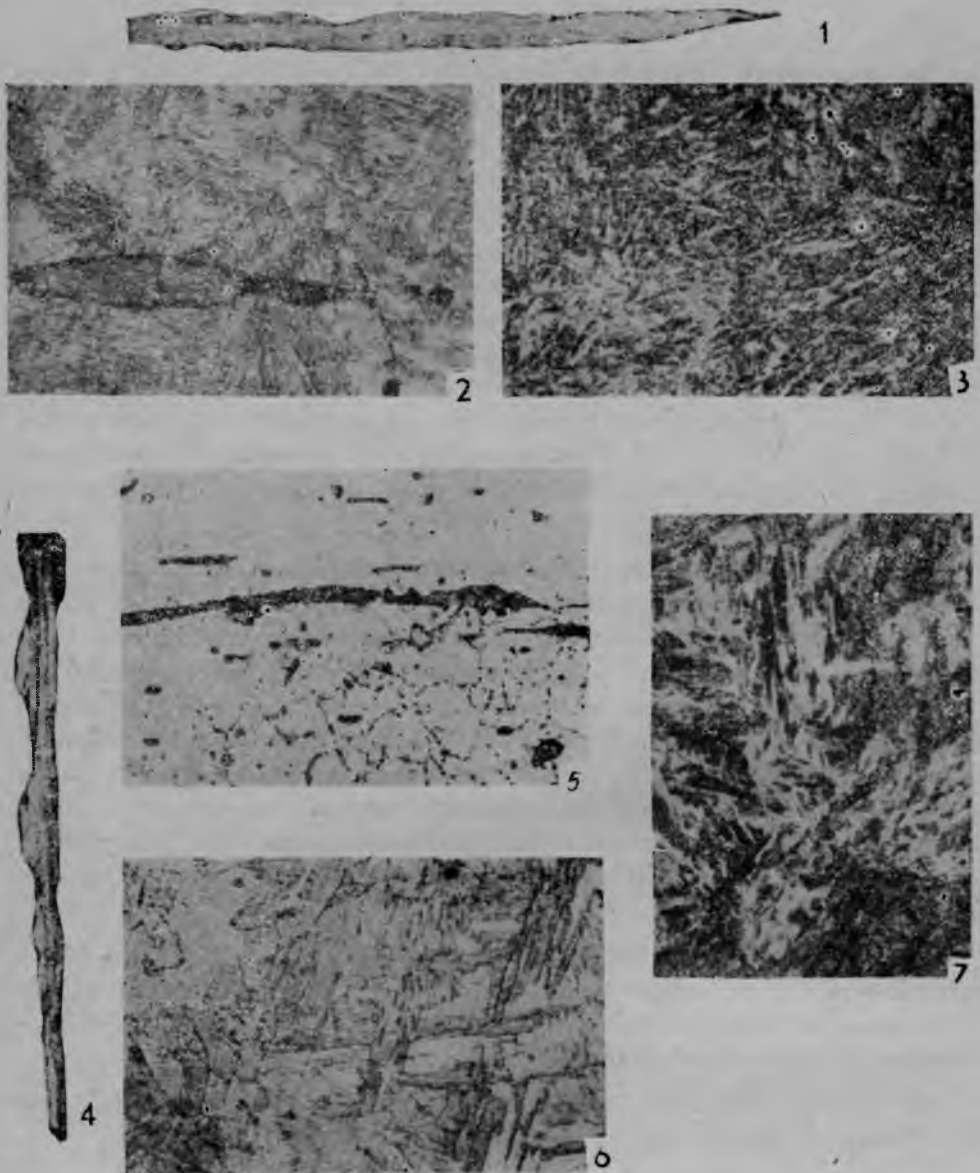
32. Motyka (nr inw. 1231). Motyka ta została odkuta ze stali o strukturze pasmowej, a następnie jednostronnie nawęglona (tabl. XVII, 1). Pasma niskowęglowe mają strukturę ferrytyczną z drobnymi wtrąceniami żużla (tabl. XVII, 2), o mikrotwardości 140 kG/mm². Pasma o nieco wyższej zawartości węgla mają widmanstättenowską strukturę niżejwęglowego perlitu (quassieutektoidu) i ferrytu (tabl. XVII, 3) o mikrotwardości 146 kG/mm². Nawęglona strefa motyki ma strukturę drobnego perlitu z niewielką ilością ferrytu (tabl. XVII, 4). Jej mikrotwardość wynosi 487 kG/mm². Dostyć intensywne nawęglanie i nieco szybsze studzenie ostrza dało podwyższoną twardość i dobre własności tnące motyki. Nie była ona ulepszana cieplnie po nawęglaniu.

33. Motyka (nr inw. 1257). Badaną motykę odkuto z miękkiego żelaza z bardzo dużym wtrąceniem żużla (tabl. XVII, 6). Struktura motyki składa się z drobnych ziaren ferrytu z wtrąceniami żużla (tabl. XVII, 7). Mikrotwardość motyki wynosi 140 kG/mm².

34. Styk (nr inw. 868). Został on odkuty z miękkiego żelaza o strukturze ferrytycznej ze śladami perlitu i wtrąceniami żużla.

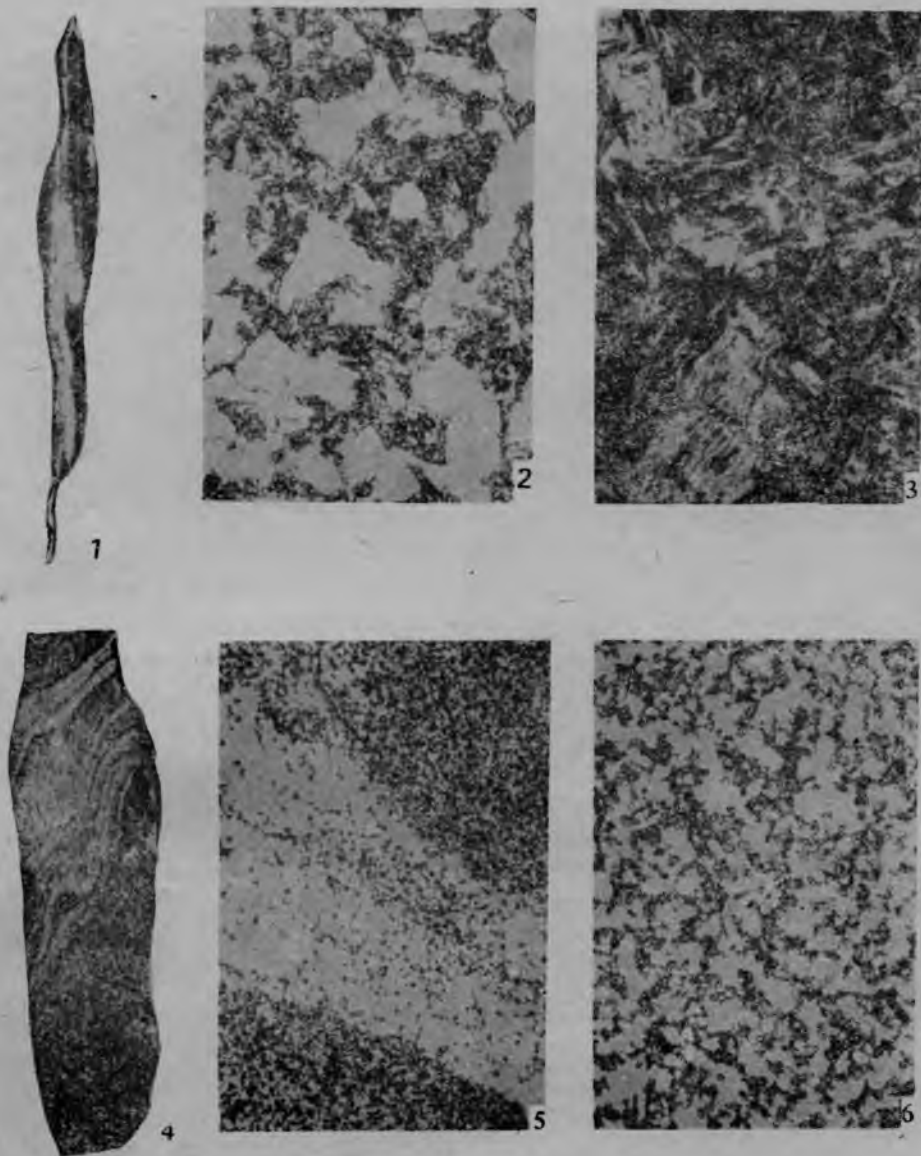
35. Styk (nr inw. 1149). Makroskopowo stwierdzono, że styk został odkuty z miękkiego żelaza z drobnymi wtrąceniami żużla i jednostronnie nawęglony (tabl. XVIII, 1). Struktura przeważającej części styku składa się z drobnych ziaren ferrytu z drobnymi wtrąceniami żużla (tabl. XVIII, 2) o mikrotwardości 161 kG/mm². Nawęglony fragment posiada strukturę perlityczną ze śladami ferrytu i wtrąceniami żużla (tabl. XVIII, 3). Mikrotwardość w tym obszarze wynosi 286 kG/mm².

36. Styk (nr inw. 1245). Makroskopowo stwierdzono, że styk został odkuty z trzech zgrzanych ze sobą kawałków stali (tabl. XVIII, 4). Jedna z zew-



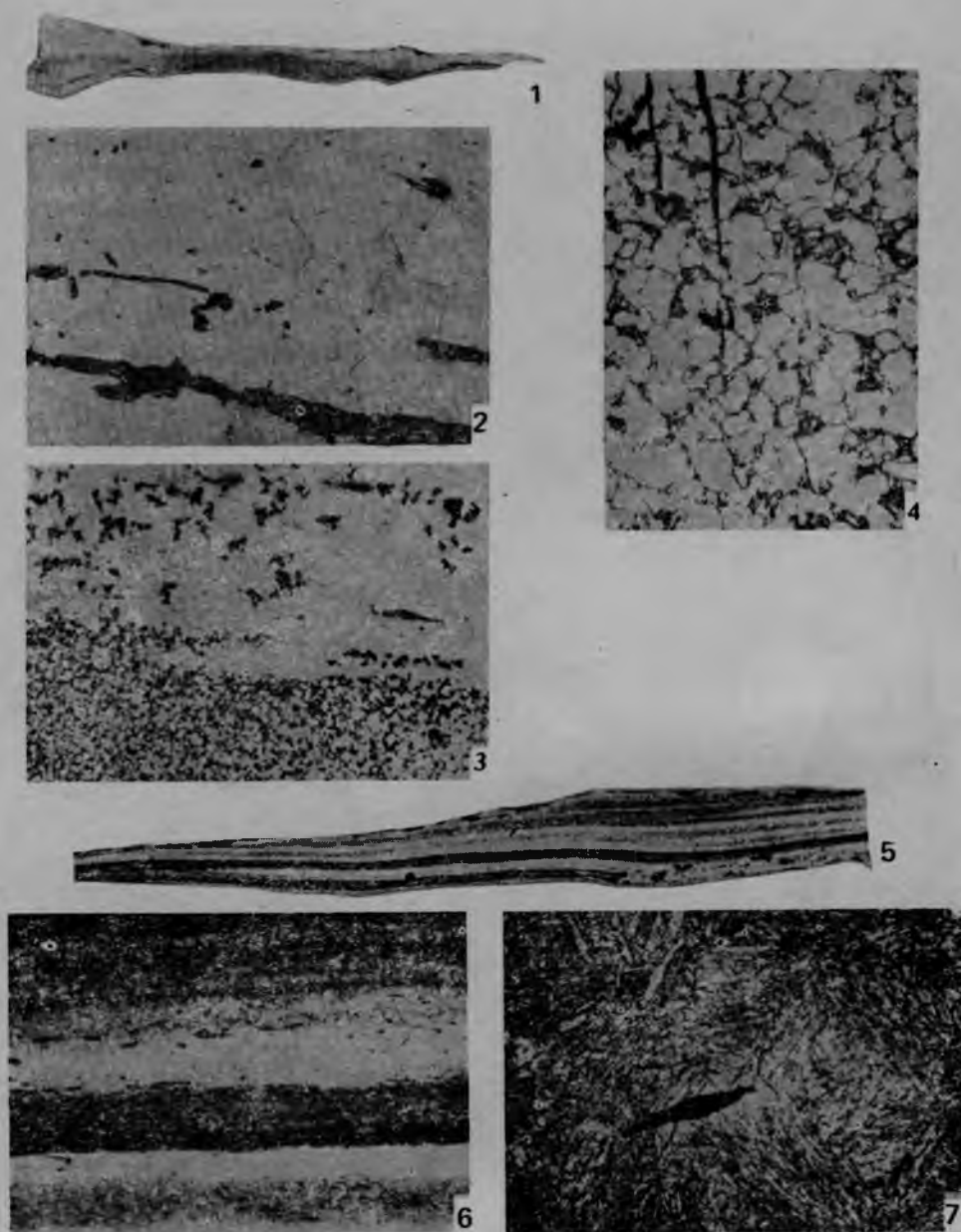
Tabl. XI. 1 - 3 - próbka nr 18 - sierp nr inw. 869 (1 - schemat przecięcia próbki, 5×; 2 - struktura sorbityczna warstw bocznych, 500×; 3 - struktura sorbityczna rdzenia, 500×); 4 - 7 - próbka nr 19 - sierp nr inw. 945 (4 - schemat przecięcia próbki, 5×, 5 - struktura ferrytyczna z wtrąceniami żużla, 200×; 6 - struktura rdzenia, 500×; 7 - struktura sorbityczna, 500×)

Tabl. XI. 1 - 3 - échantillon N° 18 - faucille N° 869 (1 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 2 - structure sorbitique du noyau, 500×); 4 - 7 - échantillon N° 19 - faucille N° 945, (4 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 5 - structure ferritique striée de scories, 200×; 6 - structure du noyau, 500×; 7 - structure sorbitique, 500×)



Tabl. XII. 1 - 3 - próbka nr 21 - sierp nr inw. 1201 (1 - schemat przekroju próbki, 5×; 2 - struktura ferrytyczna, 500×; 3 - struktura sorbityczna, 500×); 4 - 6 - próbka nr 22 - sierp nr inw. 1241 (4 - schemat przekroju próbki, 5×; 5 - struktura pasmowa, 50×; 6 - struktura ferrytyczno-perlityczna, 500×)

Tabl. XII. 1 - 3 - échantillon N° 21 - faucille N° 1201 (1 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 2 - structure ferritique, 500×; 3 - structure sorbitique, 500×); 4 - 6 - échantillon N° 22 - faucille N° 1241 (4 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 5 - structure d'écheveau, 50×; 6 - structure ferro-perlitique, 500×)



Tabl. XIII. 1 - 4 - próbka nr 23 - sierp nr inw. 1347 (1 - schemat przekroju próbki, 3×; 2 - struktura ferrytyczna warstwy żelaznej, 200×; 3 - strefa zgrzania, 100×; 4 - struktura ferrytyczna warstwy stalowej, 500×) 5 - 7 - próbka nr 24 - koser nr inw. 21 (5 - schemat przekroju próbki, 10×; 6 - układ warstw żelaza i stali 100×; 7 - struktura bainityczna, 500×)

Tabl. XIII. 1 - 4 - échantillon N° 23 - faucille N° 1347 (1 - schéma de la coupe de l'échantillon, 3×; 2 - structure ferritique de la couche de fer, 200×; 3 - zone du traitement à chaud, 100×; 4 - structure ferritique de la couche d'acier, 500×); 5 - 7 - échantillon N° 24 - serp N° 21 (5 - schéma de la coupe de l'échantillon, 10×; 6 - disposition des couches de fer et d'acier, 100×; 7 - structure bainitique, 500×)

nętrznych okładek posiada podwyższoną zawartość węgla. Pasma niskowęglowe posiadają strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu i wtrąceniami żuźla (tabl. XVIII, 5). Ich mikrotwardość wynosi 174 kG/mm². Pasma o wyższej zawartości węgla posiada strukturę perlityczną z niewielką ilością ferrytu (tabl. XVIII, 6), o mikrotwardości 252 kG/mm². Zawartość węgla w tym paśmie, oceniana mikroskopowo, wynosi około 0,7%. Styk nie był ulepszany cieplnie.

37. Styk (nr inw. 193). Styk odkuto ze zgrzanych ze sobą kawałków stali o strukturze pasmowej. Ma on strukturę perlityczno-ferrytyczną z wtrąceniami żuźla. Jego mikrotwardość wynosi 266 kG/mm². Styk nie był ulepszany cieplnie.

38. Styk (nr inw. 987). Przedmiot został odkuty z miękkiego żelaza wykazującego ślady bardzo słabego, raczej przypadkowego nawęglenia. Cały przedmiot ma strukturę ferrytyczną z licznymi wtrąceniami żuźla, a nawęglony fragment — strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu.

39. Styk (nr inw. 1005). Został odkuty z dwóch zgrzanych ze sobą kawałków żelaza o różnym stopniu czystości. Jeden kawałek ma strukturę ferrytyczną z licznymi dużymi wtrąceniami żuźla, a drugi — strukturę ferrytyczną z drobnymi nielicznymi wtrąceniami żuźla. W obydwu badanych stykach nie znaleziono śladów ulepszenia cieplnego.

40. Okucie łopaty (nr inw. 165). Okucie łopaty zostało odkute z miękkiego żelaza o strukturze ferrytycznej z wtrąceniami żuźla. Ziarno drobne. Mikrotwardość okucia wynosi 118 kG/mm².

