KISÉRLET A MÉLYSÉGTŐL FÜGGŐ TÍPUSVÁLTOZÁS MEGÁLLAPITÁSÁRA A BOURNONIT PÉLDÁJÁN

TOKODY LÁSZLÓ

Összefoglalás. Két lelőhely bournonitján végzett vizsgálatokból kiderült, hogy a kristályok termete, alakzata és ikerképződése a szintmélységtől függ.

A bournonit a hidrotermális telepképződések későbbi, viszonylag kis hőmérsékleti szakaszaiban válik ki. Baia Mare (Nagybánya) és Baia Sprie (Felsőbánya) ércteléreín aránylag gyakori ásvány. A nagybányai Kereszthegy három szintjéről származó kristályok tanulmányozásából következtetéseket sikerült levonni a bournonit termetének, alakzatának és ikerképződésének változására a mélységtől függően. E megállapítások érvényesek a felsőbányai bournonitra is.

A nagybányai Kereszthegyi-bányából származó bournonit kristálytani sajátságait Schmidt S. tanulmányozta [1]. Valószínűleg a VI. szintről származó bournonit kristályok. Kísérőásványai: szfalerit, galenit, kalkopirit, antimonit, pirit, barnapát és kvarc. A barnapát apró kristályai között található bournonit igen fényes, oszlopos kristályokban jelenik meg. Az antimonit társaságában levő bournonit-kristályok nagyobbak és az előbbiekkel ellentétben vastag táblásak, lapjaik kevésbé tökéletesek. A megvizsgált négy kristály közül három a rövid-oszlopos, egy a lapos-táblás típusba tartozik. Az oszlopos kristályok kivétel nélkül ikrek, mégpedig kettő négyes- egy meg ötösiker. A lapos-táblás kristály prizmazónája erősen fogazott az a (100) és m (110) ismétlődése miatt; a kristály egyszerű, nem iker. A két típus kristályain Schmidt S. 23 formát határozott meg, éspedig

a (100)	d (160)	δ (021)	O (213)
b (010)	z (201)	n (011)	v (211)
c (001)	C (503)	g (221)	
e (210)	o (101)	y (111)	
m (110)	x (102)	p (223)	
f (120)	ε (103)	u (112)	
Φ (140)	Σ (031)	φ (113)	

Az 1943. évben Nagybányán igen szép bournonit-kristályokat gyűjtöttem, a Kereszthegyi-bánya VII. és IX. szintjéről.

A VII. szint bournonit-kristályai olyan telérkőzeten keletkeztek, melynek vaskos kvarc tömegében főleg pirit és kalkopirit, kisebb mennyiségben galenit és szfalerit található. A darab üregeit szürkés kvarckristályok bélelik ki. A kvarckristályokra telepedett a bournonit. Helyenként a kvarcot és olykor a bournonitot is aprókristályos, enyhén rózsaszínű barnapát vonja be.

A IX. szintről származó kvarcos telérkőzetben behintve pirit és kalkopirit ismerhető fel. Erre durvaszemcsés, fehér kalcit települ a darab egy részén hasadékkitöltésként. Vagy a kalciton, vagy közvetlenül a szintelen, máskor fehér, illetve szürkés kvarckristályokon találhatók az olykor mind a két végükön kifejlett bournonit-kristályok, melyeket helyenként apró, vörösbarna, illetve fekete szfalerit-kristályok kísérnek.

A kvarcon elszórtan helyezkednek el az egyszerű kombinációjú piritkristályok, amelyek formái megegyeznek a Zimányi- illetve Tokody-tól leírt kristályalakokkal [2].

A darab felületét fehér dolomit (ankerit) kristályok borítják, melyek gyakran a bournonitra is rátelepednek. Általában a dolomiton ülnek a kicsiny szfalerit-kristályok, egyszer-másszor azonban a bournoniton is fellelhetők.

