

Geol. vjesnik	Vol. 41	str. 81—86	Zagreb 1988.
---------------	---------	------------	--------------

UDK 548.0:548.73:549.5:549.6

Izvorni znanstveni rad

## Izmjena titanita i orijentirano srastanje rutila i titanita od Alinaca kraj Prilepa u Makedoniji

Vladimir BERMANEC<sup>1</sup> i Vladimir ZEBEC<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mineraloško-petrografski zavod PMF-a, Demetrova 1, YU—41000 Zagreb

<sup>2</sup>Hrvatski prirodoslovni muzej, Demetrova 1, YU—41000 Zagreb

U pegmatitsko-hidrotermalnim žilama sa Crnog kamena kraj Alinaca kristali titanita su djelomično izmijenjeni. Rutil i anatas su produkti izmjene.

In the pegmatitic-hydrothermal veins from Crni Kamen near Alinci crystals of titanite were partly altered. Rutile and anatase are products of alteration.

### UVOD

Pegmatitsko-hidrotermalne žile u alkalijskim sijenitima kod Alinaca istraživane su u više navrata, od čega treba izdvojiti detaljna mineraloška određivanja L. j. Barića (1965). On tu opisuje čitav niz minerala, od kojih je posebno obradio: mikroklin, apatit, albit, titanit, hijalit, amfibol, a spominje još, od oksida, kremen, davidit, ilmenit, branerit i magnetit te od sulfida galenit, halkopirit, sfalerit, kovelin (i uz njega azurit), a također i pirit koji je potpuno limonitiziran. Ponekad se može naći i rutil samostalan kao i orijentirano prirastao na ilmenitu. Parageneza je proširena i nalazom monacita koji je detaljno istražen (Bermanec, Tibljaš & Kniewald, 1986.)

Spomenuti titanit ne javlja se često, nego tu i tamo zajedno s amfibolom, albitom i mikroklinom. Pojavljuje se kao dosta veliki kristali čak do 5 cm. Boja im je kao tamnožuti med. Ponekad su bistri, ali su češće mutni, neprozirni i zahvaćeni izmjenama koje su olakšane duž čestih, ponekad nepravilnih, pukotina u mineralnim zrnima.

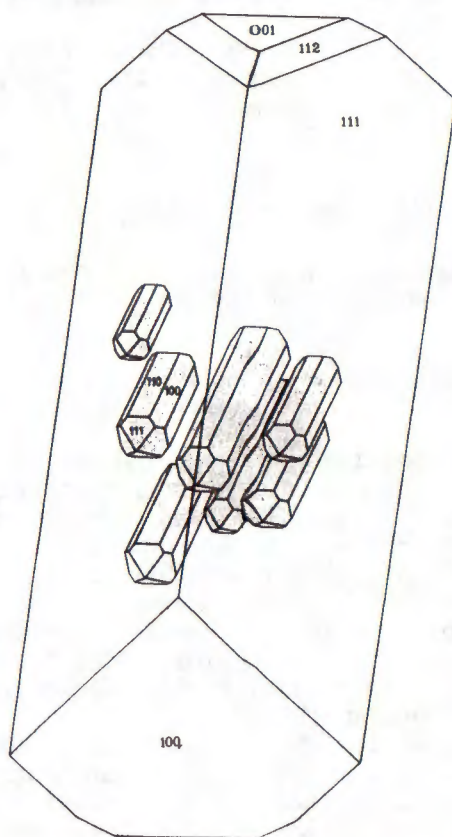
Habitus kristala je tipičan u obliku kuverte i na njima je Barić (1965) odredio plohe 13 formi već poznatih za titanit ( $\{001\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{100\}$ ,  $\{310\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{130\}$ ,  $\{103\}$ ,  $\{021\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{112\}$ ,  $\{111\}$ ,  $\{332\}$ ,  $\{221\}$ ) i jednu  $\{13.9.1\}$  novu. Plohe su indicirane prema osnom odnosu  $a:b:c=0.7547:1:0.8540$  i  $\beta = 60^\circ 17'$  i postavi po Descloizeaux-u. Relativno često se mogu pronaći za titanit karakteristični sraslaci po  $\{100\}$ .

