

Halina WAŻNY, Danuta SUBSTYK

Badania rozkładu Mg, Al, Fe i Cr w chromitach za pomocą mikroanalizatora rentgenowskiego

WSTĘP

Złoża związane z intruzjami zasadowymi i ultrazasadowymi dają powyżej 90% światowej produkcji takich metali jak: chrom, platyna, nikiel, kobalt, wanad i in. Ponadto z intruzjami tego typu, a szczególnie ze strefami ich kontaktów z utworami granitoidowymi, wiąże się występowanie szeregu cennych surowców takich jak: azbest, talk, magnetyt, kamienie półszlachetne (nefryt, opal, chryzopraz) a także wielu innych.

Największym masywem ultrazasadowym na obszarze Sudetów jest masyw Gogołów — Jordanów, z którym związane są interesujące przejawy mineralizacji rudnej. Pod względem litologiczno-petrograficznym w części górnej, rozpoznanej bezpośrednimi obserwacjami, masyw ten zbudowany jest z bardziej lub mniej zwietrzałych serpentynitów, w których zachowały się relikty pierwotnych skał ultrazasadowych takich jak: perydotyty, dunity i piroksenity (S. Maciejewski, 1965). W stadium magmowym intruzji ultrazasadowej powstały charakterystyczne koncentracje chromitów, które stanowiły przedmiot eksploatacji (w latach 1890—1893, a następnie w czasie drugiej wojny światowej) w rejonie Tapadeł (Czarna Góra).

Szczegółowe zdjęcia szlichowe, wykonane w latach 1968—1969 (J. Fedak, M. Kowarz, 1969), wyznaczyły we współczesnych aluwiach centralnej części masywu strefę anomalnych koncentracji chromu, a wstępne badania mineralogiczne (S. Przeniosło, M. Stępniewski, 1972) pozwoliły na określenie paragenez mineralnych i jakości chromitów pod kątem ich przydatności dla celów przemysłowych.

Z punktu widzenia genezy rud chromitowych, a także możliwości określenia intruzji ultrazasadowych Dolnego Śląska jako miejsca występowania koncentracji rudnych, bardzo istotne stało się przeprowadzenie szczegółowych badań petrograficznych i geochemicznych.

CEL, MATERIAŁY i METODYKA BADAŃ

Celem badań geochemicznych mineralizacji chromitowej w intruzji Gogołów — Jordanów było ustalenie związków genetycznych ciał rudnych z poszczególnymi dyferencjatami magmy ultrazasadowej. Podczas badań przeanalizowano rozmieszczenie składników głównych i koncentracje pierwiastków śladowych w poszczególnych odmianach rudy chromitowej ze złoża z Tapadeł. W złożu tym wydzielono (T. Birecki, 1962) rudy masywne, ospowe i groniaste.

Ruda masywna wykształcona jest jako grubokrystaliczny chromit barwy czarnobrazowej, o przełamie nierównym i połysku metalicznym. Poszczególne kryształy chromitu mają najczęściej średnicę od 1—4 mm, a rzadziej nawet do 6 mm. Kryształy te oddzielone są od siebie minerałami chlorytowymi i serpentynowymi, tworzącymi sieć drobnych żyłek i wypełnień międzyziarnowych o grubości 0,1—0,8 mm. Mikroszczeliny w spękanych ziarnach chromitu wypełnia także masa minerałów płonnych. Badania rentgenostrukturalne tej odmiany rudy pozwoliły na zidentyfikowanie dwu faz: chromitu glinowego $\text{Fe}(\text{Cr},\text{Al})_2\text{O}_4$ oraz chrompikotyту $(\text{Mg},\text{Fe})(\text{Cr},\text{Al})_2\text{O}_4$.

Ruda ospowa zbudowana jest z drobnych (do 1 mm średnicy), ciemnych kryształów chromitu beładnie rozsiianych w masie chlorytowej i węglanowej. Są one zazwyczaj nieprzeświecające na całym przekroju. Za pomocą badań rentgenostrukturalnych stwierdzono w tej odmianie rudy obecność jedynie czystego chromitu glinowego.

Ruda groniasta składa się z agregatów ziaren chromitu w formie skupień okrągłych lub częścięj owalnych, o średnicy 5—15 mm. Agregaty te tkwią w masie chlorytowej i węglanowej, która wnika również między poszczególne ziarna i w mikroszczeliny tych ziaren. Wielkość poszczególnych ziaren chromitowych waha się najczęściej od 1—4 mm. Chromit tej odmiany rudy, jak wykazały badania rentgenostrukturalne, jest mieszaniną dwu faz krystalicznych: chromitu glinowego i chrompikotyту. Badania rentgenostrukturalne chromitów ze szlichów wykazały identyczność obu tych faz z fazami obserwowanymi w złożu z Tapadeł.

Do badań rozmieszczenia składników głównych (Cr, Fe, Al, Mg) wzięto próbki¹ z każdego z wyróżnionych typów rud chromu. Próbki były świeże, nie zmienione, o dobrze wykształconych cechach mineralogicznych. Wydzielenie fragmentów reprezentujących chromity nie nastęrczało większych trudności. Wyboru dokonywano pod lupą binokularną, preferując ziarna chromitu o kształcie charakterystycznym dla danego typu rudy. Próbki umieszczano w pierścieniu miedzianym, zatapiano w stopie Wooda i wykonywano zgłady polerowane, które następnie napyłano węglem. Tak przygotowane próbki umieszczano, powierzchnią polerowaną prostopadle do biegu wiązki elektronów, w komorze mikroanalizatora rentgenowskiego typu JxA-3A firmy JEOL, zwanego również mikrosonda elektronową². Napięcie wzbudzenia wynosiło 25 kV. Obszary

¹ Próbki do badań udostępnił J. Fedak z Zakładu Złóż Rud Metali Nieżelaznych IG.

² Badania przy zastosowaniu mikroanalizatora rentgenowskiego i elektronowego mikroskopu analitycznego zostały wykonane w Instytucie Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej.

do badań rozmieszczenia poszczególnych pierwiastków typowano na podstawie obrazów rentgenowskich ilustrujących topografię i kompozycję próbki. Szczególną uwagę zwracano na kontakt chromitu z żyłkami infiltracyjnymi. Obrazy rentgenowskie rozmieszczenia pierwiastków w określonym miejscu próbki, przedstawione na kolejnych figurach (tabl. I—VII), mają charakter przeglądowy, porównawczy i informują o względnej intensywności charakterystycznego promieniowania rentgenowskiego w badanym mikroobszarze.