A tanulmányozott két bournonitos darab ásványtársasága tehát eltérő, de eltérő — mint látni fogjuk — a bournonit-kristályok termete és alakzata is.

A VII. szintről két kristályt mértem. Az egyik kristály méretei: hosszúság a c-tengely irányában 3 mm, vastagság 3,5 mm, a kristály tehát táblás. A másik kristály hossza 1,5 mm, vastagsága 0,5 mm; a kristály oszlopos.

A IX. szint kristályai kivétel nélkül határozottan oszlopos termetűek. A darabról leválasztott három kristály mérete: hosszúság 2, 3 és 1,5 mm, vastagság — ugyanabban a sorrendben — 1,5, 1,75 és 1 mm. E nagyság-adatok a már mérésre leválasztott kristályokra vonatkoznak. A kristályok oszlopos termetét bizonyítja három — a darabon könnyebben hozzáférhető — kristály mérete, ezek hosszúsága 12, 8 és 9 mm és megfelelő sorrendben a vastagsága 1,5, 2 és 1 mm.

Schmidt oszlopos kristályainak mérete: 1, 1,5, 1 mm hosszúság és 0,67, 0,8, 0,75 mm vastagság; táblás kristályának mérete pedig: 1,4 mm hosszúság és 2,6 mm vastagság.

A VII. és IX. szintről mért 5 kristályon a következő 37 kristályalakot állapítottam meg:

a (100)	f (120)	(720)	* (557)
b (010)	α (230)	(610)	ϰ (334)
c (001)	ψ (560)	* (5,5.19)	(20.20.21)
n (011)	m (110)	(449)	y (111)
* (13.0.14)	* (650)	* (338)	* (11.11.10)
o (101)	k (540)	* (10.10.21)	K (554)
L (150)	(950)	u (112)	* (358)
Φ (140)	e (210)	S (559)	
i (130)	* (940)	E (558)	
(6.13.0)	* (730)	p (223)	

Schmidt S. 23 kristályalakja közül tizenegyet sikerült újra megtalálnom, ellenben a bournonitra 10 általában új alakon kívül a kereszthegyi bournonitra 13 újabb formát határoztam meg s így a nagybányai Kereszthegyi-bánya bournonit kristályalakjainak száma: 48.

A formák meghatározására szolgáló szögértékek igen jól vagy kitűnően egyeznek a számítottakkal és egyes — néha nem is gyakori — kristályalakok mért és számított szögértékei is kitűnően egyeznek.

A kereszthegyi bournonit általam mért kristályai kivétel nélkül ikerkristályok, éspedig hármas illetve négyes ikrek.

A bournonit új formáinak szögadatai:

		mért	számított *	± Δ
(13.0.14) : (001)	=	41° 40′	41° 36′ 02″	0° 03′ 58″
: (100)	=	48° 52′	48° 23′ 58″	0° 28′ 02″
(650) : (010)	=	52° 13′	51° 59′ 11″	0° 13′ 49″
(940) :	=	67° 02′	67° 22′ 10″	0° 20′ 10″
(730) :	=	68° 06′	68° 06′ 0″	0° 00′ 0″
(5.5.19) : (001)	=	19° 10′	19° 02′ 13″	0° 07′ 47″
(338) :	=	26° 18′	26° 10′ 45″	0° 07′ 15″
(10.10.21) :	=	32° 12′	31° 58′ 31″	0° 13′ 29″
(557) :	=	43° 35′	43° 07′ 09″	0° 27′ 51″
(11.11.10) :	=	55° 13′	55° 15′ 37″	0° 02′ 37″
(358) : (112)	=	7° 56′	7° 49′ 52″	0° 06′ 08″
: (101)	=	36° 22′	36° 05′ 52″	0° 16′ 08″

* V. Goldschmidt értékeiből számítva.