### ALTERACIJA TITANITA U ANATAS

Dio titanita iz Alinaca bio je nakon kristalizacije izložen alteraciji pod utjecajem hidrotermi, koje su djelovale i na ostale do tada formirane mi-

nerale. Pri pažljivom pregledu uzoraka titanita, glinenaca i amfibola, može se primijetiti izmjena, pa zatim otapanje glinenaca, a isto tako i amfibola, koji mogu ostaviti iza sebe jasne negativne kristale (kalupe) u titanitu.

U toku tih izmjena i titanit je prešao u žuti sitnozrni (submikroskopskih dimenzija) porozni materijal, koji je zadržao oblik kristala titanita. Najčešće je vidljivo da taj proces i nije dovršen, o čemu svjedoče okca svježeg titanita. Taj žuti promijenjeni materijal je određen rentgenograf-

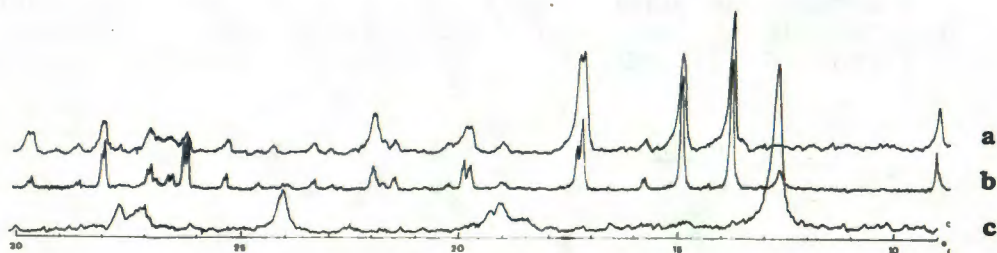


Sl. 1. Orijentirano srastanje rutila i titanita, Alinci.

Fig. 1. Oriented growth of rutile and titanite, Alinci.

ski metodom praška kao anatas, pa tako po sastavu, veličini zrna, poroznosti i boji odgovara tvari koja se često navodi pod imenom »leukoksen« (Mineraly, 1965; McAfee i Wolf, 1973). Usporedba rentgenograma praha svježeg titanita, djelomično izmjenjenog i potpuno izmjenjenog u anatas vidi se iz sl. 2.

Titanit je jednoznačno određen pomoću dvokružnog refleksnog gonijometra, kao i rentgenografski metodom difrakcije na prahu. Na kristali-



- S1. 2. Usporedba rentgenskog difraktograma praha:  
 a) neizmjenjeni titanit,  
 b) djelomično izmjenjeni titanit u anatas i  
 c) konačni produkt izmjene titanita — anatas.

- Fig. 2. Comparison of x-ray diffraction patterns:  
 a) unaltered titanite,  
 b) partly altered titanite to anatase and  
 c) finally product of alteration of titanite — anatase.

Tablica — Table 1

*Rentgenografski podaci za pseudomorfozu anatasa po titanitu iz Alinaca*  
 X-ray diffraction pattern for pseudomorphosis of anatase on titanite, Alinci

$d_0$	d	$I_0$	I	hkl
3.4957	3.52	100	100	101
2.4232	2.431	10	10	103
2.3618	2.378	20	20	004
2.3359	2.332	10	10	112
1.89086	1.892	30	35	200
1.69513	1.6999	20	20	105
1.66448	1.6665	20	20	211

- $d_0$  — opažene vrijednosti međumrežnih razmaka  
 — observed d-spacing  
 d — vrijednosti međumrežnih razmaka iz literature (JCPDS file 21-1272)  
 — d-spacing from literature  
 $I_0$  — relativni intenzitet opaženih refleksa (procjenom visine maksimuma)  
 — observed relative intensities of reflection  
 I — literaturni podaci intenziteta refleksa (JCPDS file 21-1272)  
 — relative intensities of reflection from literature

ma su određene plohe svega četiri forme: {001}, {100}, {111} i {112}, koje su indicirane kao i kod Barića (1965).