Badania charakteru przestrzennego usytuowania ziaren chromitu w rudzie wykonano przy użyciu elektronowego mikroskopu analizującego typu JSM-2 firmy JEOL, wykorzystując do wytworzenia obrazu elektrony wtórne. Stosowano prądy wiązki rzędu 10^{-10} A, przy napięciu przyspieszającym 25 kV. Elektronowy mikroskop analizujący, zwany również mikroskopem skaningowym, ze względu na rodzaj tworzenia się i utrwalania obrazu pozwala na uzyskiwanie dużej głębi ostrości i ma głównie zastosowanie do badań powierzchni nierównych. W badaniach petrograficzno-mineralogicznych jest cennym uzupełnieniem powszechnie stosowanych metod mikroskopii optycznej. Do badań charakteru przestrzennego usytuowania ziaren chromitu w rudzie zakwalifikowano, podobnie jak poprzednio, próbki z trzech wyżej wymienionych typów rudy chromitowej. Próbki umieszczano w pierścieniu miedzianym o średnicy 10 mm i zatapiano w stopie Wooda tak, by powierzchnia przełamu nie została zanieczyszczona stopem i była równoległa do podstawy pierścienia. Przygotowane w ten sposób próbki nasyłano węglem, celem wytworzenia warstewki przewodzącej umożliwiającej odprowadzenie elektronów, i umieszczano w komorze mikroskopu, stosując próżnię 10^{-6} Tr.

Wstępne obserwacje powierzchni próbek, odwzorowane na ekranie monitora, prowadzono przy powiększeniu 100 X. Fragmenty powierzchni, ujawniające wyraźne pokroje ziaren i sposób ich rozmieszczenia w próbce, a także przejawy innej mineralizacji, fotografowano przy odpowiednio dobranych powiększeniach: 50 X, 150 X, 500 X. Wartości powiększeń dotyczą obrazu o wymiarach 10×10 cm.

WYNIKI BADAŃ GEOCHEMICZNYCH

Spinele chromowe, podobnie jak i minerały skałotwórcze, mają swój specyficzny skład chemiczny w każdej petrograficznej formacji. W obrębie każdego ciała rudnego występuje strefowość, wyrażająca się zarówno w rozmieszczeniu tekstur rud, jak i w zmianach ich składu chemicznego. Zmiany te obserwuje się przede wszystkim w zawartości tlenków kationów głównych. Stwierdzono na przykład, że rudne spinele chromowe chromitonośnych intruzji obszarów geosynkлинаlnych o złożonej dyferencjacji charakteryzują się o wiele większą różnorodnością składu chemicznego niż spinele chromowe w intruzjach o małej dyferencjacji. Rudne spinele chromowe różnią się także znacznie pod względem składu chemicznego od spineli akcesorycznych ze skał otaczających.

Dla interpretacji środowiska geochemicznego okazały się najistotniej-

Tabela 1

Zawartość procentowa Cr i Cr₂O₃ w odmianach rudy chromitowej ze złoża z Tapadeł

Odmiana rudy	Cr	Cr ₂ O ₃
Masywna	24,6	35,9
Groniasta	29,2	42,6
Ospowa	36,2	52,9

sze: tlenek magnezu (MgO), tlenek glinu (Al₂O₃), tlenki żelaza (FeO i Fe₂O₃) i tlenek chromu (Cr₂O₃), a także domieszki tytanu, wanadu, niklu i kobaltu.

Według A. G. Bietiechtina (1955) zawartość Cr₂O₃ w poszczególnych minerałach z grupy spineli chromowych waha się w granicach 18—62%. Zawartość tego związku w odmianach rudy chromitowej ze złoża z Tapadeł podano w tab. 1.

W tabeli 2 zestawiono skład chemiczny spineli chromowych z rudy z Tapadeł (wg K. Spangenberg, 1943), rudy ze złóż chromitowych Kuby (*vide* I. W. Pawłow, I. I. Grigoriewa-Czuprinina, 1973) i ze złoża z Południowej Kraka (Ural) z terenu ZSRR (wg I. W. Pawłowa, I. I. Grigoriewej-Czuprininy, 1973).

Porównując wyniki tych analiz obserwuje się większe podobieństwo złoża z Tapadeł do złoża z terenu ZSRR niż do złoża z Kuby. Obydwa załączone przykłady (Kuba i ZSRR) dotyczą złóż z chromitonośnych intruzji ultrazasadowych z obszarów geosynkлинаlnych. Z wahań zawartości kationów w komórkach elementarnych obu grup spineli (chromitu glinowego i chrompikotyty) wynika, że zachodzi w nich umiarkowane izomorficzne podstawianie między glinem a chromem, przy nieco

Tabela 2

Analizy chemiczne spineli chromowych

Skład chemiczny	Zawartość w % wag.		
	Tapadeł (Czarna Góra) (wg K. Spangenberg, 1943)	Kuba (<i>vide</i> I. W. Pawłow, I. I. Grigoriewa-Czupri- nina, 1973)	Południowa Kraka (Ural) ZSRR (wg I. W. Pawłowa, I. I. Grigoriewej-Czupri- niny, 1973)
Al ₂ O ₃	19,90—25,80	11,67—45,18	8,46—15,06
Fe ₂ O ₃	0,00—2,28	2,18—3,93	0,70—2,12
FeO	13,35—16,99	10,28—15,27	12,90—17,61
MgO	14,77—18,00	12,55—22,65	12,05—15,32
MnO	0,00—0,58	0,03—0,17	0,15—0,36
Cr ₂ O ₃	39,85—41,23	17,95—59,91	50,99—58,37

mniej szych zmianach zawartości żelaza i magnezu. Spinele chromowe ze złóż Kuby charakteryzują się natomiast znacznym izomorfizmem między chromem a glinem, przy wyraźniej mniej szych zmianach zawartości Fe^{2+} i Mg^{2+} i stałej zawartości Fe^{3+} .