A véglapok közül, az a(100 és b(010) közel egyenlő nagyok, olykor a [001] öv legnagyobb lapjai. A szokott kifejlődésben alakulnak ki, az a(100) fényesebb, mint a b(010) és az o(101) közelében rostozott. A c(001) nagy lapjainak felülete egyenetlen, görbült felszínét gyakran a nem egy síkban fekvő ikeregyének zavarják.

Az első prizmafajták közül egyedül az n(011) jelent meg középnagy lapokkal.

Két második prizmafajta lépett fel. Az egyik a bournoniton közönséges o(101). A másik az új *(13.0.14) az előbbi vicinálisának tekinthető, ámbár tőle 2°06′58″-cel tér el. A forma csak egy kristályon és csak egy lappal fejlődött ki; bizonytalan.

A harmadik fajta prizmák nagy számban szerepelnek. Mindenkor keskeny és többnyire függőlegesen rostozott lapok. Egy kristályról sem hiányzik az m(110).

K(540) és α(230) két kristályon alakult ki egy-egy lappal. Az α(230) kétségtelen megállapítása különösen nehéz, mert ikerösszenövés esetén más ikerhelyzetben levő prizmalapokkal azonosítható [7]. A Kereszthegyi-bánya bournonitján az m(110) és Φ(140), illetve Φ(140) és ψ(560) között jelent meg. Hasonlóképpen két kristályon lépett fel az L(150), Φ(140), f(120), e(210).

Csak egy-egy kristályon alakult ki általában egy lappal az i(130), (6.13.0), ψ(560), (950), (720), (610). Ezek nem gyakori formák. A (6.13.0)-t Miers állapította meg Neudorf és Herodsfoot Mine bournonitján, szintén ő figyelte meg ugyancsak Herodsfoot Mine-ről az (560) és Servozról a (610) alakot [4]; az (560) a felsőbányai bournoniton is előfordul [8]. A (950) Termier vizsgálataiból Peychanard (Isére) bournonitjáról ismeretes [5], a Kereszthegyi-bánya egyik kristályán 3 lappal fejlődött ki.

A (720) először Óradna bournonitjáról vált ismeretessé [6], majd a felsőbányáról is sikerült kimutatni [8].

Új harmadik fajta prizma a *(650), *(940) és *(730).

A *(650) egy kristályon az m(110) és k(540) között fejlődött ki; keskeny lapja sima, tükrözése jó. A mért és számított értékek egyezése kielégítő. A forma biztosnak tekinthető.

A *(940) egy kristályon alakult ki. Függőlegesen rostozott lapja keskeny; tükrözése halvány, ezért mért és számított értékei között kissé nagy az eltérés. A forma kétes.

A *(730) középnagy lapja függőlegesen rostozott. Tükrözése jó. Mért és számított értékei kitűnően egyeznek. A forma biztos.

A Kereszthegyi-bánya bournonitján szereplő bipiramisok — egy kivételével — főradiális övbe tartoznak, közöttük a leggyakoribb a minden kristályon megfigyelhető u(112). Nagy lapjai igen jól tükröztek. A többi bipiramis keskeny lapokkal alakult ki.

A (449) alakot Mauritz a pulacayoi bournoniton figyelte meg s a kétes formák közé sorolta [7]. A Kereszthegyi-bánya egyik bournonit-kristályán keskeny, sima, kitűnően tükröző lappal biztosan megállapítható: mért és számított szögértékei tökéletesen egyeznek. Szintén csak egy-egy kristályon egy lappal lépett fel a $\varkappa$(334), (20.20.21) és K(554).

A $\varkappa$(334) nem gyakori; a biztos forma keskeny lapja jól tükrözött.

A (20.20.21) alakot Miers mint bizonytalan formát Endellionról írta le [4]. A Kereszthegyi-bánya egyik kristályán kitűnően tükröző, igen keskeny lappal jelent meg. A K(554) keskeny lapja jól tükrözött.