41. Nóż (nr inw. 11). Jak wykazały badania makroskopowe, nóż został odkuty z dwóch zgrzanych ze sobą warstw: miękkiej żelaznej, o strukturze ferrytycznej z wtrąceniami żuźla i twardszej stalowej o strukturze pasmowej. Warstwa stalowa ma strukturę perlityczną z wtrąceniami żuźla. Jej mikrotwardość wynosi 266 kG/mm².

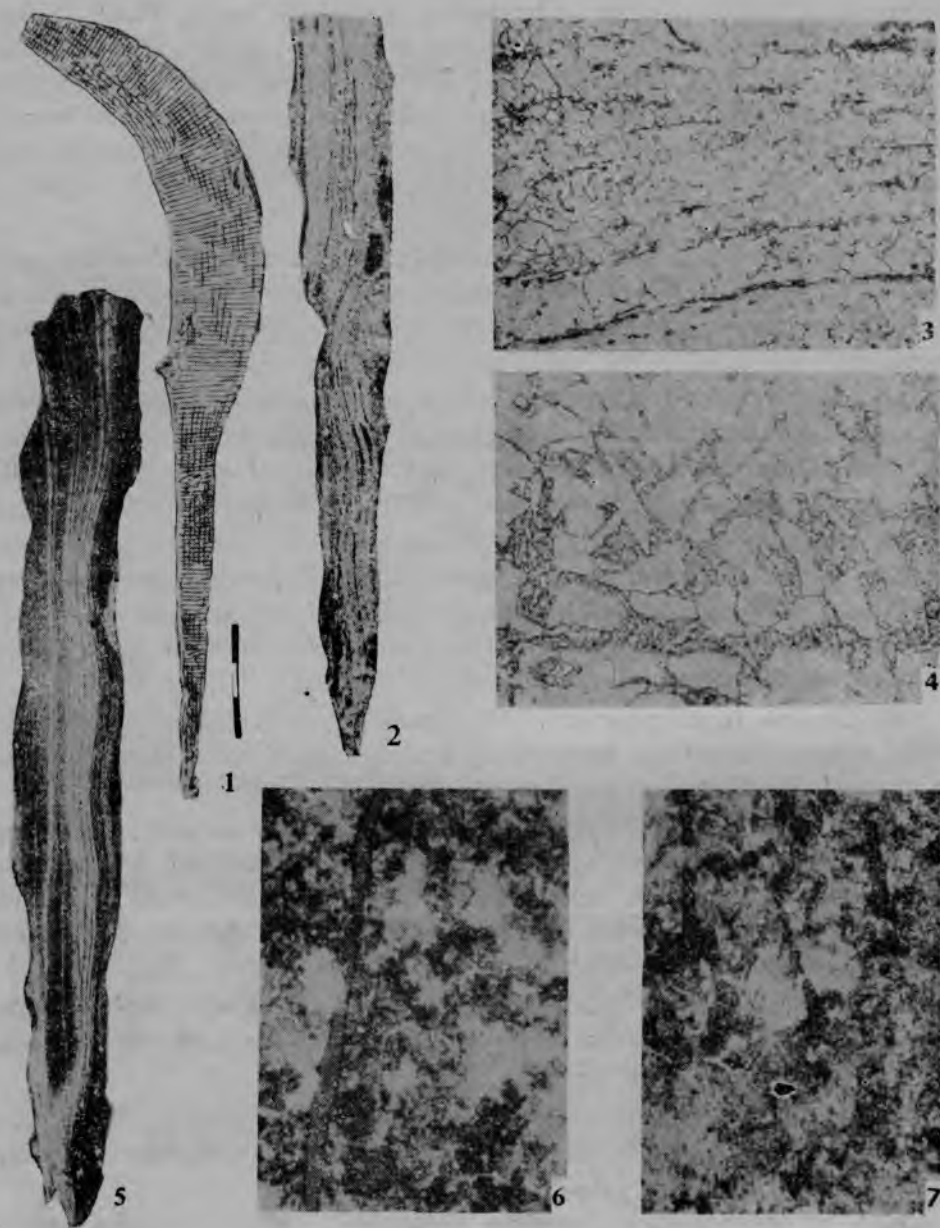
42. Nóż (nr inw. 26). Badany nóż został odkuty z wielu zgrzanych ze sobą warstw stali o strukturze ferrytyczno-perlitycznej z wtrąceniami żuźla, o mikrotwardości 202 kG/mm².

43. Nóż (nr inw. 33). Również i ten nóż (tabl. XIX, 1) ma budowę wielowarstwową (tabl. XIX, 2), składającą się na przemian z warstw miękkiego żelaza o strukturze ferrytycznej i z twardszej stali (tabl. XIX, 3).

Warstwy stalowe mają strukturę sorbityczną (tabl. XIX, 4) o mikrotwardości 519 kG/mm². Badany nóż podlegał ulepszeniu cieplnemu, uzyskując znaczną twardość i doskonale własności tnące ostrza.

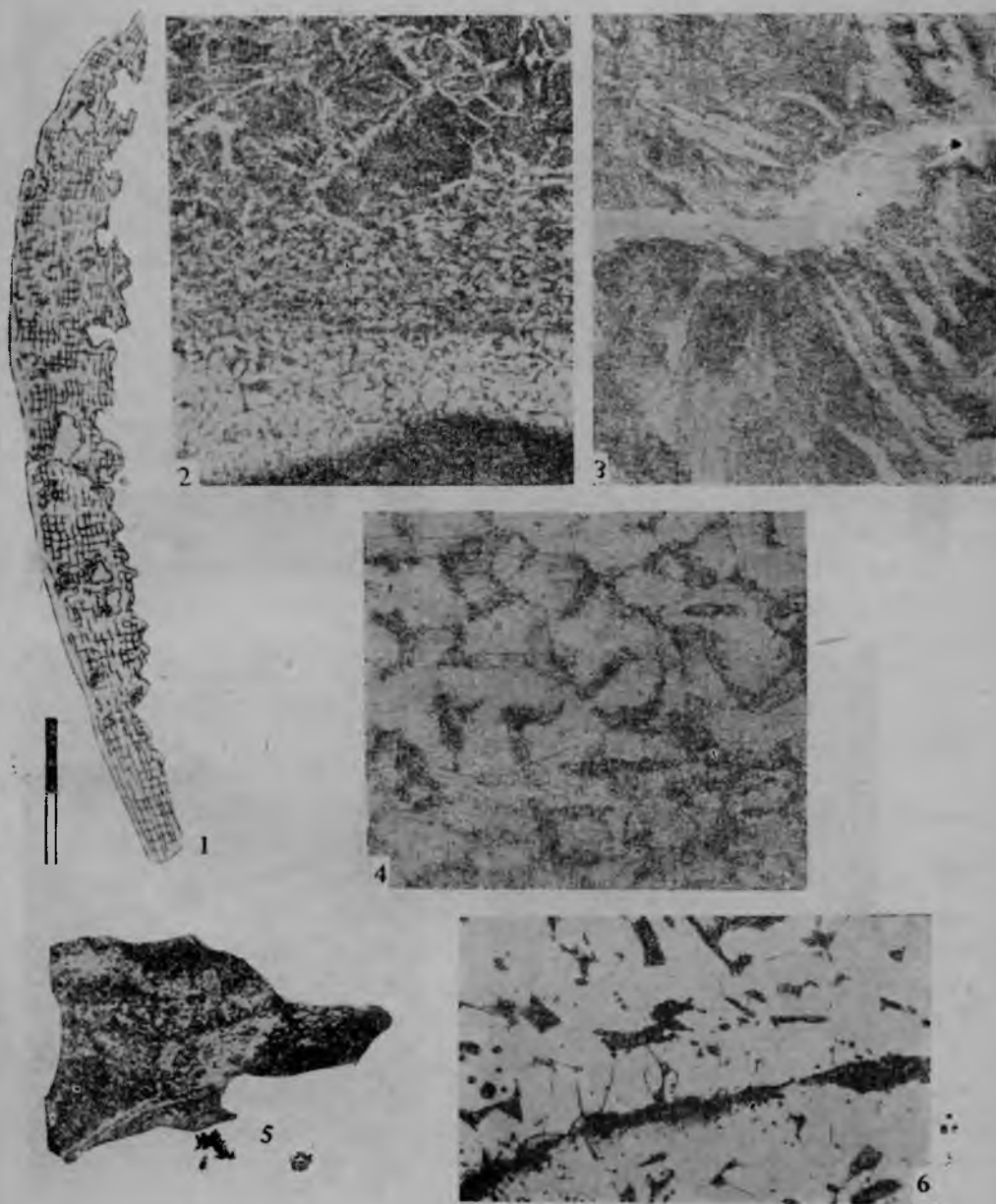
44. Nóż (nr inw. 35). Badany nóż został odkuty z jednego kawałka miękkiej niskowęglowej stali o strukturze ferrytycznej z niewielką ilością perlitu i wtrąceniami żuźla. Nóż ten nie był ulepszany cieplnie.

45. Nóż (nr inw. 44). Badania makroskopowe wykazały, że nóż (tabl. XIX, 5) ma niejednorodną budowę pasmową (tabl. XIX, 6). Pasma składają



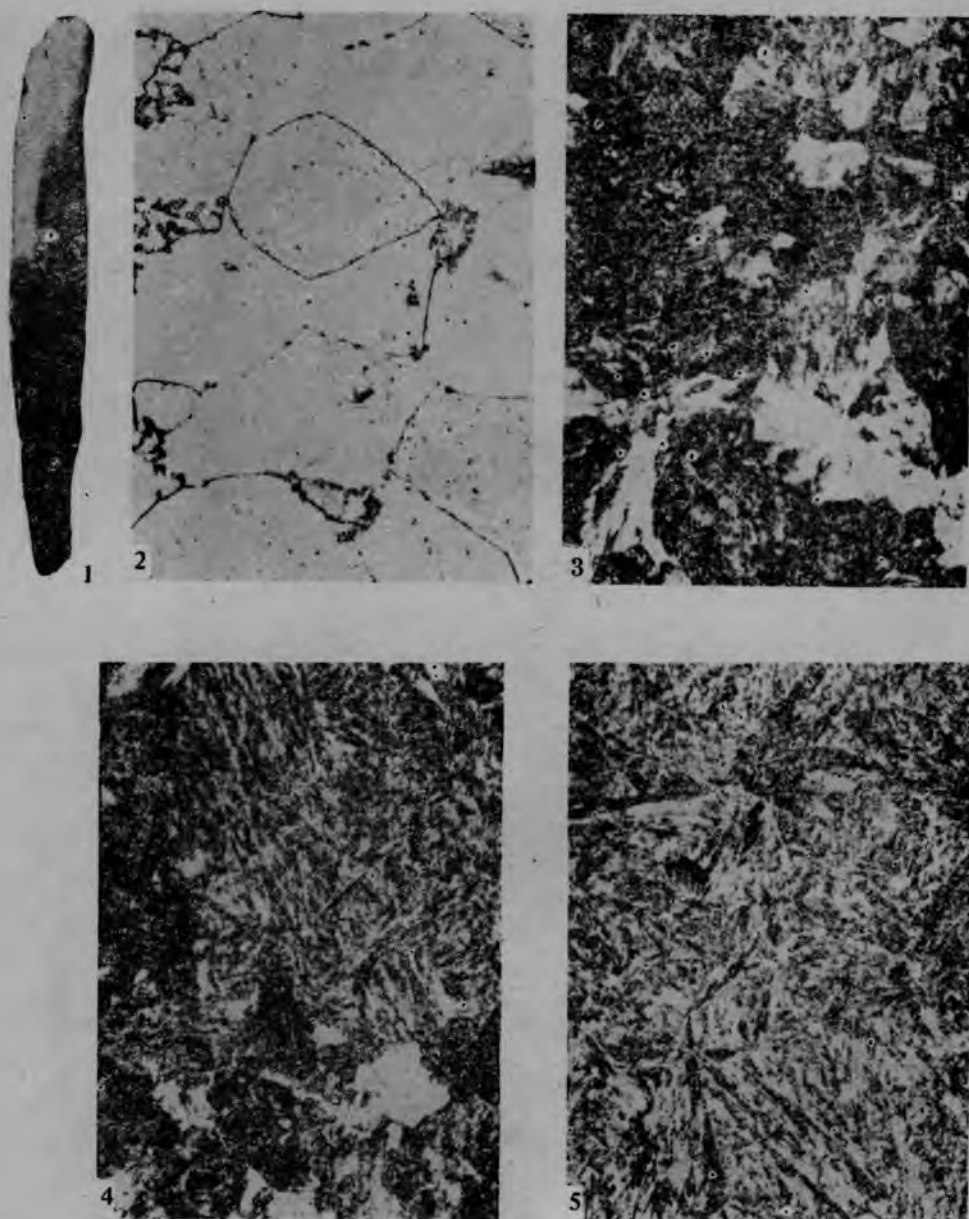
Tabl. XIV. 1 - 4 - próbka nr 26 (1 - koser nr inw. 135; 2 - schemat przekroju próbki, 10×; 3 - strefa zgrzania, 100×; 4 - struktura ferrytyczno-perlityczna warstwy stalowej, 500×); 5 - 7 - próbka nr 29 - półkosek nr inw. 989 (5 - schemat przekroju próbki, 5×; 6 - 7 - struktura perlitu i ferrytu z wtrąceniami żużla, 500×)

Tabl. XIV. 1 - 4 - échantillon N° 26 (1 - serp N° 135; 2 - schéma de la coupe de l'échantillon, 10×; 3 - zone du traitement à chaud, 100×; 4 - structure ferritique ferro-perlitique de la couche d'acier, 500×); 5 - 7 - échantillon N° 29 - faux courte N° 989 (5 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 6 - 7 - structure ferro-perlitique striée de scories, 500×)



Tabl. XV. 1 - 4 - próbka nr 27 (1 - koser nr inw. 561; 2 - warstwa zubożona w węgiel, 100×; 3 - środkowa część próbki, 500×; 4 - przybrzeżna część próbki, 500×); 5 - 6 - próbka nr 28 - koser nr inw. 889 (5 - schemat przekroju próbki, 10×; 6 - strefa zgrzania, 200×)

Tabl. XV. 1 - 4 - échantillon N° 27 (1 - serp N° 561; 2 - couche à charbon réduit, 100×; 3 - partie centrale de l'échantillon, 500×; 4 - partie près du bord de l'échantillon, 500×; 5 - 6 - échantillon N° 28 - serp N° 889 (5 - schéma de la coupe de l'échantillon, 10×; 6 - zone du traitement à chaud, 200×)



Tabl. XVI. 1 - 5 - próbka nr 31 - radlica nr inw. 1065 (1 - schemat przekroju próbki, 2×; 2 - struktura ferrytyczna korpusu, 500×; 3 - warstwa nawęglona, 500×; 4 - struktura sorbityczna, 500×; 5 - struktura sorbityczna ostrza, 500×)

Tabl. XVI. 1 - 5 - échantillon N° 31 - soc N° 1065 (1 - schéma de la coupe de l'échantillon, 2×; 2 - structure ferritique du corps, 500×; 3 - couche carburée, 500×; 4 - structure sorbitique, 500×; 5 - structure sorbitique de la lame, 500×)

się na przemian z warstw miękkiego żelaza i z twardszej stali (tabl. XIX, 7). Pasma twardszej stali mają strukturę typu perlitycznego z wtrąceniami żużła (tabl. XIX, 8). Mikrotwardość twardszych pasm wynosi 283 kG/mm².

46. Nóż (nr inw. 139). Nóż ma ciekawą budowę. Korpus noża został odkuty z miękkiego żelaza o strukturze ferrytycznej z wtrąceniami żużła, grzbiet noża został wykonany z twardszej stali, z której wykonano prawdopodobnie również ostrze, niestety całkowicie zniszczone przez korozję. Grzbiet noża ma strukturę sorbityczną o mikrotwardości 266 kG/mm². Struktura ta świadczy, że badany nóż podlegał ulepszaniu cieplnemu.

47. Nóż (nr inw. 199). Nóż został odkuty z kilku zgrzanych ze sobą warstw stali. Zgrzane warstwy stali mają strukturę perlityczną z niewielką ilością ferrytu i wtrąceniami żużła. Mikrotwardość noża wynosi 215 kG/mm². Nóż nie był ulepszany cieplnie.