W celu przeanalizowania sposobu rozmieszczenia kationów głównych w spinelach chromowych wykonane zostały analizy rozkładu Mg, Al, Fe i Cr w głównych typach rudy chromitowej za pomocą mikroanalizatora rentgenowskiego. Ziarna chromitu z rudy masywnej przedstawia tabl. I, fig. 1—6 (pow. 600 X). Widoczna tu żyłka stanowi mikroszczelinę w ziarnie wypełnioną serpentynem. Badane ziarno charakteryzuje się wysoką zawartością równomiernie rozmieszczonych atomów chromu. Podobnie rozmieszczone są atomy żelaza, chociaż koncentracja ich jest wyraźniej niższa. Rozkład magnezu i glinu charakteryzuje pewna strefowość, polegająca na większym zgrupowaniu atomów w pobliżu kontaktu z żyłką serpentynu. Niska zawartość glinu sugeruje, że badany minerał reprezentuje chrompikotyt $(Mg,Fe)(Cr,Al)_2O_4$.

Ziarno chromitu z odmiany ospowej rudy ilustruje tabl. II, fig. 7—12. Równomierne rozmieszczenie kationów Cr, Fe, Al i Mg w ziarnie minerału dowodzi, że izomorficzne podstawienie atomów, zwłaszcza między Cr a Al, zachodziło na dużą skalę. Wysoka zawartość glinu wskazuje na fazę krystaliczną chromitu glinowego.

Inną, bogatą w Mg, odmianę spinelu chromowego z rudy ospowej przedstawia tabl. III, fig. 13—18. Przecinająca ziarno mikroszczelina wypełniona jest również serpentynem, który z uwagi na łusczkowate wykształcenie jest jego odmianą blaszkowatą — antygorytem. O ile rozkład atomów Cr i Fe jest tu bardzo równomierny, rozmieszczenie Mg i Al jest mniej uporządkowane, z wyraźną tendencją wzrostu koncentracji na kontakcie z żyłką w lewym dolnym mikroobszarze ziarna. Górna krawędź żyłki jest odmieszana fazą krystaliczną innego minerału. W płytce cienkiej wśród skupień antygorytowych stwierdzono obecność drobnych ziaren TiO_2 — prawdopodobnie brukitu. Badany minerał z uwagi na znaczną zawartość magnezu jest odmianą chrompikotyту o wzorze strukturalnym $(Mg,Fe)(Cr,Al)_2O_4$.

Chromit glinowy o wzorze $Fe(Cr,Al)_2O_4$ z rudy groniastej przedstawia tabl. V, fig. 25—30. Ziarno jest tu silnie splekane. Chrom w znacznym stopniu został podstawiony przez glin, który obok żelaza jest tu drugim głównym kationem. Magnez koncentruje się przeważnie w mikroszczelinach ziaren chromitu, które wypełnia masa antygorytowo-magnezytowa. Glin rozmieszczony jest symetrycznie, zawartość jego zwiększa się stopniowo w kierunku krawędzi ziaren. Odwrotną tendencję obserwujemy w przypadku żelaza, które maksymalną koncentrację wykazuje w środku ziarna. W płytkach cienkich stwierdzono przeświecanie środków ziaren chromitu. Inny mikroobszar tej samej rudy groniastej ilustruje tabl. IV, fig. 19—24. Uchwycony tu został kontakt ziarna chromitu z żyłką skały płonnej, o zróżnicowanym składzie chemicznym. Chromit reprezentuje glinową odmianę spinelu o bardzo równomiernym rozmieszczeniu atomów Cr i Fe. Jest to odmiana spinelu o wyższej koncentracji chromu niż w przypadku poprzednim. Glin rozmieszczony jest nierównomiernie, podobnie jak magnez, który obficie gromadzi się w silniej splekanych partiach minerału. Żyłka wypełniona jest bogatym

w magnez minerałem, który na podstawie badań mikroskopowych płytek cienkich został określony jako magnezyt.

Przestrzenny obraz usytuowania ziaren chromitu w rudzie przedstawiają fotografie wykonane za pomocą mikroskopu skaningowego. W typie masywnym rudy (tabl. VI, fig. 31) struktura próbki jest zbita i zwarta. Na powierzchni przełamu widoczne są ziarna chromitu ściśle przylegające do siebie (pow. 100 X). Przy powiększeniu 300 X (tabl. VI, fig. 32) obserwuje się ściany boczne kryształu chromitu z wyraźnie zarysowaną postacią krystalograficzną, bez przejawów mineralizacji na styku ziaren. Przy powiększeniu 1000 X (tabl. VI, fig. 33) widoczne są początki mineralizacji serpentynu w postaci drobnych łuseczkowatych ziaren na krawędziach kryształu.

W typie ospowym rudy (tabl. VI, fig. 34) widoczne są pojedyncze ziarna tkwiące w masie skalnej. Często masa skalna wypełnia żyłki rozdzielające ziarna. Przy powiększeniu 300 X (tabl. VI, fig. 35) dwa ziarna rozdzielone są żyłkami o innej strukturze. Figura 36 (pow. 1000 X) ilustruje granicę między żyłką a ziarnem chromitu. Kontakt ziarna z substancją otaczającą nie jest bardzo ostry. Figura 37 przedstawia inny fragment ziarna o wyraźnym pokroju ścian, z zachowanym kątem między płaszczyznami łupliwości. Ściany ziarna są gładkie, dobrze odizolowane od masy skalnej.

W typie groniastym rudy (tabl. VII, fig. 38) ziarna chromitu występują w skupieniach, w obrębie których w przestrzeniach międzyziarnowych brak jest substancji wypełniającej. Skupienia ziaren tkwią natomiast w masie tej substancji (tabl. VII, fig. 39). Niekiedy w spękaniach ziaren widoczne są przejawy innej mineralizacji (tabl. VII, fig. 40; pow. 1000 X).

