

## Chryzotilový azbest zo serpentinitu pri Jaklovciach

ŠTEFAN RICHTER, JÁN KOZÁČ, JÁN DERCO

Geologický prieskum, Jesenského 8/b, 040 01 Košice

(13 obr. a 3 tab. v texte)  
Doručené 2. 5. 1979

### Хризотил-асбест в серпентините района Якловце

Автор статьи даёт детальную характеристику трёх типов хризотил-асбеста ультраосновных пород, которые принимают участие в запасах месторождения Якловце.

Результаты минералогического, химического и физико-механического изучения показывают, что первый и второй тип представляет клинохризотил а третий тип имеет основное ческих свойствах. Третий тип представляет природную смесь отличия в минералогических, химических и физико-механического хризотила, брукита и антигорита.

### Chrysotile asbestos from serpentinite near Jaklovce (Spišsko-gemerské rudohorie Mts.)

The properties of three type samples of chrysotile asbestos within serpentinite body at Jaklovce (Spišsko-gemerské rudohorie Mts., West Carpathians) are described. Chemical, physical and mineralogical investigations show that two type samples (I and II) represent the mineral species clinochrysotile. Physical properties of both types are similar. It was found that sample type III is different in chemical, physical and mineralogical properties. It has been established that this material is a natural mixture of brucite, chrysotile and antigorite.

V roku 1971—1977 sa uskutočnil geologický prieskum lokality Jaklovce. Jeho cieľom bolo vyriešiť úložné pomery serpentinitových telies, rozšírenie azbestovej mineralizácie a overiť zásobu azbestonos-

ného serpentinitu. Prieskumom sa zistilo, že sa výskyt chryzotilového azbestu viaže na niekoľko serpentinitových telies, z ktorých je najvýznamnejšie teleso na JV od Jakloviec. Toto teleso prikrýva len

1—5 m mocná poloha hlíny a suti-ny a predstavuje podstatnú časť z vykázaných zásob (J. Zlocha — Š. Richter 1977).

### Lokalizácia vzoriek a ich charakteristika

Na základe mineralogicko-petrografického a technologického posúdenia sme v telese na JV od Jakloviec vyčlenili a podrobnejšie sledovali tri typy chryzotilového azbestu.

I. typ (vzorka JH) predstavujú priečne žilky chryzotilového azbestu sivozelenej až olivovozelenej farby. Vzorka reprezentujúca tento typ úžitkovej suroviny bola odobraná z hĺbky telesa z chodby Alexander prekopy P-3 úseku 9,1—11,2 m z kompaktného neporušeného čiernosivého serpentinitu.

II. typ (vzorka JK) predstavuje priečne vláknité chryzotilový azbest hrdzavej až sivohnedej farby. Vzorka bola odobraná z povrchu ložiska z prieskumnej ryhy KR-3a.

III. typ (vzorka JŽ) predstavujú pozdĺžne a priečne žilky zelenkavo-žltej farby, ktoré majú na ohat polomastný charakter. Vzorka je zo zbridičnatenej horniny zelenkavo-žltej farby z hĺbky telesa chodby Alexander (smerná obchádzka).

### Makroskopický a mikroskopický opis vzoriek

Makroskopicky predstavuje vzorka I. typu jemne vláknité agregáty

sivozelenej až olivovozelenej farby s miernym nádychom do žltá, ktoré vytvárajú žilky orientované kolmo na steny sprievodnej horniny. Dĺžka vlákien je okolo 8 mm. Agregáty vlákien chryzotilového azbestu bývajú porušené priesekami, prešmykami alebo kĺbovými ohybmi. Prieseky agregátov sú vyplnené jemne vtrúsenými minerálmi pravdepodobne oxidov a hydroxidov železa. Styk vláknitých agregátov s okolitou horninou vytvárajú karbonáty znečistené kremeňom a limonitickými zátekmi.

Mikroskopickým štúdiom výbrusov vzorky I. typu sme zistili, že vlákna tvorí chryzotil, pričom základnú hmotu predstavuje šupinatý minerál zo skupiny serpentínu—lizarditu. Chryzotilový azbest vytvára vláknitú štruktúru, v ktorej má chryzotil pozitívny charakter zóny a lizardit negatívny charakter zóny.