Iz difraktograma praha titanita izračunate su vrijednosti parametara jedinične ćelije i dobivene su vrijednosti:  $a = 6.557(8)$ ,  $b = 8.702(11)$ ,  $c = 7.461(13)$  i  $\beta = 119.74^{\circ}(8)$ .

Tablica — Table 2  
Rentgenografski podaci za titanit iz Alinaca  
X-ray diffraction pattern of titanite from Alinci

$d_0$	$d$	$I_0$	$I$	hkl
4.9279	4.93	25	30	11 $\bar{1}$
3.2410	3.233	100	100	111
2.9980	2.989	85	90	202
2.6084		45		13 $\bar{1}$
	2.595		90	
2.5923		30		022
2.2856	2.273	15	30	13 $\bar{2}$
2.2695		15		112
				041
2.0659	2.058	15	40	
				31 $\bar{1}$
				042
1.80252	1.802	10	10	
				24 $\bar{1}$
				202
1.74585	1.741	45	20	
				33 $\bar{2}$
1.64659	1.643	30	40	333
1.50048	1.554	25	20	113
				400
1.42135	1.418	20	40	
				153

Oznake su iste kao i u tablici 1. Literaturne vrijednosti su preuzete iz JCPDS filea 11—142.

Intenziteti su ponešto poremećeni zbog teškoća pri izbjegavanju preferirane orijentacije.

#### ALTERACIJA TITANITA U RUTIL I NJIHOVO ORIJENTIRANO SRASTANJE

Vrlo rijetko se u nekim kristalima neznatno izmijenjenog (mutnog, neprozirnog) titanita, ukoliko se slome mogu pronaći orijentirano odložene iglice nekog drugog crvenog minerala, dijamantnog sjaja. Taj mineral je određen kao rutil, mjerenjem na dvokružnom refleksnom goniometru određeno je prisustvo slijedećih formi: {100}, {110}, {210}, {111} i {331}. Za indiciranje je korišten osni odnos za rutil ( $a:c=1:0.6442$ ) kako ga daju Palache, Berman & Frondel (1952). Plohe forme {110} prepoznaju se po dobro izraženoj kalavosti. Kristalići rutila se nalaze isključivo unutar kristala titanita i međusobno su odvojeni kako se vidi i sa slike 1.

Izvršena su goniometrijska mjerenja jednog i drugog minerala na istom uzorku, da bi se dobila njihova međusobna orijentacija. Mjerenja su pokazala da su kristali rutila i titanita međusobno srasli tako da je jedan par nasuprotnih ploha forme {110} rutila paralelan sa plohama forme {001} titanita; pri tome se kristalografska os {001} rutila poklapa sa kristalografskom osi [100] titanita. Iz opisane međusobne orijentacije slijedi da je drugi par nasuprotnih ploha iste forme {110} rutila paralelan sa parom ploha forme {010} titanita.

To se može pisati na uobičajeni način za orijentirana srastanja:

rutil (110) [001] || titanit (001) {100}

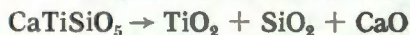
U pregledanoj literaturi nema podataka o takvom srastanju.

Opisani uzorak je pohranjen u zbirci Mineraloško-petrografskog odjela Hrvatskog prirodoslovnog muzeja u Zagrebu, inv. br. 4143.

#### ZAKLJUČAK

Na promatranim uzorcima kristalizaciji titanita je prethodilo odlaganje glinenaca i dijela amfibola. Amfiboli prate rast titanita i nastavljaju odlaganje nakon završene kristalizacije titanita. Glavna faza kristalizacije u tim žilama završava odlaganjem kremenena, koji najčešće popunjava veći dio preostalog prostora.