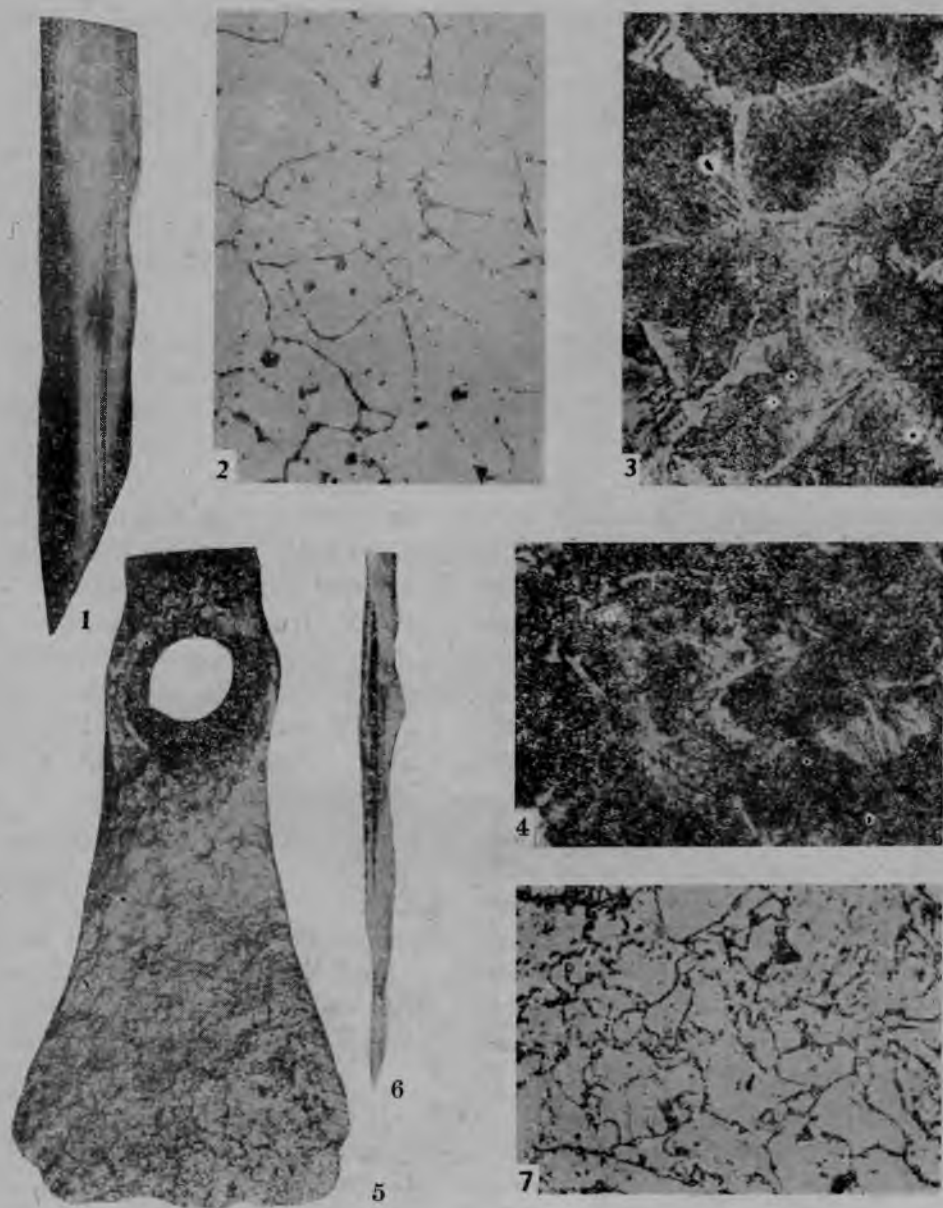
48. Nóż (nr inw. 205). Badania makroskopowe wykazały, że nóż ten odkuto z kilku zgrzanych ze sobą warstw niskowęglowej stali. Nóż ma strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu i wtrąceniami żużła. Mikrotwardość noża wynosi 159 kG/mm². Również i ten nóż nie podlegał ulepszaniu cieplnemu.

49. Nóż (nr inw. 248). Badany nóż (tabl. XX, 1) został odkuty z miękkiego żelaza, a następnie nawęglony (tabl. XX, 2). Korpus noża ma strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żużła, o mikrotwardości 143 kG/mm² (tabl. XX, 3), a część nawęglona — strukturę ferrytyczną z niewielką ilością perlitu i wtrąceniami żużła (tabl. XX, 4). Jej mikrotwardość wynosi 182 kG/mm². Nóż ten nie podlegał ulepszaniu cieplnemu.

50. Nóż (nr inw. 334). Nóż (tabl. XX, 7) reprezentuje niespotykaną technologię wykonania. Został on odkuty ze zgrzanych ze sobą warstw niskowęglowej stali, wygiętych w przekroju poprzecznym w kształcie litery „S” (tabl. XX, 6). Nóż wykazuje lokalne nawęglenie. Struktura noża jest ferrytyczna ze śladami perlitu i wtrąceniami żużła (tabl. XX, 5), o mikrotwardości 138 kG/mm². Warstwy nawęglone mają strukturę ferrytyczną z niewielką ilością ferrytu i wtrąceniami żużła (tabl. XX, 8). Mikrotwardość nawęglonych warstw wynosi 206 kG/mm².

51. Nóż (nr inw. 354). Nóż (tabl. XXI, 1) odkuto z miękkiego żelaza, a następnie powierzchniowo nawęglono, podgrzano i ochłodzono. Część poddana obróbce cieplej ma strukturę pomartenzytyczną (tabl. XXI, 2) pozostała część natomiast strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żużła (tabl. XXI, 3).

52. Nóż (nr inw. 881). Badany nóż odkuto z bardzo miękkiej niskowęglowej stali. Wykazuje on ślady raczej przypadkowego nawęglenia grzbietu (tabl. XXI, 4). Korpus noża ma strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu i z dość drobnym ziarnem o mikrotwardości 188 kG/mm² (tabl. XXI, 5), a nawęglony fragment — strukturę ferrytyczno-perlityczną o bardzo drobnym ziarnie i mikrotwardości 193 kG/mm² (tabl. XXI, 6). Nóż ten nie wykazuje śladów ulepszenia cieplnego.



Tabl. XVII. 1 - 4 - próbka nr 32 - motyka nr inw. 1231 (1 - schemat przekroju próbki, 3×; 2 - struktura ferrytyczna, 200×; 3 - struktura Widmanstättena, 500×; 4 - strefa nawęglona, 500×); 5 - 7 - próbka nr 33 (5 - motyka nr inw. 1257; 6 - schemat przekroju próbki, 3×; 7 - struktura ferrytyczna z wtrąceniami żużla, 500×)

Tabl. XVII. 1 - 4 - échantillon N° 32 - houe N° 1231 (1 - schéma de la coupe de l'échantillon, 3×; 2 - structure ferritique, 200×; 3 - structure de Widmanstättén, 300×; 4 - zone carburée, 500×); 5 - 7 - échantillon N° 33; 5 - houe, N° 1257; 6 - schéma de la coupe de l'échantillon, 3×; 7 - structure ferritique striée de scories, 500×)



Tabl. XVIII. 1 - 3 - próbka nr 35 - styk nr inw. 1149 (1 - schemat przekroju próbki, 3×; 2 - struktura ferrytyczna, 500×; 3 - struktura perlityczna część nawęglonej, 500×); 4 - 6 - próbka nr 36 - styk nr inw. 1245 (4 - schemat przekroju próbki, 3×; 5 - struktura ferrytyczna 500×; 6 - struktura perlityczna, 500×)

Tabl. XVIII. 1 - 3 - échantillon N° 35 - petite pelle N° 1149 (1 - schéma de la coupe de l'échantillon, 3×; 2 - structure ferritique, 500×; 3 - structure perlitique de la partie carburée, 500×); 4 - 6 - échantillon N° 36 - petite pelle N° 1245 (4 - schéma de la coupe de l'échantillon, 3×; 5 - structure ferritique 500×; 6 - structure perlitique, 500×)



Tabl. XIX. 1 - 4 - próbka nr 43 (1 - nóż nr inw. 33; 2 - schemat przekroju próbki 10×; 3 - strefa zgrzania, 100×; 4 - struktura sorbityczna, 500×); 5 - 8 - próbka nr 45 (5 - nóż nr inw. 44; 6 - schemat przekroju próbki, 5×; 7 - strefa zgrzania, 100×; 8 - struktura perlityczna, 500×)

Tabl. XIX. 1 - 4 - échantillon N° 43 (1 - couteau N° 33; 2 - schéma de la coupe de l'échantillon 10×; 3 - zone du traitement à chaud, 100×; 4 - structure sorbitique, 500×); 5 - 8 - échantillon N° 45 (5 - couteau N° 44; 6 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 7 - structure ferritique 100×; 8 - structure perlitique, 500×)

53. Nóż (nr inw. 865). Nóż ten odkuto ze stali zgrzanej z niewielkim kawałkiem żelaza (tabl. XXII, 1). Strefę zgrzania pokazano na tablicy (XXII, 2). Warstwa przyległa do stali ma strukturę ferrytyczno-perlityczną o drobnym ziarnie (tabl. XXII, 3) i mikrotwardości 210 kG/mm², a warstwa stalowa — strukturę sorbityczną o mikrotwardości 510 kG/mm² z wtrąceniami żużła (tabl. XXII, 4). Nóż ten był ulepszany cieplnie, uzyskując dobre własności tnące.

54. Nóż (nr inw. 903). Nóż ten odkuty został z miękkiego żelaza o strukturze ferrytycznej, ziarnie średniej wielkości i nielicznych drobnych wtrąceniach żużła.

55. Nóż (nr inw. 958). Nóż ten reprezentuje ciekawą technologię wykonania noża z wielu warstw zgrzanych ze sobą na przemian płytek miękkiego żelaza i twardej stali (tabl. XXIII, 1-2). Rdzeń tego noża ma strukturę drobnego perlitu i ferrytu (tabl. XXIII, 3), o mikrotwardości 296 kG/mm². Strefę zgrzania dwóch warstw pokazano na tablicy (XXIII, 4). Warstwy stalowe mają strukturę drobnego perlitu z niewielką ilością ferrytu (tabl. XXIII, 5-6).

56. Nóż (nr inw. 964). Nóż ten został odkuty z miękkiej niskowęglowej stali z nielicznymi wtrąceniami żużła (tabl. XXII, 5). Stal ta wykazuje znaczne zróżnicowanie wielkości ziarna. Warstwy zewnętrzne mają strukturę ferrytyczno-perlityczną o bardzo drobnym ziarnie (tabl. XXII, 6) i nielicznych, niewielkich wtrąceniach żużła. Rdzeń posiada gruboziarnistą strukturę ferrytyczno-perlityczną o niewielkich wtrąceniach żużła (tabl. XXII, 7). Mikrotwardość powierzchni wynosi 204, a rdzenia 161 kG/mm². Nie zaobserwowano śladów ulepszenia cieplnego badanego noża.

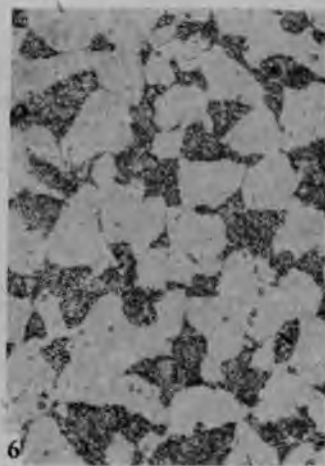
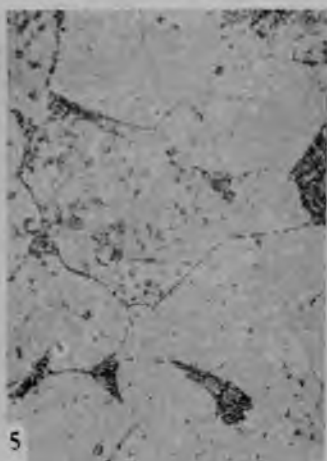
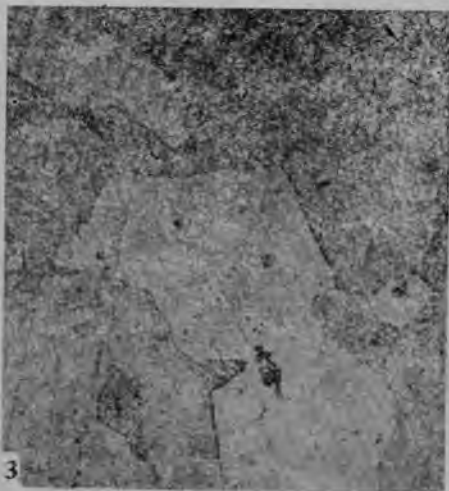
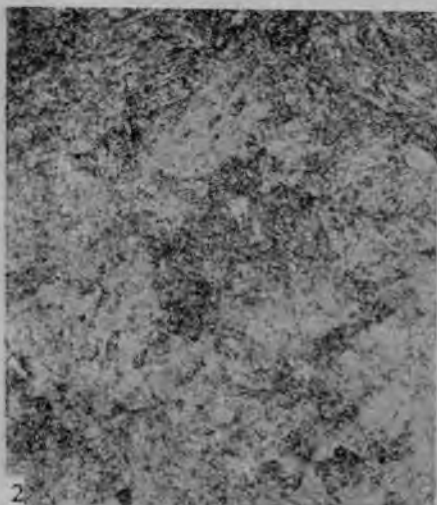
57. Nóż (nr inw. 967). Również i ten nóż został odkuty z dwóch warstw stali zgrzanych z bardziej miękkim żelazem stanowiącym korpus noża (tabl. XXIV, 1). Zewnętrzne stalowe warstwy mają strukturę niskowęglowego martenzytu i ferrytu (tabl. XXIV, 2-3). Ich mikrotwardość wynosi około 341 kG/mm². Rdzeń noża ma strukturę ferrytyczną z niewielką ilością drobnego perlitu i wtrąceniami żużła (tabl. XXIV, 4). Mikrotwardość rdzenia wynosi 260 kG/mm². Nóż ten był hartowany, nie uzyskał jednak zbyt wysokiej twardości z powodu niskiej zawartości węgla w warstwach stalowych.

58. Nóż (nr inw. 990). Nóż ten został odkuty z kilku zgrzanych ze sobą kawałków żelaza i stali o różnych i niejednorodnych zawartościach węgla i różnych wielkościach ziarna, a następnie nawęglony (tabl. XXV, 1). Na tablicy (XXV, 2) pokazano strefę zgrzania trzech kawałków żelaza. Jedna z warstw żelaza ma strukturę ferrytu o dużym ziarnie z wtrąceniami żużła i śladami perlitu (tabl. XXV, 3). Mikrotwardość tej warstwy wynosi 188 kG/mm². Pozostałe warstwy mają różne struktury, a więc i różne twardości. Od struktury ferrytycznej z niewielką ilością drobnego perlitu i wtrąceniami żużła (tabl. XXV, 4) poprzez strukturę drobnego perlitu na oświe ferrytycznej (tabl. XXV, 5) o mikrotwardości 236 kG/mm² czy też struktury



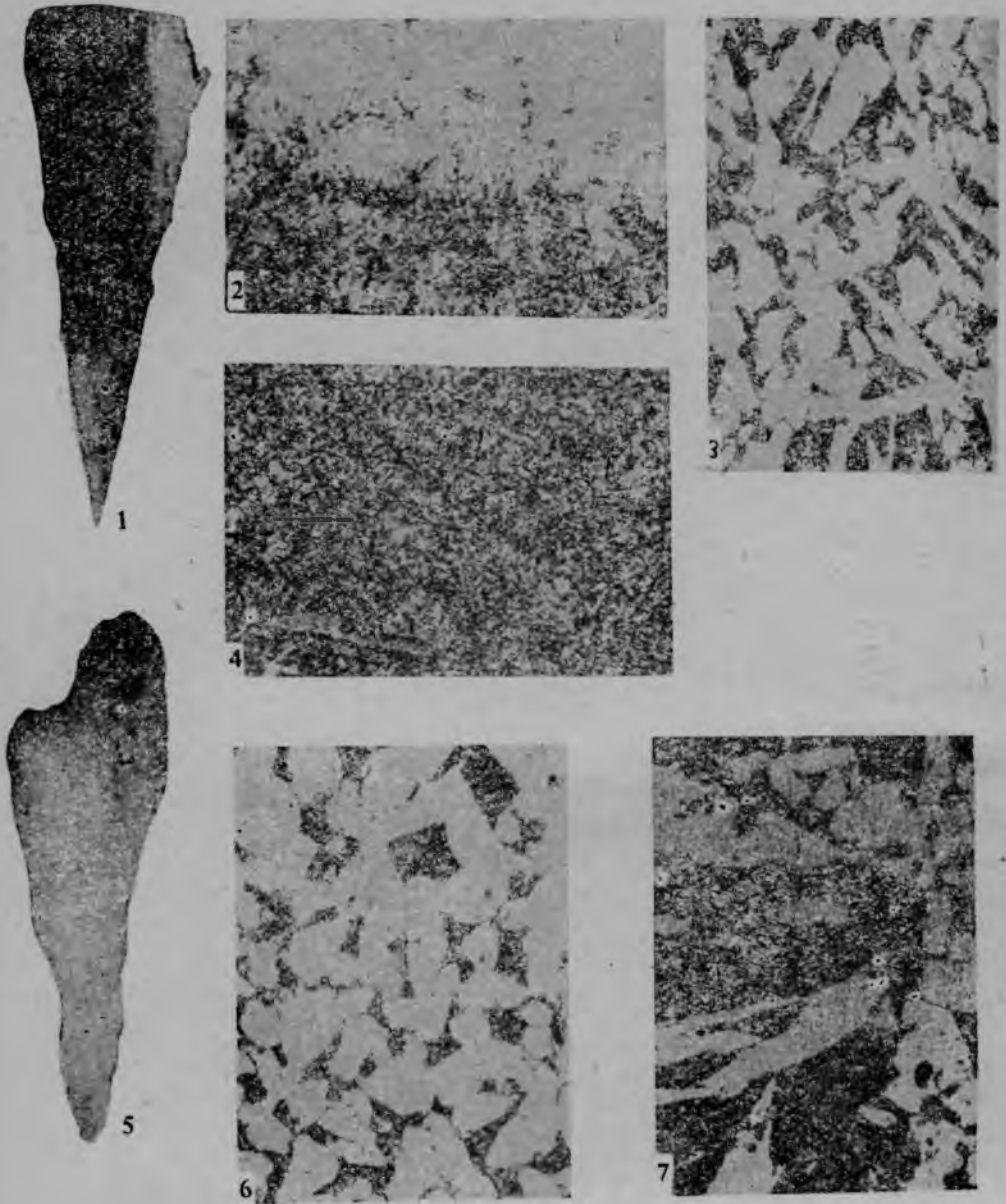
Tabl. XX. 1 - 4 - próbka nr 49 (1 - nóż nr inw. 248; 2 - schemat przekroju próbki, 10×; 3 - struktura ferrytyczna z wtrąceniami żużla, 200×; 4 - strefa nawęglona, 200×); 5 - 8 - próbka nr 50 (5 - struktura ferrytyczna 500×; 6 - schemat przekroju próbki, 5×; 7 - nóż nr inw. 334; 8 - strefa nawęglona, 500×)