Két-két kristályon lépett fel az S(559), E(558) és p(223). Az S(559) alakot először Miers Herodsfoot Mine kristályán észlelte. Az egyik kereszthegyi kristályon egy gyengén tükröző, a másik kristályon négy jól tükröző lappal fejlődött ki. A p(223) egy, illetve két gyengén tükröző lappal volt megfigyelhető.

A megvizsgált kristályokon 6 új bipiramist állapítottam meg. Két forma, az $*$(5.5.19) és a $*$(557) abba az (55*l*) sorba tartozik, melyből eddig az S(559), E(558) és K(554) ismeretes. Mindkét forma csak egy-egy lappal jelent meg. Az $*$(557) halványan tükröző lapja p(223) és $\varkappa$(334) közti élet tompította; mért és számított szögértékei kevésbé jól egyeznek, ezért a $*$(557) egyszerű indexe ellenére bizonytalan.

A $*$(5.5.19) a c(001) és (449) között alakult ki. Keskeny lapja jól tükrözött. Mért és számított szögei jól egyeznek. A forma az Ω(114) vicinálisának tekinthető, tőle 0°53'13''-cel tér el, vele nem azonosítható.

A $*$(338) sima keskeny lapja jól tükrözött. A (33*l*) sorba tartozik, amelyből $\varkappa$(334) és μ(332) ismeretes. A forma biztosnak vehető.

A $*$(10.10.21) az u(112) vicinálisa lenne, de szögértékeik 1°16'29''-nyi különbsége miatt nem azonosíthatók, úgyszintén a Miers-től Herodsfoot Mine-ról leírt P(10.10.19)-cel sem, melytől 2°38'29''-cel tér el. A $*$(10.10.21) egy kristályon jelent meg két sima, kitűnően tükröző lappal, ezért mért és számított szögértékei között jobb egyezés lett volna várható. A forma — magas indexére való tekintettel — kétséges.

A $*$(11.11.10) egy kristályon két jól tükröző lappal fejlődött ki. Mért és számított szögértékei kitűnően egyeznek.

A $*$(358) az [110 : 101 : $1\bar{1}2$: $0\bar{1}1$ = $1\bar{1}\bar{1}$] és a [001 : 350 = $\bar{5}30$] övben fekszik, mely utóbbiból a (350) és Y(355) ismeretes. A $*$(358) egy sima, jól tükröző lappal alakult ki. Mért és számított szögadatai jól egyeznek.

Az ismertetett kristályalakok kombinációit az alábbi összeállítás tünteti fel. Tekintve, hogy Schmidt S. kristályai minden valószínűség szerint a VI. szintről származtak, összehasonlítás céljából azok kombinációit is felsorolom.

VI. szint (Schmidt S.)

a b c n Σ x o C f m e u y	Négyes iker Rövid oszlopos
a b c n ζ Σ ε x o z f m e u p y g O v	Négyes iker Rövid oszlopos
a b c n o f m e u	Ötös-iker Rövid oszlopos
a b c o d Φ f m e ψ u p y	Egyszerű kristály Táblás

VII. szint.

a b c n L Φ i f α ψ m e (5.5.19) (449) (338) (10.10.21) u S E p (20.20.21) y (11.11.10) K	Hármas iker Táblás
a b c n m (730) u y	Négyes iker Rövid oszlopos

IX. szint

a b c n o L Φ a m (650) k u	Hármas iker Oszlopos
a b c o m k e (940) (720) (610) u E p (557) $\varkappa$ (358)	Hármas iker Oszlopos
a b c n (13.0.14) o (6.13.0) f m (950) u S	Hármas iker Oszlopos

Ha Schmidt S. VI. szintről származó kristályaihoz csatoljuk a VII. és IX. szintről most megvizsgált kristályokat, akkor alkalmunk nyílik a bournonit formakifejlődését, típusát a szintmélységtől függően tanulmányozni és az ásvány morfogenetikai sajátságaira következtetni.

A fenti adatokból az tűnik ki, hogy a felsőbb szintek kristályai, főleg a bipiramisok nagyobb száma miatt általában formákban gazdagabbak. A mélyebb szintekben a bipiramisok helyett inkább a harmadik fajta prizmák jutnak szám szerint is túlsúlyra.