Kristali titanita na kojima je ustanovljeno orijentirano srastanje sa rutilom bili su obuhvaćeni kremenom. Nakon odvajanja kremenena od kristala titanita pokazalo se da su neki kristali rutila rastući u titanitu, dosegli njegovu površinu, tj. granicu sa kremenom. Ovi kristali rutila odražavaju na kraju otisak kremenog kalupa i ne stvaraju vlastite terminalne plohe. Takav rast rutila upućuje na njegov postanak nakon završene kristalizacije titanita i starijeg kremenena. Očigledno je da je rutil, kao i ranije spomenuti anatas, nastao na račun titanita. Jedna i druga alteracija se mogla dogoditi pod utjecajem hidroterme koja je izazvala promjene na titanitu po slijedećoj reakciji:



$\text{TiO}_2$  je u manjoj mjeri zastupljen kao rutil, a većim dijelom kao anatas. Tim raspadom nastali  $\text{SiO}_2$  djelom je bio izlužen, a ostatak odložen duž pukotina u djelomično već izmijenjenim titanitima, gdje prema starijem kremenu pokazuje iste otiske kao i rutil. Kalcij je mogao biti odnesen otopinama. To je u potpunom suglasju sa poroznošću sekundarnog materijala odloženog u prostoru bivšeg titanita i uz očuvanje kontura njegovih kristala; naime i molarni volumeni i volumeni jediničnih ćelija titanita i anatasa odnose se gotovo kao 3:1, a to znači da u produktu alteracije na pore otpada veliki dio volumena prvobitnog titanita.

Rutil je, kao što je poznato, viša, a anatas niža temperaturna modifikacija i uz pretpostavku raspada titanita pod utjecajem hidrotermi može se očekivati da je viša temperatura pogodovala formiranju rutila, a niža formiranju anatasa.

Najljepše se zahvaljujemo prof. dr Stjepanu Šćavničaru na korisnim primjedbama i savjetima tokom izrade ovog rada.

Primljeno: 11. 1. 1988.

## LITERATURA

- Barić, Lj. (1965): Mineralgange von Crni Kamen bei dem Dorfe Alinci im Mazedonien. — *Tschermak's mineral.-petrol. Mitt.* 10/1—4, 368—378. Wien.
- Bermanec, V., Tibljaš, D. & Kniewald, G. (1986): Monacit iz hidrotermalnih žica sa Crnog Kamena kraj sela Alinci (Prilep — Makedonija). Referat na III simpoziju JAM.
- McAfee, G. R. Jr. & Wolf, C. L. (1973): Glossary of Geology. Ed. American Geological Institute. Washington D. C.
- Mineraly, Tom II, Vypusk 2, p. 300. Izd. »Nauka«. Moskva. 1965.
- Palache, C., Berman, H. & Frondel, C. (1951): Dana's System of Mineralogy 7<sup>th</sup> edit. Vol. I. John Wiley & sons Inc. New York.
- Powder Diffraction file, JCPDS 11-142.
- Powder Diffraction file, JCPDS 21-1272.

### Alteration of titanite and oriented growth of rutile and titanite from Alinci near Prilep, Macedonia

V. Bermanec and V. Zebec

In the pegmatitic-hydrothermal veins inside alcaic syenites, near Alinci village in Macedonia, in which titanite is one among the minerals described before (Barić, 1965. and Bermanec & all. 1986.), partly or completely altered titanite crystals occur. A products of alteration are two TiO<sub>2</sub> modifications — less rutile as needles inside titanite and more anatase as submicroscopic aggregate which had not lost titanite habit. Anatase was determined by x-ray diffraction — powder method (tab. 1. and fig. 2).

Rutile crystals show oriented growth inside titanite. Their orientation was determined by two circle reflecting goniometer and it can be shown as follows:

rutile (110) [001] || titanite (001) [100];

with axial ratio for titanite  $a : b : c = 0.7547 : 1 : 0.8540$  and  $\beta = 119.83^\circ$  and for rutile  $a : c = 0.6442$ . On the fig. 1. oriented growth is shown.