Tabl. XX. 1 - 4 - échantillon N° 49 (1 - couteau N° 248; 2 - schéma de la coupe de l'échantillon, 10×; 3 - structure ferritique, striée de scories, 200×; 4 - zone carburée, 200×); 5 - 8 - échantillon N° 50 (5 - structure ferritique 500×; 6 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 7 - couteau N° 334; 8 - zone carburée, 500×)



Tabl. XXI. 1-3 - próbka nr 51 (nóż nr inw. 354; 2 - struktura pomartensytyczna, 500×; 3 - struktura ferrytyczna, 500×); 4-6 - próbka nr 52 - nóż nr inw. 883 (4 - schemat przekroja próbki, 5×; 5 - struktura ferrytyczna korpusu, 500×, 6 - strefa nawęglona)

Tabl. XXI. 1-3 - échantillon N° 51 (1 - couteau N° 354; 2 - structure postmartensitique, 500×; 3 - structure ferritique, 500×); 4-6 - échantillon N° 52 - couteau N° 883 (4 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 5 - structure ferritique du tronc, 500×; 6 - zone carburée)



Tabl. XXII. 1 - 4 - próbka nr 53 - nóż nr inw. 865 (1 - schemat przekroju próbki, 5 ×; 2 - strefa zgrzania, 200 ×; 3 - struktura ferrytyczna warstwy żelaznej, 500 ×; 4 - struktura sorbityczna warstwy stalowej, 500 ×); 5 - 7 - próbka nr 56 - nóż nr inw. 964 (5 - schemat przekroju próbki, 5 ×; 6 - struktura ferrytyczna, 500 ×; 7 - struktura rdzenia 500 ×)

Tabl. XXII. 1 - 4 - échantillon N° 53 - couteau N° 865 (1 - schéma de la coupe de l'échantillon; 2 - zone du traitement à chaud, 100 ×; 3 - structure ferritique de la couche de fer, 500 ×; 4 - structure sorbitique de la couche d'acier 500 ×); 5 - 7 - échantillon N° 56 - couteau, N° 964 (5 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5 ×; 6 - structure ferritique, 500 ×, 7 - structure du noyau, 500 ×)

martenzytu troostytu z wtrąceniami żużla (tabl. XXV, 6) o mikrotwardości 420 kG/mm² — aż do struktury martenzytu o mikrotwardości 605 kG/mm² (tabl. XXV, 7). Nóż ten podlegał nawęglaniu i hartowaniu uzyskując bardzo wysoką twardość (605 kG/mm²). Charakterystyczne jest jednak, że ma on maksymalną twardość nie ostrza, a grzbietu. Nie można jednak wykluczyć możliwości zniszczenia twardych warstw ostrza przez korozję.

59. Nóż (nr inw. 1006). Nóż ten odkuto z bardzo miękkiej niskowęglowej stali z kolosalnym wtrąceniem żużla w środku noża. Struktura stali składa się z ferrytu o bardzo drobnym ziarnie, śladów perlitu i licznych wtrąceń żużla.

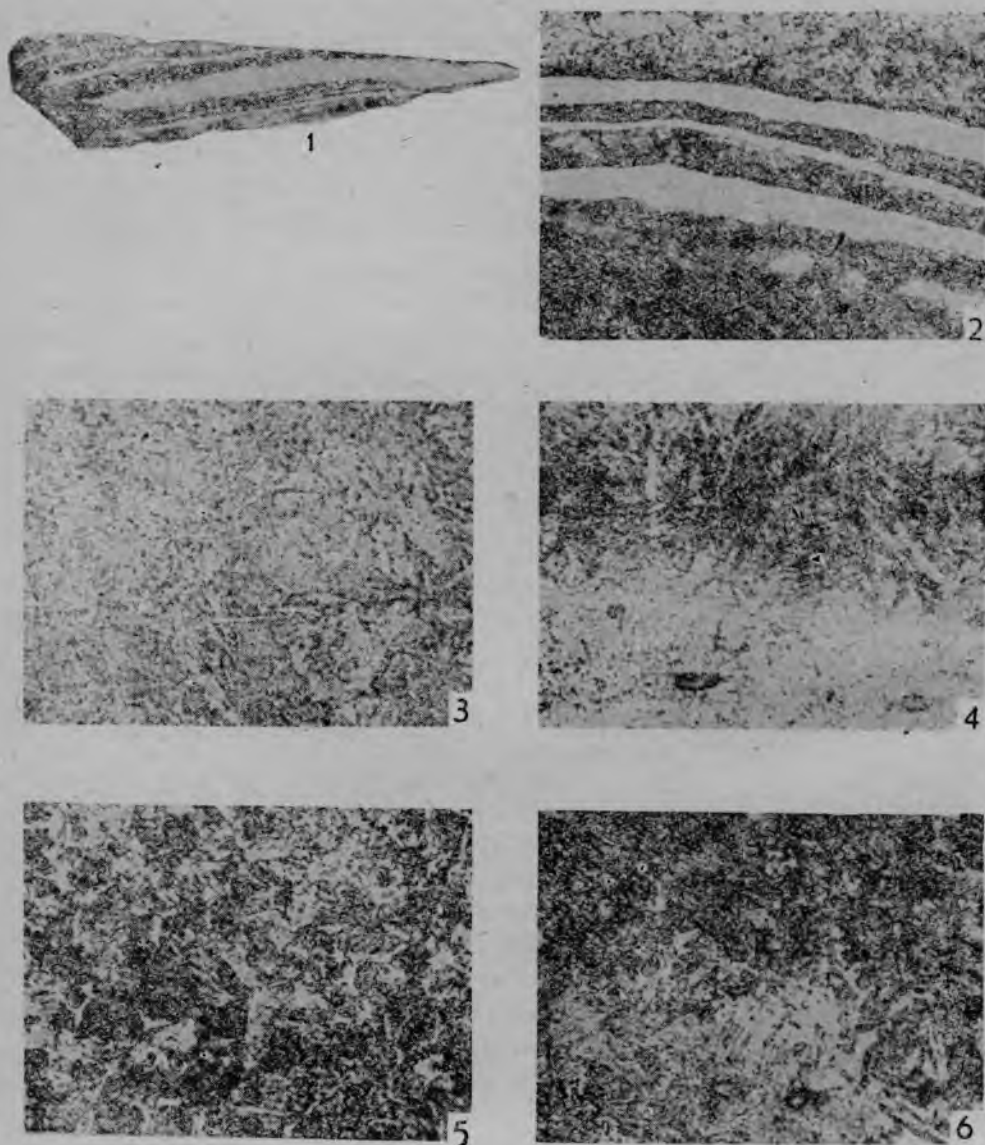
60. Nóż (nr inw. 1068). Makroskopowo stwierdzono, że badany nóż został odkuty z trzech zgrzanych ze sobą kawałków stali o podwyższonej zawartości węgla — stanowiących ostrze noża i z dwóch nakładek bocznych o niższej zawartości węgla (tabl. XXIV, 5). Strukturę nakładek przedstawiono na tablicy (XXIV, 6 - 7). Składa się ona z ferrytu i niewielkiej ilości perlitu oraz wtrąceń żużla. Mikrotwardość nakładek wynosi 210 i 220 kG/mm². Środkowa część noża, stanowiąca jego ostrze, ma strukturę drobnego perlitu z niewielką ilością ferrytu (tabl. XXIV, 8). Mikrotwardość tej części wynosi 260 kG/mm². Nóż ten nie był ulepszany cieplnie.

61. Nóż (nr inw. 1096). Badany nóż został bardzo zniszczony przez korozję. Pozostały fragment odkuty jest ze stali o podwyższonej zawartości węgla. Struktura tego fragmentu składa się z drobnego perlitu z wydzieleniami cementytu. Mikroskopowo oceniając — zawartość węgla w stali badanego fragmentu wynosi około 1%. Mikrotwardość fragmentu wynosi 268 kG/mm².

62. Nóż (nr inw. 1102). Nóż ten został odkuty z trzech zgrzanych ze sobą kawałków stali: środkowej o największej zawartości węgla i z dwóch bocznych nakładek o strukturze pasmowej i mniejszej zawartości węgla. Niskowęglowa nakładka boczna ma strukturę ferrytyczną z niewielką ilością drobnego perlitu o mikrotwardości 268 kG/mm². Strefa pośrednia ma strukturę sorbityczną z niewielką ilością ferrytu o mikrotwardości 328 kG/mm². Ostrze noża posiada strukturę sorbityczną o mikrotwardości 615 kG/mm². Nóż ten był ulepszany cieplnie uzyskując wysoką trwałość i dobre własności tnące ostrza.

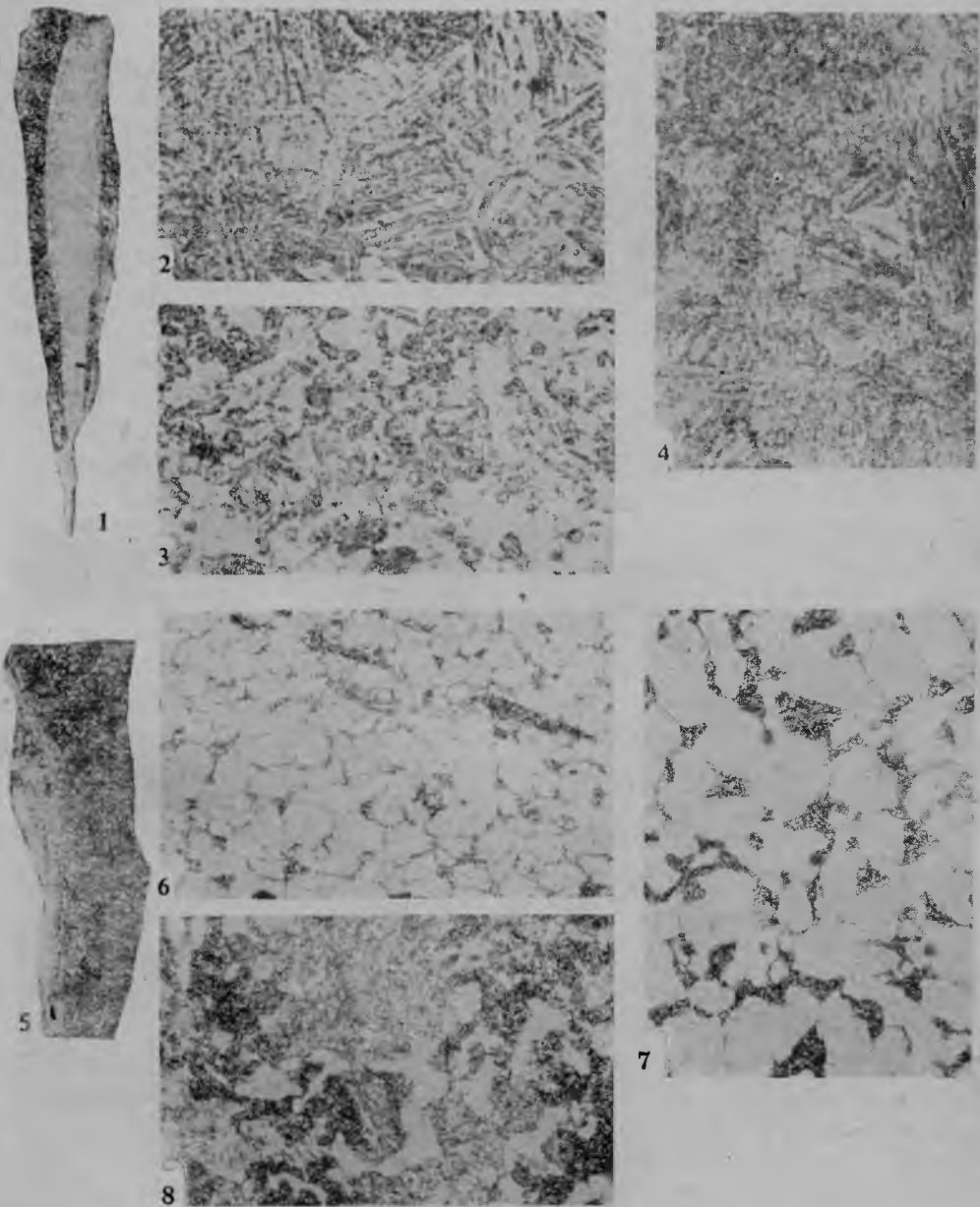
63. Nóż (nr inw. 1114). Nóż ten ma ciekawą budowę. Został odkuty ze stali o budowie pasmowej (tabl. XXVI, 1). Poszczególne pasma mają strukturę pośrednią o budowie Widmannstättena i mikrotwardości 750 kG/mm² (tabl. XXVI, 2 - 3). Nóż ten był obrabiany cieplnie w celu podwyższenia jego twardości i własności tnących ostrza.

64. Nóż (nr inw. 1174). Badania makroskopowe wykazały, że nóż ten został odkuty z miękkiego żelaza ze znacznymi wtrąceniami żużla. Ma on strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żużla. Mikrotwardość noża wynosi 146 kG/mm².



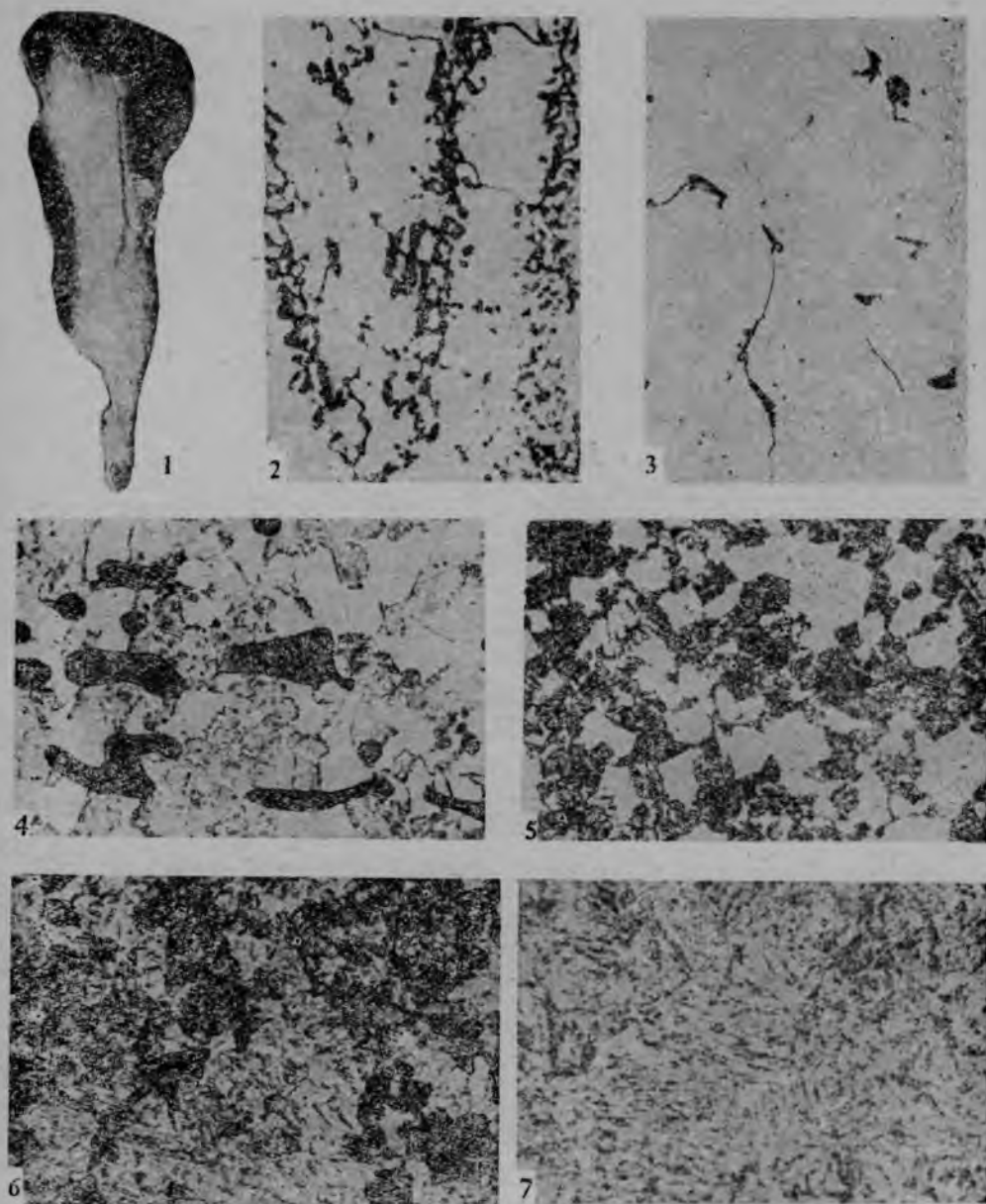
Tabl. XXIII. 1 - 6 - próbka nr 55 - nóż nr inw. 958 (1 - schemat przekroju próbki, 5×; 2 - struktura warstw stali i żelaza, 100×; 3 - struktura rdzenia, 500×; 4 - strefa zgrzania, 500×; 5 - 6 - struktura warstw stalowych, 500×)