Tabela 3

Zawartość procentowa pierwiastków śladowych w odmianach rud chromitowej ze złoża z Tapadeł

Odmiana rudy		Mn	Ti	Ni	Co	V
Masywna	I	0,10	0,17	0,10	0,02	0,10
	II	0,12	0,20	0,15	0,03	0,10
Ospowa	I	0,08	0,12	0,25	0,02	0,08
	II	0,09	0,15	0,20	0,02	0,09
Groniasta		0,08	0,10	0,20	0,02	0,05

Zawartość mikroskładników w chromitach występujących na obszarze Sudetów nie była dotychczas badana. W tabeli 3 przedstawiono zawartość pierwiastków śladowych grupy żelaza, tj.: Mn, Ti, Ni, Co, V ze spineli chromowych rudy z Tapadeł, oznaczonych metodą analizy spektralnej. Zawartość małych domieszek tytanu, wanadu i manganu w spinelach chromowych skał i rud różnych ultrazasadowych formacji zależy bezpośrednio od ilości żelaza. W badanych próbkach zależność

ta uwidoczniła się wyższą zawartością tych pierwiastków w odmianach spineli bogatych w żelazo z rudy masywnej i w chrompikotycie z rudy ospowej. Wyższe koncentracje niklu w odmianach spineli bogatych w magnez wskazują na znacznie silniejszy związek niklu z magnezem niż z żelazem. Stosunek zawartości niklu do kobaltu jest dość wysoki i waha się w granicach 5—12. W spinelach chromowych rudy chromitowej z Południowej Kraka z terenu ZSRR zawartość NiO i CoO wynosi 0,01—0,20‰, MnO — 0,15—0,36‰, TiO₂ — 0,22—0,29‰, V₂O₅ — 0,01—0,13‰. W spinelach chromowych ze złoża z terenu Kuby zawartość analogicznych związków kształtuje się w podobnych granicach, tj.: MnO — 0,03—0,17‰, TiO₂ — 0,06—0,44‰, V₂O₅ — 0,00—0,11‰, NiO — 0,00—0,15‰, CoO — 0,00—0,05‰.

Porównując powyższe dane z wynikami uzyskanymi dla spineli chromowych z omawianego obszaru można stwierdzić dość dużą zgodność zarówno wysokości koncentracji, jak i wahań w przedziałach koncentracji dla poszczególnych pierwiastków. Stosunkowo małe zróżnicowanie tych zawartości w spinelach różnych typów rudy chromitowej świadczy z jednej strony o izomorficznym rozproszeniu tych pierwiastków w substancji mineralnej, z drugiej zaś może sugerować, że minerały te krystalizowały ze stopu o dość jednolitym składzie.

Przedstawione wyniki stanowią pierwszy etap badań i mają na celu podanie ogólnej charakterystyki geochemicznej chromitów sudeckich. O wyborze do badań minerałów z rudy chromitowej z kopalni w Tapadłach zdecydował dobry stan zachowania spineli chromowych.

Zakład Petrografii, Mineralogii i Geochemii
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Instytut Inżynierii Materiałowej
Politechniki Warszawskiej
Warszawa, ul. Nowowiejska 24
Nadesłano dnia 24 lutego 1975 r.

PIŚMIENICTWO

- BIETIECHTIN A. G. (1955) — Podstawy mineralogii. Wyd. Geol. Warszawa.
- BIRECKI T. (1962) — Występowanie chromitów w Tapadłach. *Prz. geol.*, 10, p. 144—150, nr 3. Warszawa.
- FEDAK J., KOWARZ M. (1969) — Wyniki zdjęcia szlichowego na obszarze Gogołów — Jordanów. *Arch. Inst. Geol. (maszynopis)*. Warszawa.
- MACIEJEWSKI S. (1965) — Wyniki badań dolnośląskich masywów perydotytowo-serpentytowych pod kątem poszukiwań chromitów oraz program dalszych badań. *Arch. Inst. Geol. (maszynopis)*. Warszawa.
- PRZENIOSŁO S., STEPNIEWSKI M. (1972) — Minerale z rozsypisk chromitowych w okolicy Uliczna na Dolnym Śląsku. *Kwart. geol.*, 16, p. 948—963, nr 4. Warszawa.
- SPANGENBERG K. (1943) — Die Chromerzlagerstätte von Tampadel am Zobten. *Z. prakt. Geol.*, 51, p. 13—23. Berlin.
- ПАВЛОВ И. В., ГРИГОРЬЕВА-ЧУПРЫНИНА И. И. (1973) — Закономерности формирования хромитовых месторождений. Москва.

Халина ВАЖНЫ, Данута СУБСТЫК

**ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ Mg, Al, Fe, И Cr, В ХРОМИТАХ
ПРИ ПОМОЩИ РЕНТГЕНОВСКОГО МИКРОАНАЛИЗАТОРА**

Резюме

Целью исследований являлось определение пределов концентрации и распределения микроэлементов в хромитах. Установлена тесная зависимость между микроэлементами и главными элементами в модификациях хромитовой руды. Содержание титана, ванадия и марганца в хромовых шпинелях непосредственно зависит от содержания в них железа. Установлено более сильное соединение никеля с магнием чем с железом. С использованием рентгеновского микроанализатора проанализирован способ распределения в хромовых шпинелях главных катионов (магния, алюминия, железа и хрома).

Halina WAŻNY, Danuta SUBSTYK

**X-RAY ANALYZER EXAMINATIONS OF Mg, Al, Fe, AND Cr
DISTRIBUTION IN CHROMITES**

S u m m a r y

The present studies aimed at determining the concentration and distribution of trace elements in chromites. A close dependence has been found between the trace and the major elements in the chromite ore varieties. The titanium, vanadium and manganese content in the chromium spinels is dependent directly on the iron content. It has been found that nickel is considerably closer related to magnesium than to iron. The distribution of main cations (magnesium, aluminum, iron and chromium) in chromites has been examined by X-ray analyzer techniques.