Az ikerképződés szempontjából megállapítható, hogy a felsőbb szintek ikerkristályai több egyénből állanak, mint a mélyebb szintekből származók. A VI. szinten ötös és négyes ikrek, a VII. szinten négyes és hármas, míg a IX. szinten csak hármas ikerkristályok jelennek meg. A felsőbb szintekben inkább rövid oszlopos vagy táblás, a mélyebb szintekben megnyúlt oszlopos kristályok keletkeznek. Tehát a bournonit típuskialakulása a szintmélység szerint oly módon alakul, hogy a magasabb szinteken — vagyis kisebb hőmérsékleten — a gyors, ill. több kristályosodási magból induló képződés megy végbe, ezért keletkeznek a többtagú négyes-ötös ikrek.

Más kutatók a nagybányai bányaterületből még Kapnikbánya és Felsőbánya bournonitjain végeztek kristályalaktani vizsgálatokat. A kapnikbányai bournonitot több szerző vizsgálta (Dufrenoy, Dana, Presl, Lévy, Zirkel, Hessenberg, Miers, Peck). A kristályok termete általában táblás, ritkán oszlopos. De a kristályok közelebbi lelőhelyéről, ill. szintmélységéről hiányzanak az adatok, tehát azok morfogenetikai megállapításokra nem alkalmasak.

A felsőbányai bournonitot Zirkel [9] és Schrauf [10] tanulmányozta. A kristályok termőhelyének közelebbi megjelölése szintén hiányzik. Zirkel kvarcon kalkopirittel előforduló kerékércen az *a m n* formát állapította meg. Schrauf az *a b m n u* alakot észlelte lapostáblás ikerkristályokon. A jóval későbbi gyűjtésből, tehát minden valószínűség szerint mélyebb szintről származó kristályok, melyeket én tanulmányoztam, termetük és kísérő ásványaik szerint kétfélék [8]. Kvarc-, kalkopirit-, pirit- és galenittel található kerékérc-kristályokon a c(001) és a [001] öv lapjai szerepelnek, a kristályok hossza 4—5 mm, vastagsága 1,5—2 mm. Szfalerit-, galenit-, pirit- és kvarccal társult kristályokon 3 véglap, 7 harmadik, 3 első, 2 második fajta prizma és egy bipiramis jelent meg. A kristályok mérete: 05—1 mm hosszúság, 0,25—0,5 mm vastagság, zömök-oszlopos termetre utal. E kristályok egyszerű egyének, nem ikrek. — Felsőbánya bournonitján tehát ugyanolyan morfogenetikai szabályszerűség jelentkezik, mint a Kereszthegyi-bánya kristályain.

Az előzőekben megállapított morfogenetikai szabályszerűség — nagyobb összehasonlító anyag hiányában — egyenlőre csakis Nagybánya és Felsőbánya bournonitkristályaira vonatkozhatik.

A bournonit példája a kristályok termetének, alakzatának és ikerképződésének változását rögzítette a szintmélységtől függően. A további kristályalaktani vizsgálatok egyik feladata, hogy megállapítsa különböző ásványok pontosan ismert szintmélységből származó kristályai termetének, alakzatának és ikerképződésének változását a szintmélységtől függően.