Tabl. XXIII. 1 - 6 - échantillon N° 55 - couteau N° 958 (1 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 2 - structure des couches d'acier et de fer, 100×; 3 - structure du noyau, 500×; 4 - zone du traitement à chaud, 500×; 5 - 6 - structures des couches d'acier, 500×)



Tabl. XXIV. 1 - 4 - próbka nr 57 - nóż nr inw. 967 (1 - schemat przekroju próbki, 5×; 2 - 3 - struktura niskowęglowego martenzytu i ferrytu zewnętrznych warstw stalowych, 500×; 4 - struktura rdzenia, 500×); 5 - 8 - próbka nr 60 - nóż nr inw. 1068 (5 - schemat przekroju próbki, 5×; 6 - 7 - struktura bocznych nakładek, 500×; 8 - struktura części środkowej, 500×)

Tabl. XXIV. 1 - 4 - échantillon N° 57 - couteau N° 967 (1 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 2 - 3 - structure de martensite contenant peu de charbon et du ferrite des couches d'acier extérieures, 500×; 4 - structure du noyau, 500×); 5 - 8 - échantillon N° 60 - couteau N° 1068 (5 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 6 - 7 - structure des plaques latérales, 500×; 8 - structure de la partie centrale, 500×)



Tabl. XXV. 1-7 - próbka nr 58 - nóż nr inw. 990 (1 - schemat przekroju próbki, 5×; 2 - strefa zgrzania, 200×; 3 - struktura ferrytu warstwy żelaznej, 200×; 4 - struktura ferrytu z wtrąceniami żużla, 500×; 5 - struktura drobnego perlitu w osnowie ferrytycznej, 500×; 6 - struktura martenzytu z wtrąceniami żużla, 500×; 7 - struktura martenzytu o podwyższonej twardości, 500×)

Tabl. XXV. 1-7 - échantillon N° 58 - couteau N° 990 (1 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 2 - zone du traitement à chaud, 200×; 3 - structure du ferrite de la couche de fer, 200×; 4 - structure du ferrite strié de scories, 500×; 5 - structure de menu perlite dans le ferrite, 500×; 6 - structure de martensite strié de scories, 500×; 7 - structure de martensite durci à un degré plus haut, 500×)

65. Nóż (nr inw. 1184). Badania makroskopowe wykazały, że nóż ten odkuto ze stali o wyraźnie pasmowej strukturze powstałej przez zgrzanie ze sobą wielu warstw cienkich płytek stalowych o różnej zawartości węgla (tabl. XXVI, 4). Niskowęglowe pasma mają strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu (tabl. XXVI, 5) i o mikrotwardości 174 kG/mm², a nieco wyżej węglowe pasma mają strukturę ferrytyczną z niewielką ilością perlitu (tabl. XXVI, 6) mikrotwardością 210 kG/mm². Badany nóż nie wykazuje śladów ulepszenia cieplnego.

66. Nóż (nr inw. 1258). Na podstawie badań makroskopowych stwierdzono, że nóż ten został odkuty z jednego kawałka stali o podwyższonej niejednorodnej zawartości węgla (tabl. XXVII, 1). Struktura noża składa się z gruboiglastego sorbitu z wtrąceniami żuźla (tabl. XXVII, 2). Mikrotwardość noża wynosi 260 kG/mm². Nóż ten był ulepszany cieplnie.

67. Nóż (nr inw. 1261). Badany nóż został odkuty z trzech zgrzanych ze sobą kawałków miękkiego żelaza z wtrąceniami żuźla (tabl. XXVII, 3). Zgrzane ze sobą kawałki żelaza mają strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żuźla (tabl. XXVII, 4). Mikrotwardość noża wynosi 223 kG/mm².

68. Nóż (nr inw. 1305). Makroskopowo stwierdzono, że badany nóż został odkuty z żelaza z wtrąceniami żuźla, a następnie ostrze noża nawęglono celem podwyższenia jego twardości (tabl. XXVII, 5). Korpus noża ma strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żuźla (tabl. XXVII, 6) i mikrotwardością 221 kG/mm². Nawęglone ostrze posiada strukturę odpuszczonego martenzytu (tabl. XXVII, 7) o mikrotwardości dochodzącej do 715 kG/mm². Nóż ten był hartowany i nisko odpuszczony uzyskując wysoką twardość i odporność na ścieranie oraz doskonałe własności tnące ostrza.

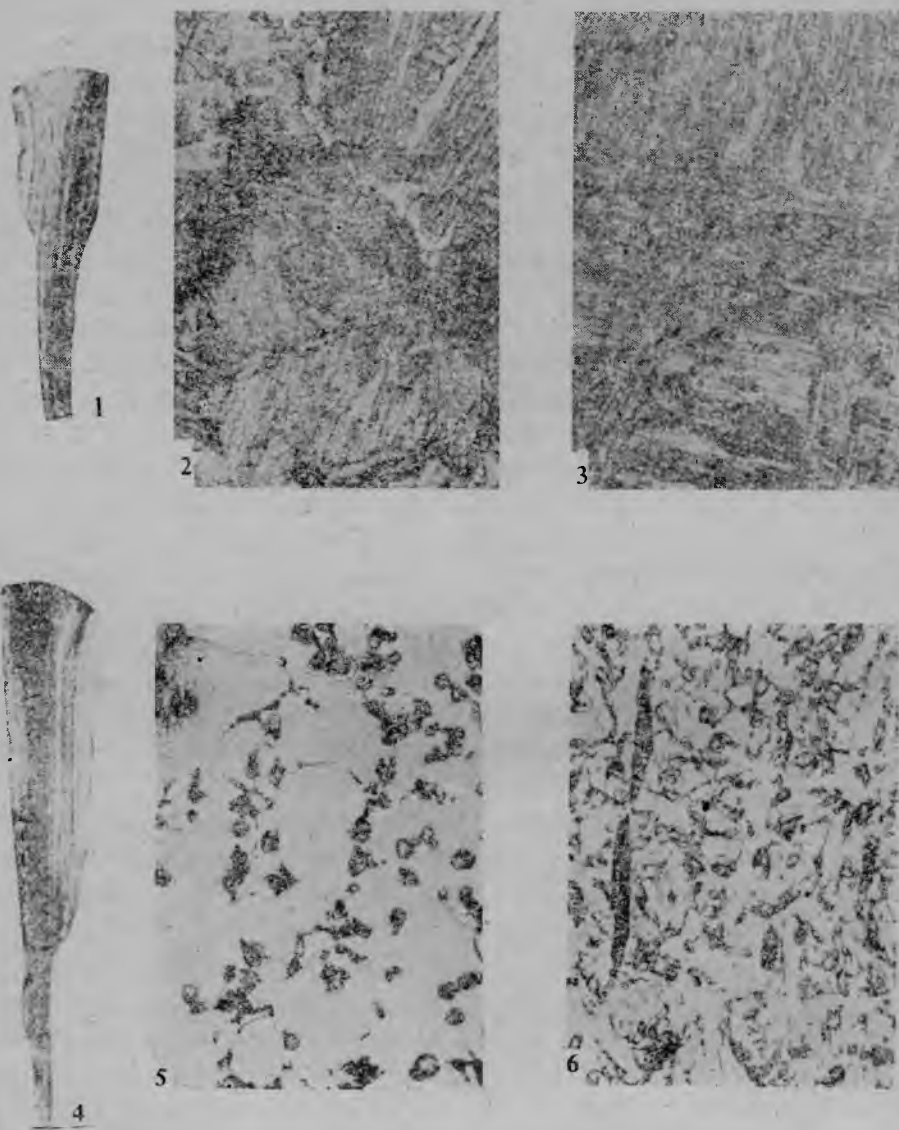
69. Nóż (nr inw. 1358). Nóż ten jest bardzo zniszczony przez korozję, a analiza makroskopowa wykazała, że został odkuty z jednego kawałka żelaza z wtrąceniami żuźla. Struktura noża składa się z ziarna ferrytu z wtrąceniami żuźla i śladami perlitu. Mikrotwardość noża wynosi 193 kG/mm².

70. Nóż (nr inw. 1413). Obserwacje makroskopowe wykazały, że nóż ten został odkuty ze średniowęglowej stali z odwęgleniem ostrza noża. Ostrze noża ma strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu. Mikrotwardość ostrza wynosi 161 kG/mm². Korpus noża ma strukturę ferrytyczno-perlityczną o drobnym ziarnie i mikrotwardości 183 kG/mm². Nóż nie nosi śladów ulepszenia cieplnego.

71. Grot strzały (nr inw. 15). Został odkuty z miękkiego żelaza o strukturze ferrytycznej z dużymi wtrąceniami żuźla. Nie zaobserwowano śladów nawęglania ani obróbki cieplnej.

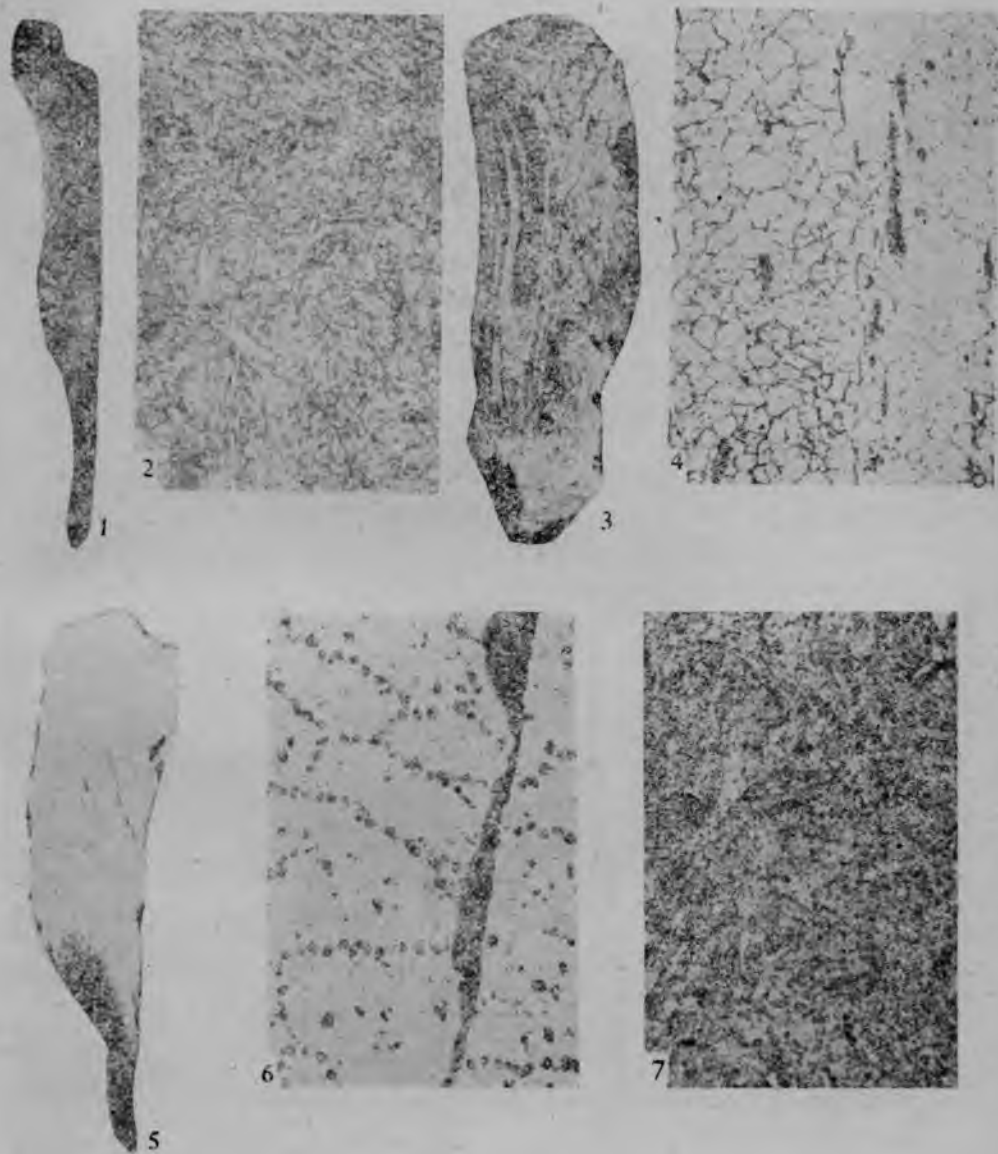
72. Grot strzały (nr inw. 27). Badany grot został odkuty z jednego kawałka niskowęglowej stali o pasmowej strukturze ferrytycznej ze śladami perlitu i wtrąceniami żuźla. Grot ten nie był ulepszany cieplnie.

73. Grot strzały (nr inw. 41). Grot odkuto z miękkiego żelaza o struk-



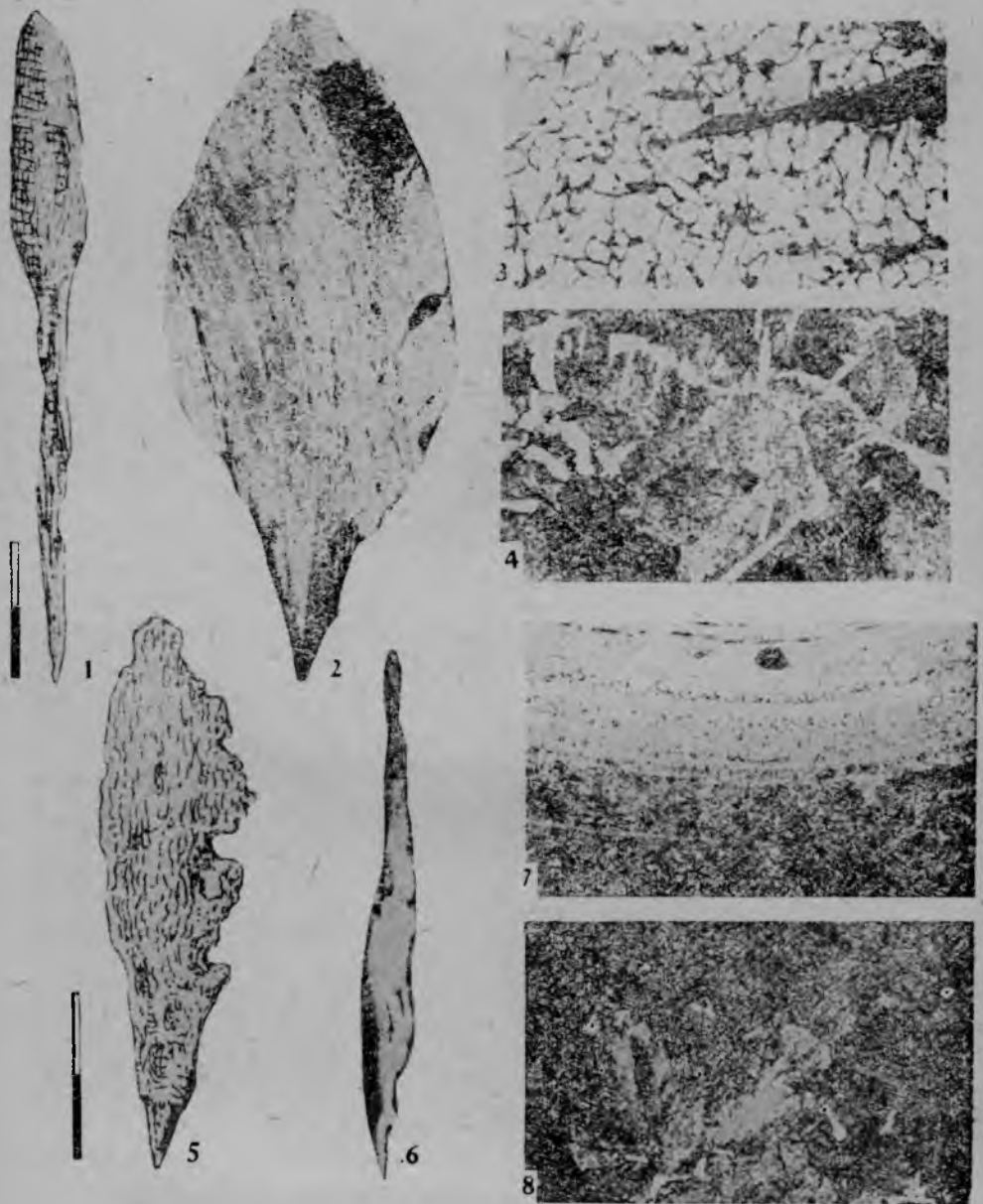
Tabl. XXVI. 1 - 3 - próbka nr 63 - nóż nr inw. 1114 (1 - schemat przekroju próbki, 5×; 2 - 3 - struktura Widmannstättena pasm stalowych, 500×); 4 - 6 - próbka nr 65 - nóż nr inw. 1184 (4 - schemat przekroju próbki, 5×; 5 - struktura ferrytyczna warstw niskowęglowych, 500×; 6 - struktura warstw o podwyższonej zawartości węgla, 500×)