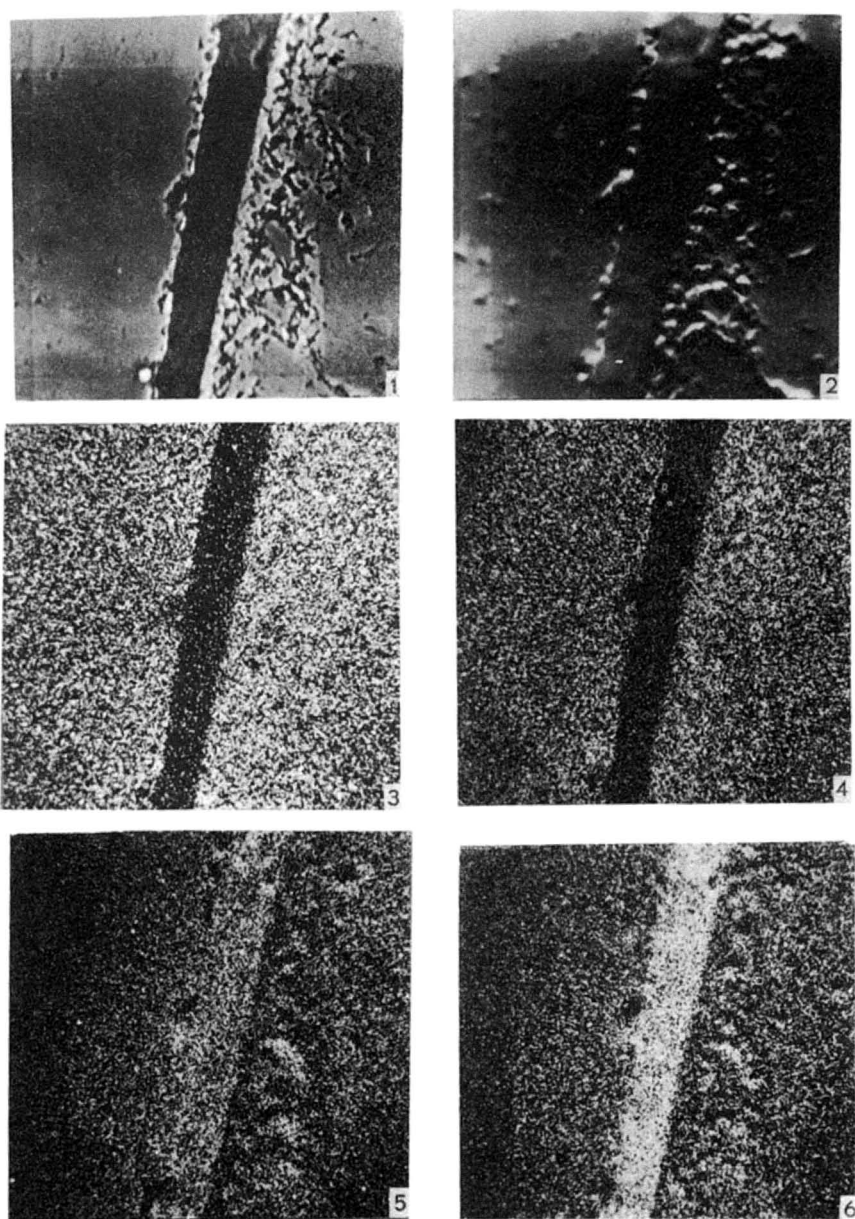


Fig. 1—6. Chromit z rudy masywnej (pow. 600 X)
1 — obraz różnic składu chemicznego; 2 — topografia powierzchni; obrazy rentgenowskie rozmieszczenia: 3 — Cr; 4 — Fe; 5 — Al; 6 — Mg
Chromite from massive ore (magn. X 600)
1 — composition image; 2 — topography; X-ray images of: 3 — Cr; 4 — Fe; 5 — Al; 6 — Mg

Halina WAŻNY, Danuta SUBSTYK — Badania rozkładu Mg, Al, Fe i Cr w chromitach za pomocą mikroanalizatora rentgenowskiego

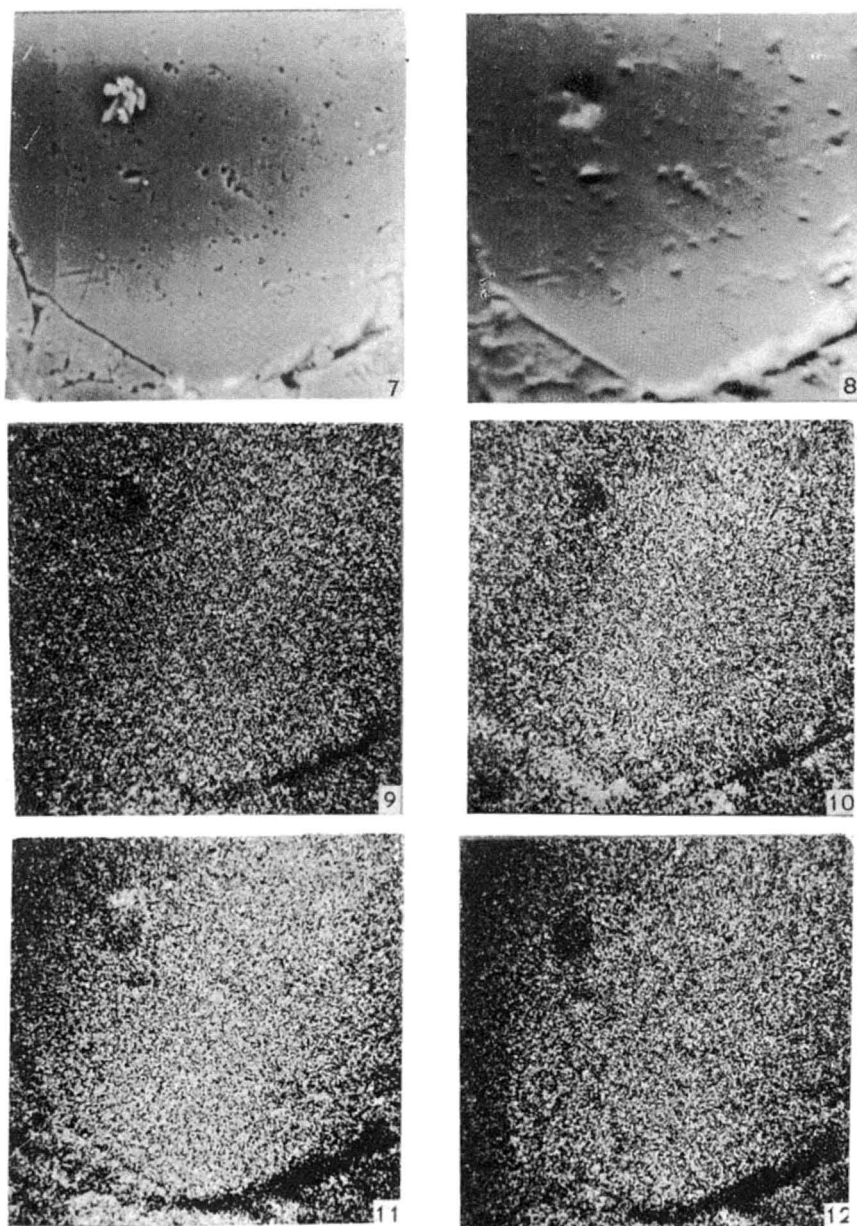


Fig. 7—12. Chromit z rudy ospowej (pow. 600 \times)