IRODALOM — ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

1. Schmidt S.: A nagybányai bournonitról. Természetrajzi Füzetek. 14. 1891. (Über den Bournonit von Felsőbánya) — 2. Zimányi K.: Ásványtani Közlemények. — Min. Mitt. — Ann. Mus. Nation. Hung. 11. 1913. (Pyrit Nagybányáról. — Pyrit von Nagybánya) — Tokody L.: Magyarországi piritek kristálytani vizsgálata. Mat. és természettudományi Közlemények. 38. 1938. — 3. Goldschmidt V.: Kristallographische Winkeltabellen. Berlin. 1897. — 4. Miers H. A.: The crystallography of bournonit. Min. Mag. 6. 1884. — 5. Termier P.: Sur la bournonite de Peychanard (Isére). Bull. soc. franc. min. 20. 1897. — 6. Löw M.—Tokody L.: Zur Kristallographie des Bournonits von Óradna. Centralbl. f. Min. 1928. Abt. A. — 7. Mauritz B.: Bournonit a bolíviai Pulacayo-bányából. — Bournonit von der Mine Pulacayo in Bolivien. — Ann. Mus. Nation. Hung. 3. 1905. — 8. Tokody L.: Felsőbányai kalkopirit, bournonit és tetraedrit. Mat. és term. tud. ért. 59. 1940. — Über den Kupferkies, Bournonit und Fahlerz von Felsőbánya. Zentralblatt f. Min. 1941. Abt. A. — 9. Zirkel F.: Versuch einer Monographie des Bournonits. Sitzb. d. Math. u. Naturw. Cl. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. 1862. 45. Bd. I. — 10. Schrauf A.: Atlas d. Krystallformen des Mineralreiches. Wien. 1865—1877. Bd. I. Taf. 37. Fig. 18.

Попытка определения изменения типа, зависящего от глубины, по примеру бурнонита

Л. ТОКОДЫ

На основании данных кристаллографических исследований бурнонита, происходящего из горизонтов №№ VI, VII и IX горы Керестхедь, располагающейся около г. Надьбанья (Baia Mare) установилось, что кристаллы высших горизонтов показывают обыкновенно богатство форм. Особенно бипирамиды встречаются очень часто. Наоборот, среди кристаллов более глубоких горизонтов, вместо бипирамидов, преобладают призмы 3—го вида. Двойники высших горизонтов состоят из больших особей, чем те более глубоких горизонтов. На горизонте № VI появляются четверники и пятерики, на горизонте № VII тройники и четверники и на горизонте № IX тройники.

На высших горизонтах развивались короткостолбчатые и плиточные кристаллы; на более глубоких горизонтах – столбчатые; на бурноните, происходящем из Фелшёбанья (Baia Sprie), правильность, аналогична с упомянутыми, заметна.

Задача новых кристалломорфологических исследований в том, чтобы определить зависящие от глубины изменения в габитусе, форме и двойниковании кристаллов, происходящих из горизонтов различной глубины.

Ein Versuch zur Feststellung der vom Tiefenunterschied abhängigen Typenänderung am Beispiel des Bournonits*

von L. TOKODY

Aus der kristallographischen Untersuchung des Bournonits von den Sohlen VI., VII und IX der Grube am Kereszthegy bei Nagybánya (Baia Mare) scheint der Schluss zulässig, dass die Kristalle der höheren Sohlen im allgemeinen formenreicher sind und besonders Bipyramiden in grosserer Anzahl auftreten. Auf den tieferen Sohlen befinden sich statt der Bipyramiden vielmehr die Prismen III. Art in der Überzahl. Die Zwillingskristalle der höheren Sohlen bestehen aus mehr Individuen als die tieferen. Auf Sohle VI erscheinen Fünflinge und Vierlinge, auf Sohle VII Vierlinge und Drillinge, auf Sohle IX bloss Drillinge. Auf den oberen Sohlen entstehen kurz säulige oder tafelige, auf den tieferen säulige Kristalle.

Am Bournonit von Felsőbánya (Baia Sprie) lässt sich eine mit der vorstehend dargelegten übereinstimmende morfogenetische Regelmässigkeit feststellen.

Eine Aufgabe der künftigen kristallografischen Untersuchungen ist: die Aufklärung der Typenänderung irgendeines Minerals in bezug auf ihre Abhängigkeit vom Tiefenunterschied.

* Vollinhaltlicher Text in deutscher Sprache in Acta Geologica Acad. Hung., T. IV. fasc. 3—4, 1956.