Tabl. XXVI. 1 - 3 - échantillon N° 63 - couteau N° 1114 (1 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 2 - 3 - structure de Widmannstätten, 500×); 4 - 6 - échantillon N° 65 - couteau N° 1184 (4 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 5 - structure ferritique des couches à basse teneur de charbon, 500×; 6 - structure des couches contenant une dose accrue de charbon, 500×)



Tabl. XXVII. 1 - 2 - próbka nr 66 - nóż nr inw. 1258 (1 - schemat przekroju próbki, 5×; 2 - struktura gruboiglastego sorbitu, 500×); 3 - 4 - próbka nr 67 - nóż nr inw. 1261 (3 - schemat przekroju próbki, 5×; 4 - struktura ferrytyczna z wtrąceniami żużla, 200×); 5 - 7 - próbka nr 68 - nóż nr inw. 1305 (5 - schemat przekroju próbki, 5×; 6 - struktura ferrytyczna korpusu, 200×; 7 - struktura martenzytyczna ostrza, 500×)

Tabl. XXVII. 1 - 2 - échantillon N° 66 - couteau N° 1258 (1 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 2 - structure de sorbite aciculaire, 500×); 3 - 4 - échantillon N° 67 - couteau N° 1261 (3 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 4 - structure ferritique striée de scories, 200×); 5 - 7 - échantillon N° 68 - couteau N° 1305 (5 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 6 - structure ferritique du tronc, 200×; 7 - structure martenitique de la lame, 500×)



Tabl. XXVIII. 1 - 4 - próbka nr 76 (1 - grot strzały nr inw. 85; 2 - schemat przekroju próbki, 10 ×; 3 - struktura ferrytyczna, 200 ×; 4 - struktura perlityczna części nawęglonej, 500 ×); 5 - 8 - próbka nr 77 (5 - grot strzały nr inw. 174; 6 - schemat przekroju próbki, 5 ×; 7 - strefa nawęglania, 100 ×; 8 - struktura perlityczna warstwy nawęglonej, 500 ×)

Tabl. XXVIII. 1 - 4 - échantillon N° 76 (1 - fer de flèche N° 85; 2 - schéma de la coupe de l'échantillon, 10 ×; 3 - structure ferritique, 200 ×; 4 - structure perlitique de la partie carburée, 500 ×); 5 - 8 - échantillon N° 77 (5 - fer de flèche N° 174; 6 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5 ×; 7 - zone de carburation, 100 ×; 8 - structure perlitique de la couche carburée, 500 ×)

turze ferrytycznej z drobnymi, licznymi wtrąceniami żużla. Grot nie był utwardzany ani ulepszany cieplnie.

74. Grot strzały (nr inw. 56). Grot ten został odkuty z dwóch zgrzanych ze sobą kawałków stali — z bardzo miękkiej o strukturze ferrytycznej i z twardszej o strukturze ferrytycznej z niewielką ilością perlitu. Mikrotwardość warstwy twardszej wynosi 243 kG/mm². Grot nie podlegał obróbce cieplnej.

75. Grot strzały (nr inw. 58). Badanie makroskopowe wykazało, że grot został odkuty z miękkiego żelaza, a następnie utwardzony przez nawęglanie. Korpus grotu posiada strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu i wtrąceniami żużla. Części nawęglone mają strukturę perlityczną z niewielką ilością ferrytu i wtrąceniami żużla. Mikrotwardość części nawęglonych wynosi 357 kG/mm². Grot nie był ulepszany cieplnie.

76. Grot strzały (nr inw. 85). Grot (tabl. XXVIII, 1) został odkuty z miękkiego żelaza o budowie pasmowej, a następnie został, przypadkowo raczej, nawęglony (tabl. XXVIII, 2). Grot ma strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu i wtrąceniami żużla (tabl. XXVIII, 3), a część nawęglona ma strukturę perlityczną z siatką ferrytu (tabl. XXVIII, 4). Mikrotwardość części nawęglonej wynosi 366 kG/mm². Również i ten grot nie był ulepszany cieplnie.

77. Grot strzały (nr inw. 174). Grot (tabl. XXVIII, 5) został odkuty z miękkiego żelaza, a następnie utwardzony przez nawęglanie (tabl. XXVIII, 6). Strefę nawęglania przedstawiono na tablicy (XXVIII, 7). Warstwa nawęglona ma strukturę perlityczną z niewielką ilością ferrytu (tabl. XXVIII, 8). Mikrotwardość warstwy nawęglonej wynosi 254 kG/mm². Grot nie podlegał obróbce cieplnej po nawęglaniu.

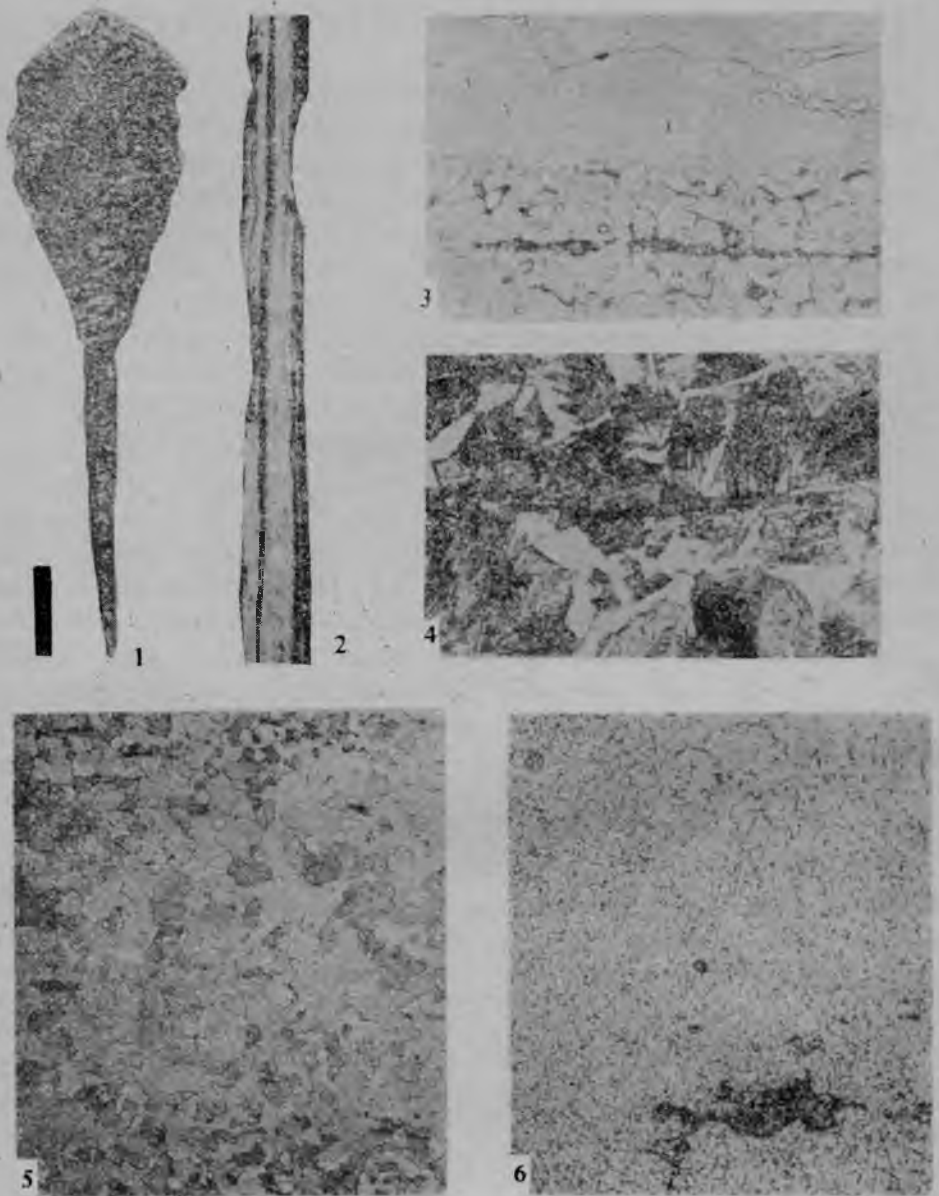
78. Grot strzały (nr inw. 179). Grot ten został odkuty z niskowęglowej stali o strukturze ferrytycznej z niewielką ilością perlitu. Ziarno średniej wielkości. Wtrącenia żużla średniej wielkości, niezbyt liczne. Grot nie podlegał obróbce cieplnej.

79. Grot strzały (nr inw. 198). Grot (tabl. XXIX, 1) został odkuty ze zgrzanych ze sobą warstw stali miękkiej i twardszej (tabl. XXIX, 2). Warstwy miękkie mają strukturę ferrytyczną o niejednorodnej wielkości ziarna z wtrąceniami żużla i wyraźną likwacją fosforu (tabl. XXIX, 3). Ich mikrotwardość wynosi 228 kG/mm².

Warstwy twardsze mają strukturę perlityczną z niewielką ilością ferrytu i wtrąceniami żużla (tabl. XXIX, 4). Mikrotwardość tych warstw wynosi 366 kG/mm². Grot nie był ulepszany cieplnie.

80. Grot strzały (nr inw. 207). Zabytek ten odkuto z niskowęglowej stali o strukturze pasmowej. Ma on strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu i wtrąceniami żużla. Mikrotwardość grota wynosi 153 kG/mm². Nie podlegał on ulepszaniu cieplnemu.

81. Grot strzały (nr inw. 330). Grot odkuto z kilku zgrzanych ze sobą warstw niskowęglowej stali. Miał on strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu



Tabl. XXIX. 1 - 4 - próbka nr 79 (1 - grot strzały nr inw. 198; 2 - schemat przekroju próbki, 5×; 3 - struktura ferrytyczna miękkiej stali, 500×; 4 - struktura perlityczna twardszych warstw stalowych, 500×) 5 - 6 próbka - nr 83 - grot strzały nr inw. 444 (5 - widok struktury w środkowej części próbki, 100×; 6 - strefa o podwyższonej zawartości węgla, 100×)

Tabl. XXIX. 1 - 4 - échantillon N° 79 (1 - fer de flèche N° 198; 2 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 3 - structure ferritique de l'acier doux, 500×; 4 - structure perlitique des couches d'acier plus dures, 500×); 5 - 6 - échantillon N° 83 - fer de flèche N° 444 (5 - structure de la partie centrale de l'échantillon, 100×; 6 - zone à dose accrue de charbon, 100×)

i wtrąceniami żuźla. Poszczególne warstwy mają ziarno różnej wielkości. Mikrotwardość grota wynosi 194 kG/mm².

82. Grot strzały (nr inw. 360). Grot odkuto z miękkiego żelaza. Wielkość ziarna ferrytu jest dość silnie zróżnicowana z licznymi wtrąceniami żuźla rozłożonymi wzdłuż próbki.

83. Grot strzały (nr inw. 444). Grot odkuto z miękkiego żelaza, a ostrze jego nawęglono. Obserwuje się duże różnice wielkości ziarna, w partii przybrzeżnej (ziarna drobniejsze) i środkowej (grubsze) próbki (tabl. XXIX, 5). Podwyższoną zawartość węgla w ostrzu grota wykazuje tablica (XXIX, 6), przy czym węgiel rozłożony jest nierównomiernie, obszary wzbogacone i zubożone w węgiel ze znacznymi wtrąceniami żuźla.

84. Grot strzały (nr inw. 452). Grot odkuto ze stali niskowęglowej. Ma on strukturę ferrytyczną z niewielką ilością perlitu (tabl. XXX, 1 - 2).

85. Grot strzały (nr inw. 506). W wyniku badań stwierdzono strukturę ferrytyczną z licznymi wtrąceniami żuźla (tabl. XXX, 3). Przy krawędzi grota wystąpiła warstwa o zwiększonej zawartości węgla (tabl. XXX, 4), która powstała w wyniku nawęglania lub też na skutek likwacji węgla ze względu na rozwiniętą korozję powierzchniową i wgłębną typu wżerów nie ustalono przyczyny występowania pasm o zwiększonej zawartości węgla.

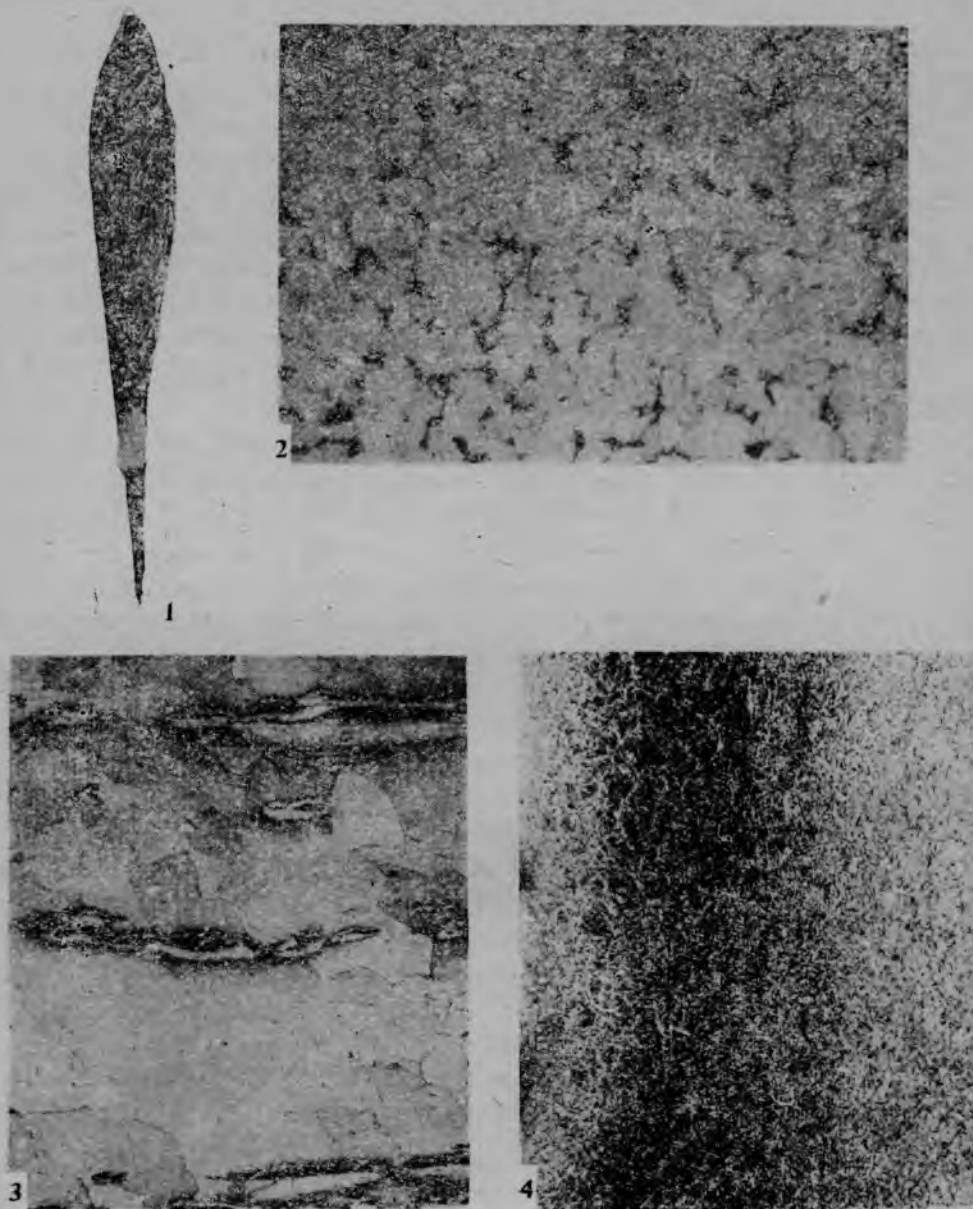
86. Grot strzały (nr inw. 507). Grot odkuto, a następnie ostrze jego nawęglono, ogrzano i ostudzone. Warstwa poddana obróbce cieplnej ma strukturę pomartenzytyczną (tabl. XXXI, 1), natomiast pozostała część strukturę ferrytyczną o zróżnicowanej wielkości ziaren (tabl. XXXI, 2). Strefę przejściową pokazano na tabl. XXXI, 3.

87. Grot strzały (nr inw. 1075). Grot ten odkuto z miękkiego żelaza, a następnie nierównomiernie nawęglono (tabl. XXXI, 4). Na tablicy (XXXI, 5) pokazano strefę przejściową od miękkiego rdzenia do warstwy nawęglonej. Strefa ta ma strukturę ferrytyczno-perlityczną ze wzrastającą zawartością perlitu. Jej mikrotwardość wynosi 210 kG/mm². Warstwa nawęglona ma strukturę perlityczną z niewielką ilością ferrytu (tabl. XXXI, 6). Mikrotwardość tej warstwy wynosi 296 kG/mm². I ten grot nie podlegał ulepszeniu cieplnemu po nawęgleniu.

88. Grot strzały (nr inw. 1098). Grot ten został odkuty z kawałka stali z wtrąceniami żuźla. Jego struktura badana w różnych miejscach przekroju poprzecznego składa się z ziarn ferrytu z niewielką ilością perlitu. Mikrotwardość grota wynosi 152+174 kG/mm².