7 — obraz różnic składu chemicznego; 8 — topografia powierzchni; obrazy rentgenowskie rozmieszczenia: 9 — Cr; 10 — Fe; 11 — Al; 12 — Mg

Chromite from mottled ore (magn. \times 600)

7 — composition image; 8 — topography; X-ray images of: 9 — Cr; 10 — Fe; 11 — Al; 12 — Mg

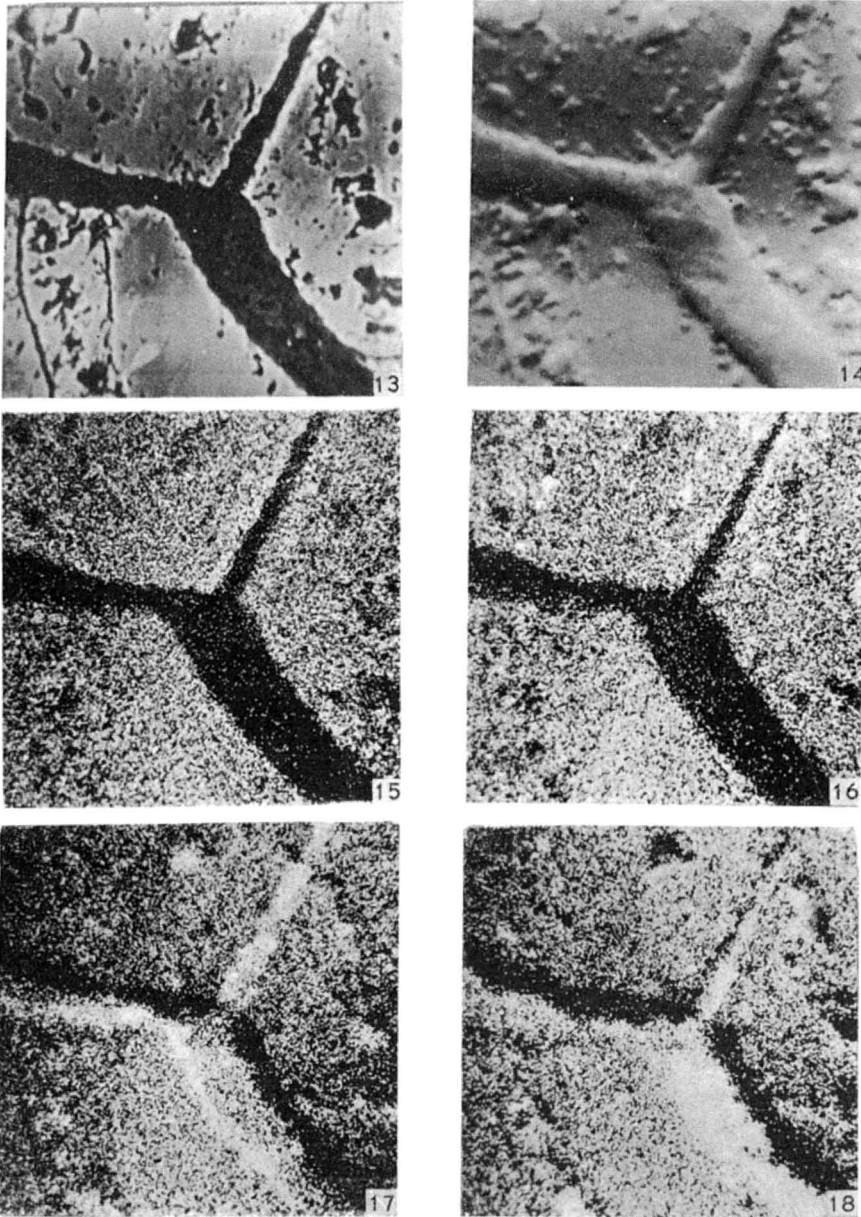


Fig. 13—18. Chromit z rudy ospowej (odmiana spinelu bogata w Mg; pow. 600 \times)
 13 — obraz różnic składu chemicznego; 14 — topografia powierzchni; obrazy rentgenowskie rozmieszczenia: 15 — Cr; 16 — Fe; 17 — Al; 18 — Mg
 Chromite from mottled ore (spinel variety rich in Mg; magn. \times 600)
 13 — composition image; 14 — topography; X-ray images of: 15 — Cr; 16 — Fe; 17 — Al; 18 — Mg