89. Grot strzały (nr inw. 1104). Grot ten został odkuty z jednego kawałka niskowęglowej stali. Ma on strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu i skoagulowanymi wydzielinami cementytu. Jego mikrotwardość wynosi 188 kG/mm².

90. Grot strzały (nr inw. 1106). Badany grot został odkuty z dwóch zgrzanych ze sobą kawałków żelaza i twardszej stali. Żelazo ma strukturę



Tabl. XXX. 1 - 2 - próbka nr 84 (1 - grot strzaly nr inw. 452; 2 - struktura ferrytyczna, 500×); 3 - 4 - próbka nr 85 - grot strzaly nr inw. 506 (3 - struktura ferrytyczna z wtrąceniami żużla, 100×; 4 - warstwa wzbogacona o węgiel, 100×)

Tabl. XXX. 1 - 2 - échantillon N° 84 (1 - fer de flèche N° 452; 2 - structure ferritique, 500×); 3 - 4 - échantillon N° 85 - fer de flèche N° 506 (3 - structure ferritique striée de scories, 100×; 4 - couche additionnée de charbon, 100×)

ferrytyczną z licznymi, drobnymi wtrąceniami żużla. Część stalowa ma strukturę perlityczno-ferrytyczną o mikrotwardości 183 kG/mm². Grot ten nie był ulepszany cieplnie po odkuciu.

91. Grot strzały (nr inw. 1121). Badany grot został odkuty z jednego kawałka miękkiego żelaza z niewielkimi wtrąceniami żużla. Ma on strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żużla i mikrotwardość 160 kG/mm².

92. Grot bełtu (nr inw. 1189). I ten grot został odkuty z jednego kawałka stali z niewielkimi wtrąceniami żużla. Struktura grota składa się z drobnych ziarn ferrytu z niewielką ilością perlitu o mikrotwardości 169 kG/mm². Nie był on również ulepszany cieplnie. Stal posiada około 0,15% C (na podstawie analizy mikroskopowej).

93. Grot strzały (nr inw. 1193). Grot został odkuty z niskowęglowej stali. Ma on drobnoziarnistą strukturę ferrytyczną z niewielką ilością perlitu o mikrotwardości 143 kG/mm². Nie był on ulepszany cieplnie. Mikroskopowo można określić zawartość węgla w stali grota na około 0,15%.

94. Grot strzały (nr inw. 1248). Makroskopowo stwierdzono, że badany grot został odkuty z miękkiego żelaza, a następnie nawęglony. Ma on niejednorodną strukturę od ferrytycznej z niewielką ilością przegrzanego perlitu poprzez ferrytyczno-perlityczną o mikrotwardości 286 kG/mm². Grot ten nie był ulepszany cieplnie po nawęgleniu.

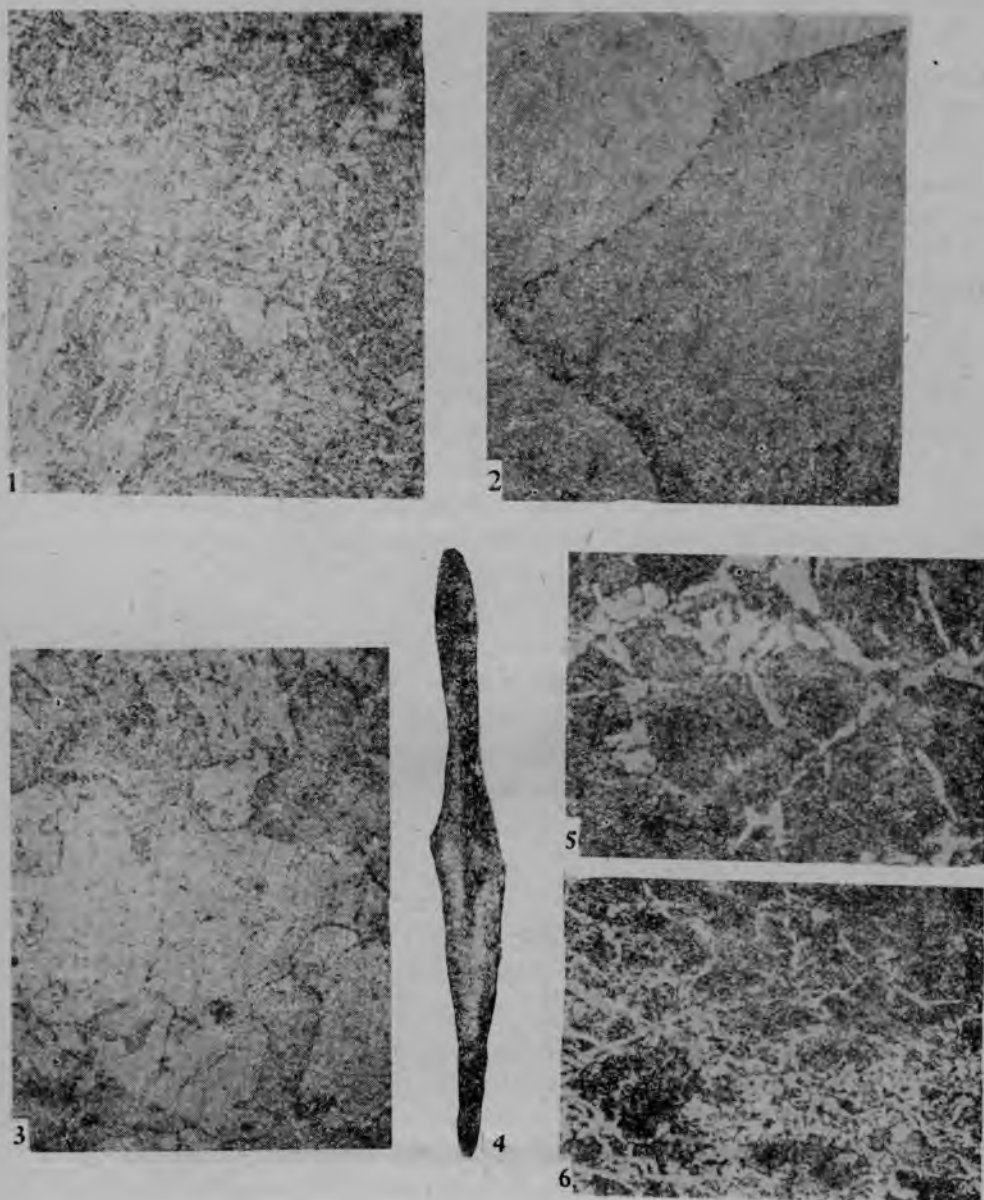
95. Jelec szabli (nr inw. 205). Jelec szabli odkuto z miękkiego żelaza o strukturze ferrytycznej z wtrąceniami żużla i mikrotwardości 177 kG/mm².

96. Jelec szabli (nr inw. 215). Jelec zgrzano z dwóch części stalowych wykazujących lokalne nawęglenie. Ma on strukturę ferrytyczną ze śladami perlitu i wtrąceniami żużla. Strefa nawęglona wykazuje podwyższoną zawartość perlitu w strukturze. Mikrotwardość okucia wynosi 148 kG/mm².

97. Jelec szabli (nr inw. 1010). Jelec wykonano ze stali z niewielką zawartością Ni (0,1 - 1%), natomiast jego zewnętrzną część pokryto miedzią z dodatkiem Sn (10% - 20%), Zn (5% - 10%) i Pb (0,1% - 1%). Badania metaloznawcze tego zabytku wykonała inż. L. Kozierowska.

98. Czekan (nr inw. 499) (tabl. XXXII, 1). Badania metalograficzne wykonano na przekroju poprzecznym części tnącej. Z obu stron ostrza stwierdzono warstwę o zwiększonej zawartości węgla (tabl. XXXII, 2) sięgającą na głębokość 0,5 mm z każdej strony i o długości około 5 mm od ostrza próbki. Jest to drobna struktura rozbita z zarysowanymi granicami ziaren austenitu. W niektórych miejscach warstw wzbogaconych o węgiel nastąpiło odwęglenie (tabl. XXXII, 3). Głębsze warstwy mają strukturę ferrytyczno-perlityczną. Z obserwacji wynika, że czekan odkuto na gorąco, a ostrza nawęglono. Po czym czekan powtórnie ogrzano i ochłodzono, w wyniku czego nastąpiło odwęglenie ostrza.

99. Czekan (nr inw. 1066). Badania makroskopowe wykazały, że czekan odkuto ze zgrzanych ze sobą dwóch kawałków żelaza i stali, a następnie jego



Tabl. XXXI. 1 - 3 - próbka nr 86 - grot strzały nr inw. 507 (1 - struktura pomartensytyczna, 500×; 2 - struktura ferrytyczna, 500×; 3 - strefa przejściowa, 500×); 4 - 6 - próbka nr 87 - grot strzały nr inw. 1075 (4 - schemat przekroju próbki, 5×; 5 - struktura perlityczna warstwy nawęglonej, 500×) 6 - strefa przejściowa, 200×;

Tabl. XXXI. 1 - 2 - échantillon N° 86 - fer de flèche N° 507 (1 - structure postmartensitique, 500×; 2 - structure ferritique, 500×; 3 - zone de transition, 500×); 4 - 6 - échantillon N° 87 - fer de flèche N° 1075 (4 - schéma de la coupe de l'échantillon, 5×; 5 - structure perlitique de la couche carburée, 500×) 6 - zone de transition, 200×;

ostrze nawęglono (tabl. XXXIII, 1). Warstwa żelaza ma strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żużla (tabl. XXXIII, 2). Jej mikrotwardość wynosi 136 kG/mm². Strefę zgrzania z licznymi wtrąceniami żużla widać na rycinie (tabl. XXXIII, 3). Ostrze ma strukturę niskowęglowego drobnego sorbitu (tabl. XXXIII, 4) o mikrotwardości 216 kG/mm². Ostrze czekana ulepszano cieplnie po nawęgleniu.

100. Czekan (nr inw. 1148). Czekan został odkuty z miękkiego żelaza z wtrąceniami żużla. Posiada on strukturę ferrytyczną o drobnym ziarnie i wtrąceniach żużla. Jej mikrotwardość wynosi 161 kG/mm².

101. Ostroga (nr inw. 404). Przekrój wzdłużny charakteryzuje się niejednorodnością struktury: a) struktura pomartenzytyczna z wtrąceniami żużla, b) smugowatość struktury zgodna z kierunkiem kucia, c) połączenie części nitowanych, d) struktura pomartenzytyczna, e) pasmowatość struktury w okolicy zgrzanej, f) struktura drobna pomartenzytyczna. W wyniku obserwacji stwierdzono, że poszczególne odcinki ostrogi odkuto, a następnie połączono je na drobne nitowania, przy czym na końcu jednego z nich stwierdzono zgrzeinę. Tak wykonany przedmiot zgrzano i ostudzono.

102. Ostroga (nr inw. 425). Obserwacje metalograficzne przeprowadzono na przekroju wzdłużnym: Przy brzegu próbki, na powierzchni stwierdzono wyciśnięte znaki w kształcie litery X. W tym miejscu nastąpił zgmiot materiału (tabl. XXXIII, 5). W pozostałej części wystąpiła struktura ferrytyczna ze śladami perlitu (tabl. XXXIII, 6). Ostrogę odkuto, a znaki wyciśnięto na gotowym wyrobie.

103. Ostroga (nr inw. 680). Została odkuta z miękkiego żelaza o strukturze ferrytycznej z wtrąceniami żużla.

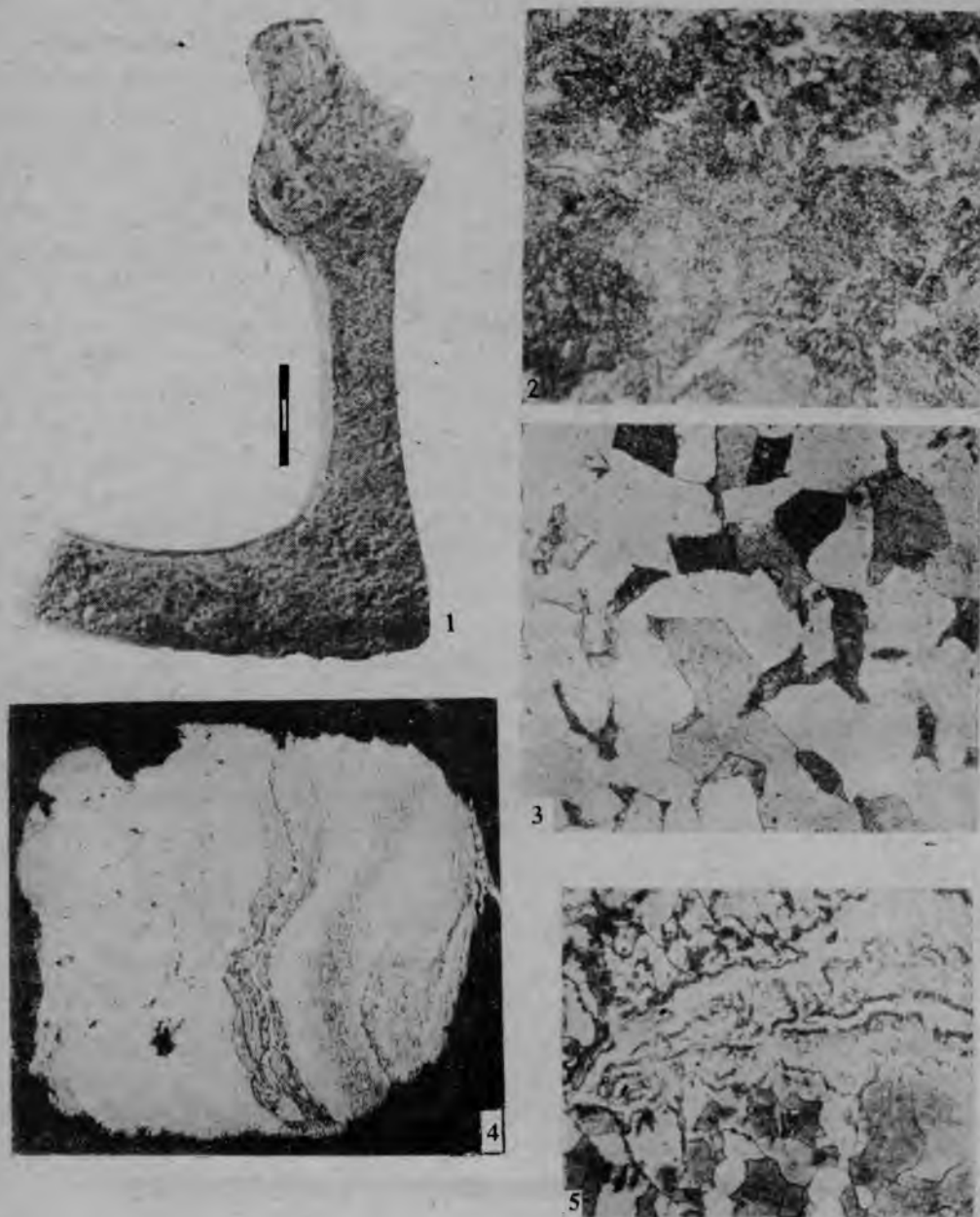
104. Ostroga (nr inw. 120). Ostroga ta została odkuta z miękkiego żelaza. Ma ona strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żużla i mikrotwardość 146 kG/mm².

105. Ostroga (nr inw. 1293). Makroskopowo stwierdzono, że ostrogę odkuto z miękkiego żelaza o budowie warstwowej, a kolec ostrogi nawęglono w celu utwardzenia. Kolec ostrogi ma drobnoziarnistą strukturę ferrytyczno-perlityczną, o mikrotwardości 225 kG/mm². Różne warstwy korpusu ostrogi posiadają strukturę ferrytyczną z niewielką ilością perlitu i drobnymi wtrąceniami żużla. Mikrotwardość ostrogi wynosi 193 kG/mm².

106. Grot bełtu kuszy (nr inw. 427). Grot odkuto na gorąco ze stali średniowęglowej, zakuwając jednocześnie materiał o zwiększonej zawartości węgla. Poszczególne warstwy posiadają strukturę perlityczno-ferrytyczną oraz ferrytyczną z mniejszą ilością perlitu.

107. Grot bełtu kuszy (nr inw. 522). Grot odkuto z miękkiego żelaza o strukturze ferrytycznej.

108. Kabłąk (nr inw. 32). Kabłąk odkuto z miękkiego żelaza o strukturze ferrytycznej z wtrąceniami żużla i ziarnie średniej wielkości.



Tabl. XXXII. 1 - 3 - próbka nr 98 (1 - czekan nr inw. 499; 2 - warstwa o zwiększonej zawartości węgla, 500 ×; 3 - warstwa odwęglona, 500 ×); 4 - 5 - próbka nr 110 - szpila z kółkiem nr inw. 171 (4 - schemat przekroju próbki, 10 ×; 5 - struktura ferrytyczna z wtrąceniami żużla, 100 ×)

Tabl. XXXII. 1 - 3 - échantillon N° 98 (1 - hache d'armes N° 499; 2 - couche à dose accrue de charbon, 500 ×; 3 - couche à charbon réduit à néant, 500 ×); 4 - 5 - échantillon N° 110 - épingle à anneau, N° 171 (4 - schéma de la coupe de l'échantillon, 10 ×; 5 - structure ferritique striée de scories, 100 ×)

109. Guz ozdobny (nr inw. 166). Guz został wykonany w ten sposób, że czaszkę kulistą odkuty ze stali, a następnie przylutowano do czaszy płaskiej stalowe denko przy pomocy miedzi. Część stalowa guza ma strukturę perlityczno-ferrytyczną z objawami przegrzania.