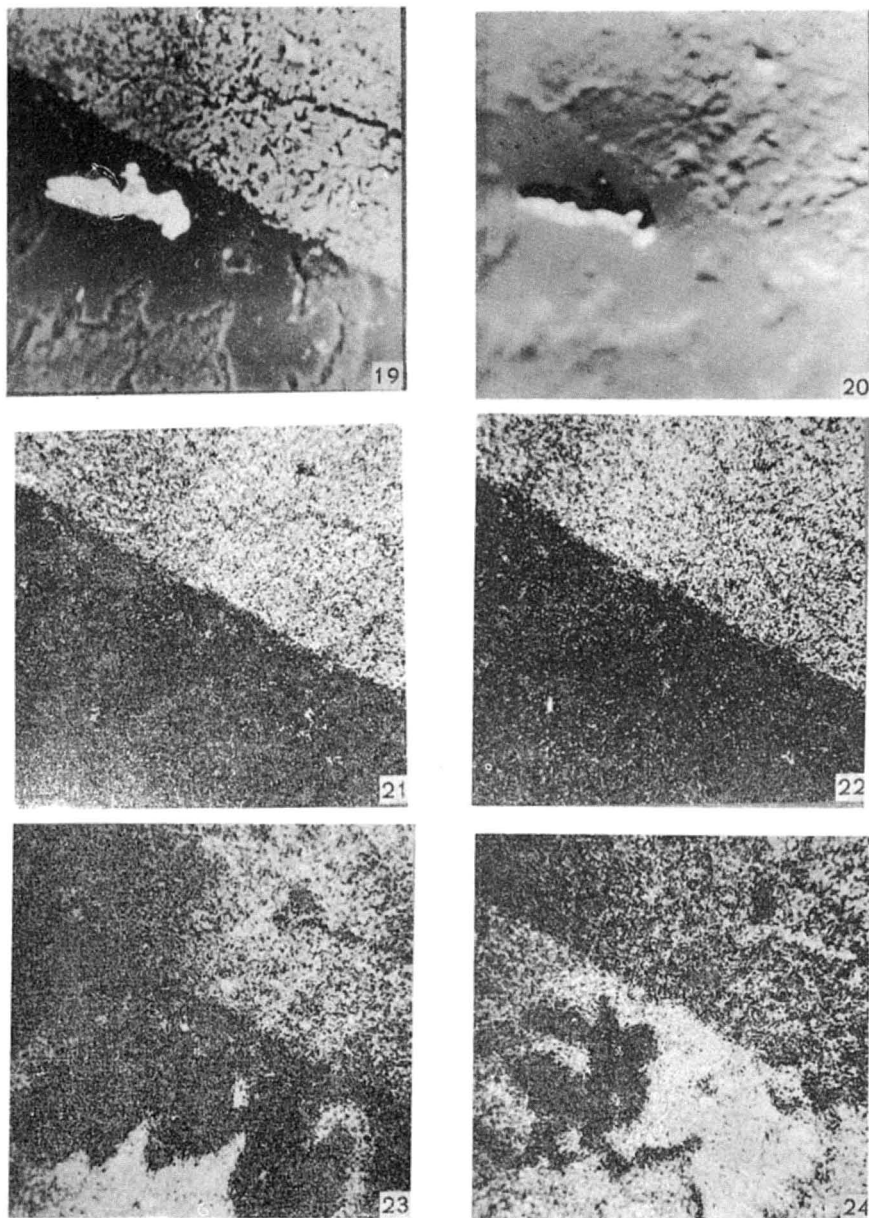


Fig. 19—24. Chromit glinowy z rudy groniastej (pow. 600 X)
 19 — obraz różnic składu chemicznego; 20 — topografia powierzchni; obrazy rentgenowskie rozmieszczenia: 21 — Cr; 22 — Fe; 23 — Al; 24 — Mg
 Aluminous chromite from botryoidal ore (magn. X 600)
 19 — composition image; 20 — topography; X-ray images of: 21 — Cr; 22 — Fe; 23 — Al; 24 — Mg

Halina WAŻNY, Danuta SUBSTYK — Badania rozkładu Mg, Al, Fe i Cr w chromitach za pomocą mikroanalizatora rentgenowskiego

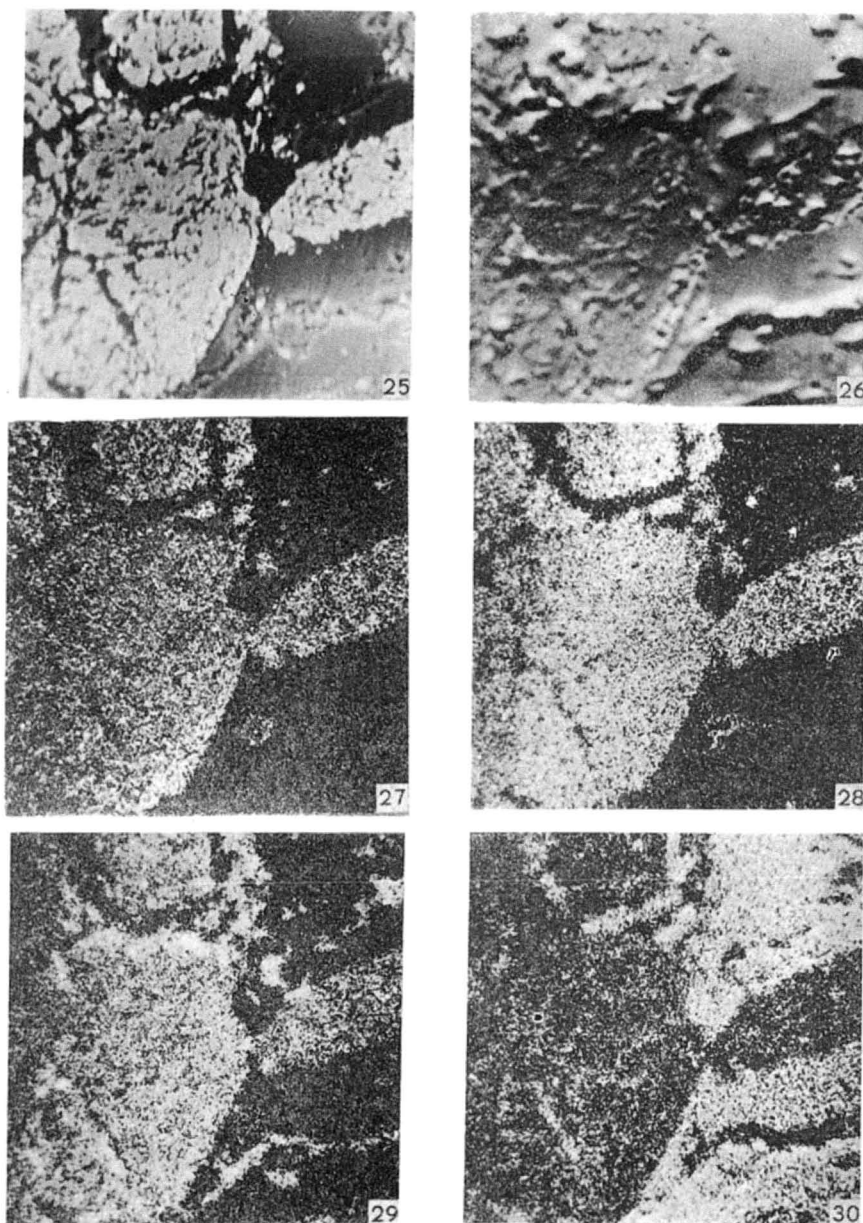


Fig. 25—30. Chromit jak na tabl. IV (inny mikroobszar; pow. 600 X)
 25 — obraz różnic składu chemicznego; 26 — topografia powierzchni; obrazy rentgenowskie rozmieszczenia: 27 — Cr; 28 — Fe; 29 — Al; 30 — Mg
 Chromite as in Pl. IV (different microarea; magn. X 600)
 25 — composition image; 26 — topography; X-ray images of: 27 — Cr; 28 — Fe; 29 — Al; 30 — Mg

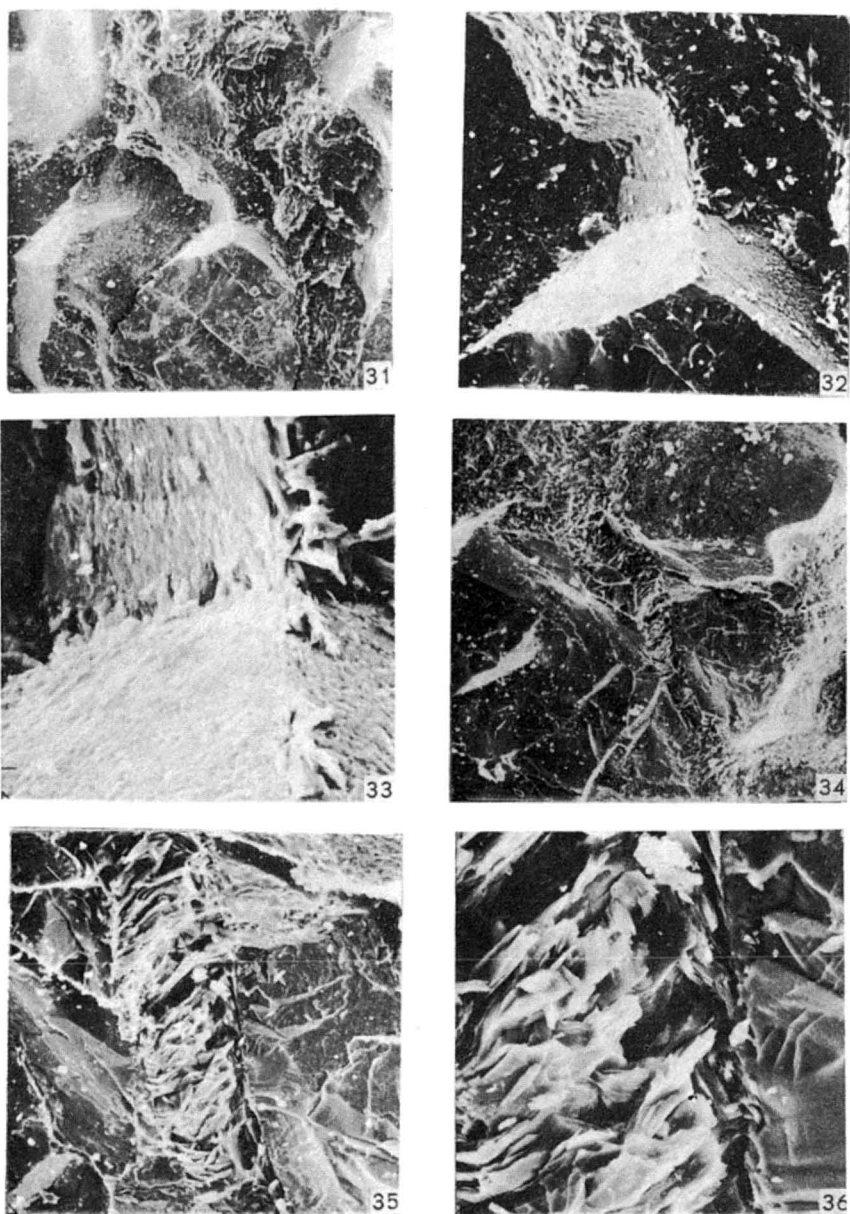


Fig. 31—36. Charakter rozmieszczenia ziaren chromitu w rudzie chromitowej
 Odmiana masywna: 31 — pow. 100 \times ; 32 — pow. 300 \times ; 33 — pow. 1000 \times ; odmiana ospowa: 34 — pow. 100 \times ; 35 — pow. 300 \times ; 36 — pow. 1000 \times
 Chromite grains distribution in chromite ore
 Massive variety: 31 — magn. \times 100; 32 — magn. \times 300; 33 — magn. \times 1000; mottled variety: 34 — magn. \times 100; 35 — magn. \times 300; 36 — magn. \times 1000

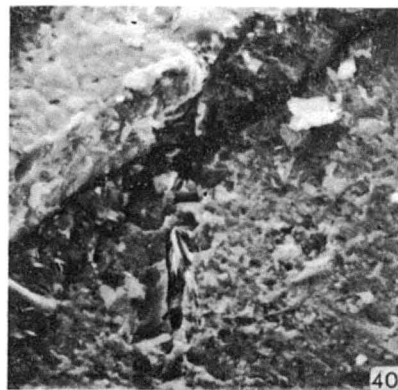
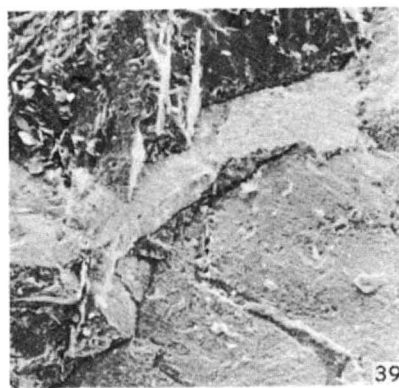
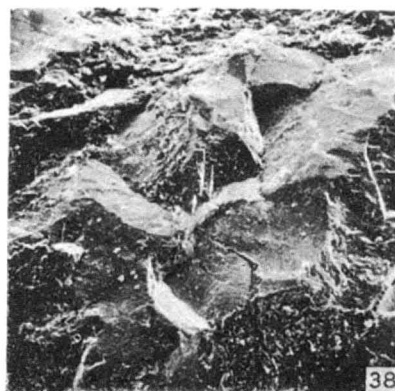
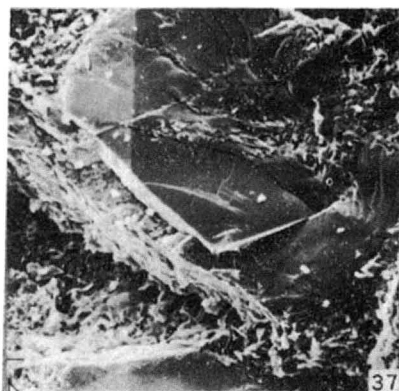


Fig. 37—40. Charakter rozmieszczenia ziaren chromitu w rudzie chromitowej
Odmiana ospowa (inny fragment ziarna): 37 — pow. 1000 \times ; odmiana groniasta:
38 — pow. 100 \times ; 39 — pow. 300 \times ; 40 — pow. 1000 \times
Chromite grains distribution in chromite ore
Mottled variety (different part of the grain): 37 — magn. \times 1000; botryoidal variety:
38 — magn. \times 100; 39 — magn. \times 300; 40 — magn. \times 1000