110. Szpila z kółkiem (nr inw. 171). Podobnie jak kleszcze kowalskie, tak i ten zabytek został odkuty z dwóch zgrzanych ze sobą kawałków żelaza z wtrąceniami żuźla (tabl. XXXII, 4). Zabytek ma strukturę ferrytyczną o drobnym ziarnie i z wtrąceniami żuźla (tabl. XXXII, 5). Nie zaobserwowano śladów nawęglania, ani obróbki cieplnej.

111. Okucie (nr inw. 198). Okucie wykonano z miękkiego żelaza zgrzanego z kilku kawałków. Ma ono strukturę ferrytyczną o nierównomiernej wielkości ziarna z wtrąceniami żuźla. Mikrotwardość okucia wynosi 129 kG/mm².

112. Gwóźdź (nr inw. 279). Gwóźdź został odkuty z jednego kawałka niskowęglowej stali. Ma on strukturę ferrytyczną z niewielką ilością perlitu i z niewielkimi wtrąceniami żuźla. Mikrotwardość gwoździa wynosi 170 kG/mm².

113. Klucz (nr inw. 1196). Badania makroskopowe wykazały, że klucz został odkuty z miękkiego żelaza z wtrąceniami żuźla. Posiada on strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żuźla o mikrotwardości 244 kG/mm².

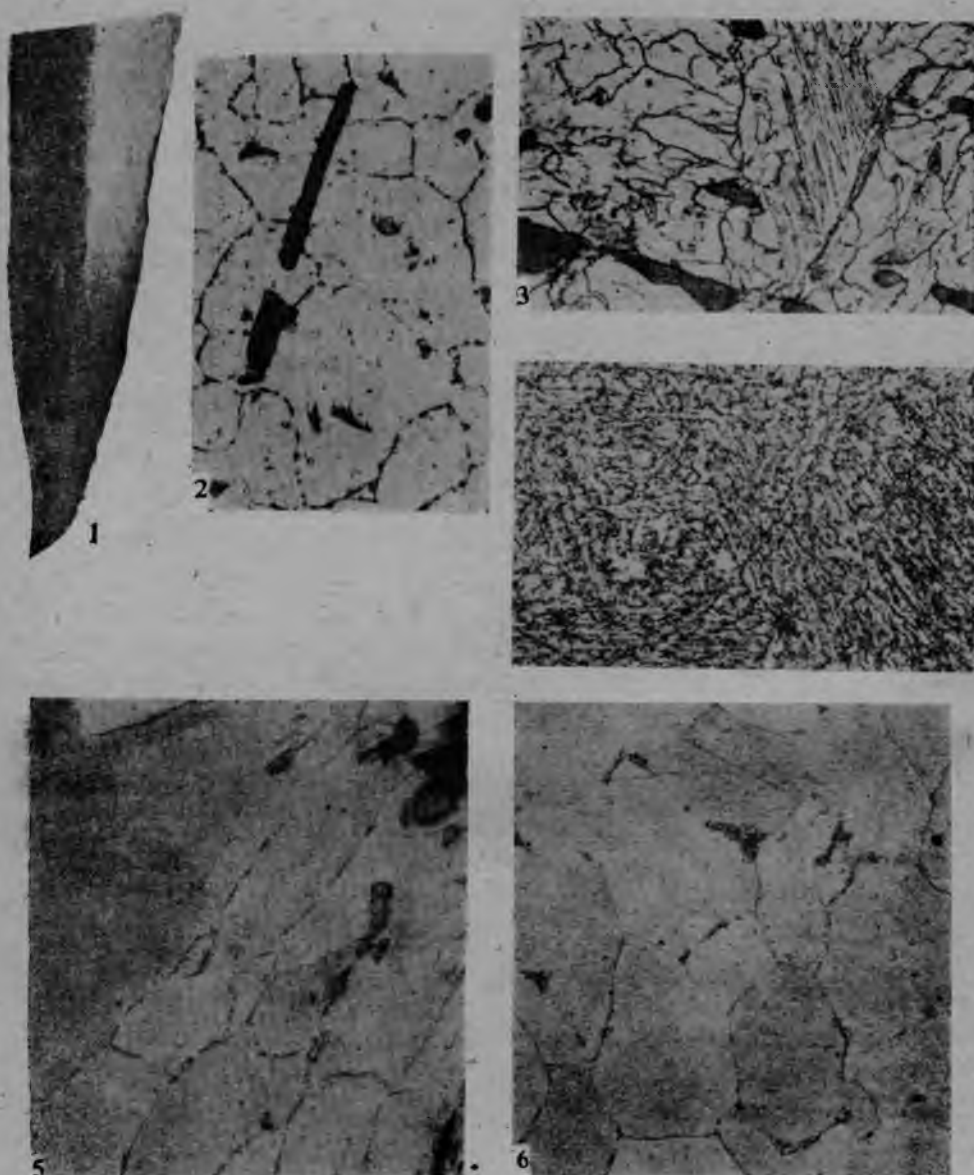
114. Obręcz (nr inw. 1294). Analiza makroskopowa wykazała, że badana obręcz została odkuta z czterech zgrzanych ze sobą pasków stali o różnej zawartości węgla. Paski zewnętrzne posiadają strukturę ferrytyczną z niewielką ilością drobnego perlitu o strukturze widmanstättenowskiej. Zawartość węgla w tych pasmach oceniana mikroskopowo wynosi około 0,2%, a ich mikrotwardość — 199 kG/mm². Pasma wewnętrzne ma strukturę drobnego perlitu z niewielką ilością ferrytu o mikrotwardości 277 kG/mm². Zawartość węgla w tym pasmie oceniana mikroskopowo wynosi około 0,6%.

115. Przedmiot (nr inw. 45). Badany przedmiot został odkuty z niskowęglowej stali o budowie pasmowej z wtrąceniami żuźla. Posiada on strukturę ferrytyczno-perlityczną z pewnymi objawami zgniotu na zimno w swojej węższej części.

116. Fragment przedmiotu (nr inw. 74). Zabytek ten został odkuty z kilku zgrzanych ze sobą warstw stali o różnej zawartości węgla. Warstwy twardsze mają strukturę perlityczno-ferrytyczną o niezbyt dużej twardości rzędu 215 kG/mm², warstwy miękkie — strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żuźla. Nie zaobserwowano śladów obróbki cieplnej.

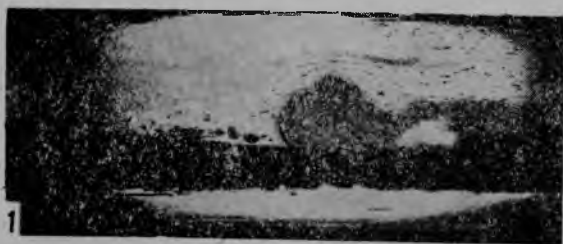
117. Przedmiot (nr inw. 126). Przedmiot ten został odkuty z miękkiego żelaza o strukturze ferrytycznej z wyraźnie widoczną likwacją fosforu i wtrąceniami żuźla.

118. Fragment przedmiotu (nr inw. 203). Fragment ten odkuto z miękkiego żelaza z wtrąceniami żuźla. Ma on strukturę ferrytyczną z drobnymi

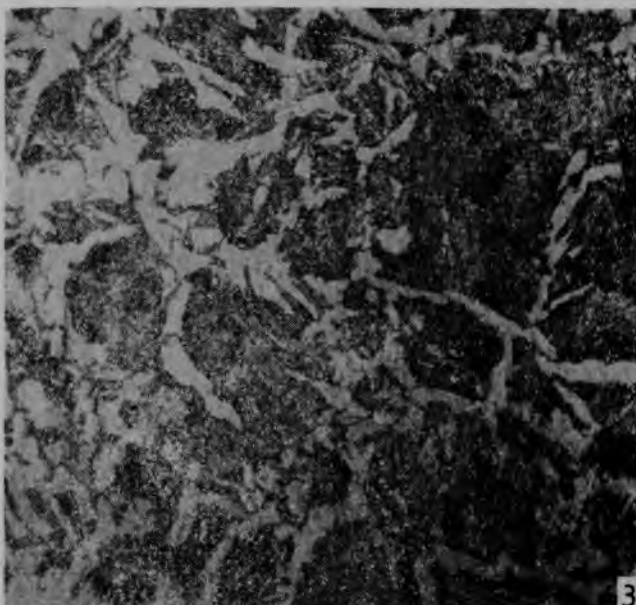


Tabl. XXXIII. 1 - 4 - próbka nr 99 - czekan nr inw. 1066 (1 - schemat przekroju próbki, 3×; 2 - struktura ferrytyczna warstwy żelaznej, 500×; 3 - strefa zgrzania, 500×; 4 - struktura sorbityczna ostrza, 500×); 5 - 6 - próbka nr 102 - ostroga nr inw. 425 (5 - zgniot materialu, 500×; 6 - struktura ferrytyczna, 500×) *

Tabl. XXXIII. 1 - 4 - échantillon N° 99 - hache d'armes N° 1066 (1 - schéma de la coupe de l'échantillon, 3×; 2 - structure ferritique de la couche de fer, 500×; 3 - zone du traitement à chaud, 500×; 4 - structure sorbitique de la lame, 500×); 5 - 6 - échantillon N° 102 - épéron N° 425 (5 - écrasement du matériel, 500×; 6 - structure ferritique, 500×)



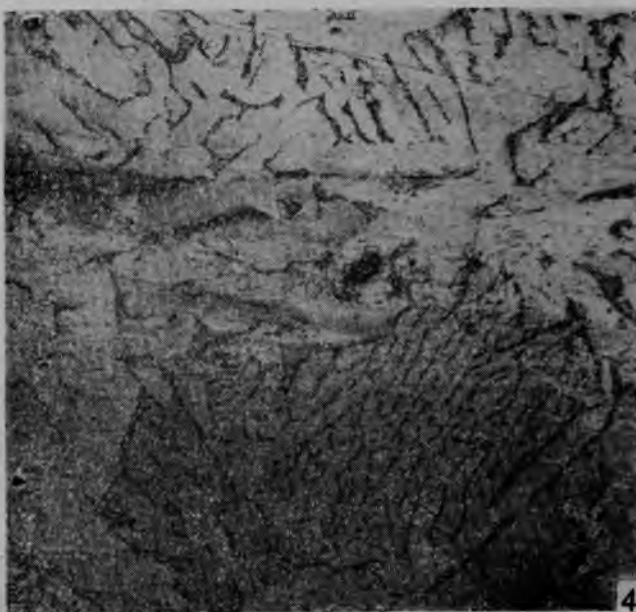
1



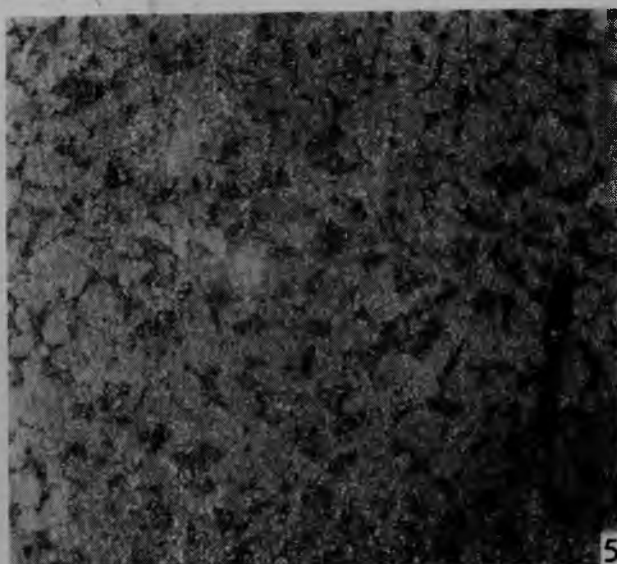
3



2



4



5

Tabl. XXXIV. 1 - 5 - próbka nr 106 - grot beltu kuszy nr inw. 427 (1 - schemat przekroju próbki, 3 ×; 2 - widok zakucia ostrza, 40 ×; 3 - miejsca wzbogacone w węgiel, 500 ×; 4 - struktura podstawy grotu, 500 ×; 5 - struktura ostrza, 500 ×)

Tabl. XXXIV. 1 - 5 - échantillon no 106 - fer de flèche d'arbalète, no 427 (1 - schéma de la coupe de l'échantillon 3 ×; 2 - vue du martèlement de la lame, 40 ×; 3 - endroits additionnés de charbon, 500 ×; 4 - structure de la base du fer de la flèche, 500 ×; 5 - structure de la pointe, 500 ×)

wtrąceniami azotków i z dużymi wtrąceniami żużla. Mikrotwardość badanego fragmentu wynosi 121 kG/mm².

119. Fragment przedmiotu (nr inw. 216). Fragment odkuto ze stali o niejednorodnej strukturze. Ma on strukturę perlityczną z siatką ferrytu, a miejscami strukturę perlityczną. Ilość wtrąceń żużlowych bardzo mała. Mikrotwardość fragmentu wynosi 233 kG/mm².

120. Fragment przedmiotu (nr inw. 219). Badany fragment został odkuty ze zgrzanych ze sobą kawałków żelaza. Ma on strukturę ferrytyczną o różnej wielkości ziarna z wtrąceniami żużla. Mikrotwardość fragmentu wynosi 156 kG/mm².

121. Fragment przedmiotu (nr inw. 278). Fragment został odkuty z miękkiego żelaza o strukturze pasmowej i z wtrąceniami żużla. Fragment wykazuje lokalne nawęglenie. Ma on strukturę ferrytyczną o dużym ziarnie i likwacji fosforu z wtrąceniami żużla. Część nawęglona ma perlityczno-ferrytyczną strukturę z wtrąceniami żużla. Mikrotwardość części ferrytycznej wynosi 254 kG/mm², a części nawęglonej — 279 kG/mm². Fragment nie był ulepszany cieplnie.

122. Przedmiot (nr inw. 363). Przedmiot odkuto z miękkiego żelaza o strukturze ferrytycznej.

123. Przedmiot (nr inw. 468). Przedmiot odkuto ze stali średniowęglowej o strukturze ferrytyczno-perlitycznej. W niektórych miejscach przy brzegu próbki stwierdzono zgniot.

124. Przedmiot (nr inw. 541). W wyniku analizy stwierdzono strukturę ferrytyczną o zróżnicowanym pod względem wielkości ziarnie ferrytu. Obserwuje się również licznie występujące długie nieciągłości materiału rozłożone wzdłuż próbki.

125. Przedmiot (nr inw. 985). Badany przedmiot odkuto z miękkiego żelaza. Wykazuje on ślady, raczej chyba przypadkowego nawęglenia warstwy grzbietowej przedmiotu. Korpus ma strukturę ferrytyczną z licznymi dużymi wtrąceniami żużla, wykazuje on miejscami wyraźną likwację fosforu. Warstwa nawęglona posiada strukturę ferrytyczną z niewielką ilością perlitu. Zawartość węgla w tej warstwie oceniona mikroskopowo wynosi około 0,2%. Mikrotwardość korpusu przedmiotu wynosi 199 kG/mm², a warstwy nawęglonej 239 kG/mm².

126. Podkowa (nr inw. 1247). Podkowa została odkuta z jednego kawałka miękkiego żelaza z wtrąceniami żużla. Ma ona strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żużla. Jej mikrotwardość wynosi 178 kG/mm².

127. Fragment przedmiotu (nr inw. 1291). Badania makroskopowe wykazały, że przedmiot ten został odkuty z trzech zgrzanych ze sobą kawałków żelaza. Ma on strukturę ferrytyczną z wtrąceniami żużla, o mikrotwardości 200 kG/mm². Nie znaleziono śladów utwardzania.

RECHERCHES CONCERNANT LES OBJETS EN FER DE STÄRMEN (BULGARIE)

par

ZBIGNIEW GŁOWACKI (Poznań), HANNA PRZYGODZKA (Warszawa)

Résumé

A l'appui des recherches que nous menions, nous faisons des macrophotographies avec agrandissement de 5 à 10 fois sur des coupes microscopiques macérant dans une solution alcoolique de 10% de HNO_3 , ainsi que des observations microscopiques, agrandies 100, 200 ou 500 fois sur des coupes microscopiques, macérant dans une solution de HNO_3 , contenant 2, 3, 5 ou 10% d'alcool. Nous mesurons aussi la microdureté à l'aide d'un micromesureur de dureté PMT-3 en le chargeant de 50 et de 100 g pendant 15 secondes.

127 objets dont la plupart datés des IX^e - X^e siècles, et seulement 16 des XII^e - XIV^e siècles, ont été examinés. Les résultats des analyses ont été présentés à tour de rôle selon les groupes d'objets, ordonnés en vertu de leur fonction.

Plusieurs méthodes technologiques concernant le traitement du métal ont été distinguées, en commençant par les plus simples — façonnage d'objets à partir du fer doux (ferrite) ou de l'acier à faible dose de charbon, non soumis à la trempe, — en passant par la technologie de la carburation et la méthode, rarement utilisée, de fabrication d'objets en acier mi-dur, jusqu'à la technologie de traitement à chaud des paquets de plusieurs couches à divers degrés de dureté. Un grand nombre d'objets, faits d'un seul morceau de métal ou bien de plusieurs, travaillés à chaud antérieurement, furent ensuite trempés supplémentamment.