Agregáty vlákien chryzotilového azbestu II. typu sú hnedej až hrdzavej farby. Vlákna v agregáte sú orientované kolmo na steny okolitej horniny. Zriedkavo sú orientované šikmo, približne pod uhlom 80°. Podobne ako pri I. type sú porušené vo forme priesekov, prešmykov a kĺbových ohybov. Trhliny a medzery medzi agregátmi vlákien chryzolitového azbestu sú vyplnené pravdepodobne oxidmi železa čiernej farby a hydroxidmi železa hrdzavej farby. Styk agregátov s okolitou horninou tvorí kremeňová sivá hmota. Dĺžka vlákien sa pohybuje od 9 do 14 mm.

Mikroskopicky sa vzorka II. typu zhoduje so vzorkou I. typu.

Vzorku III. typu tvoria vláknité agregáty zelenkavožltej farby. Agregáty majú výraznú vláknitú stavbu a sú orientované kolmo na smer puklín. Ojedinele sa zistilo aj usporiadanie vlákien šikmé na smer puklín (o 20°). Dĺžka vlákien sa pohybuje v rozmedzí od 10 do 20 nm. Na okraji agregátov sú pozorovateľné nepravidelne rozptýlené rudné minerály čiernej farby.

Štúdiom výbrusov azbestu III. typu sa zistilo, že ju tvorí chryzotil a vláknitá odroda brucitu — nemalit. Miestami sa vlákna nemalitu vkladajú medzi vlákna chryzotilu. V agregátoch vlákien III. typu sa v smere osi vláknivosti vyskytujú trhliny vyplnené izotropnou látkou opálovitého charakteru. Na styku agregátu s okolitou horninou sú pozorovateľné flexúry, ktoré sú pravdepodobne odrazom mikrotektonických pohybov.

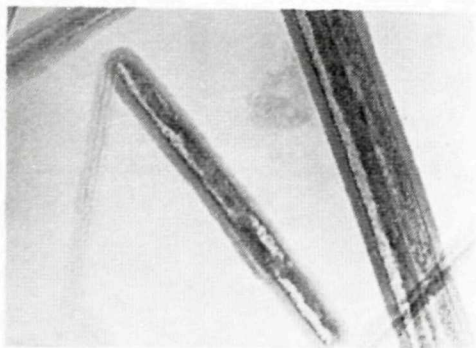
## Identifikácia a charakteristika minerálov

### Chryzotil

Predstavuje hlavný minerál ži-liek I. a II. typu a je jedným z hlavných minerálov III. typu azbestu. Vo výbruse sa vo všetkých troch typoch prejavuje ako bezfarebný minerál s rovnobežným zhášaním a pozitívnym charakterom zóny. Podľa druhu zhášania a charakteru

zóny možno hovoriť o prítomnosti chryzotilu s veľmi slabým pleochroizmom v podobe bledožltých škvŕn.

Vlákna chryzotilu I., II. a III. typu majú vrstvovitú štruktúru a trubičkovitý charakter. Pri III. type vzorky sa elektronmikroskopicky zistilo, že väčšina vlákien má plný stred. Medzifibrilárne medzery vyplňa amorfná fáza rozličnej hrúbky a nepravidelného tvaru (obr. 1).

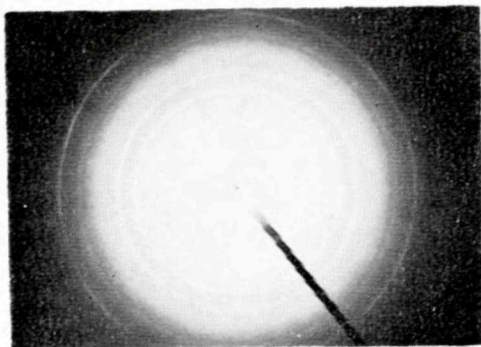


Obr. 1. Striedanie kryštalickej a amorfnej fázy v chryzotilovom agregáte. Suspenzia v uhlíkovej blane, zväčšenie 71 000×

Fig. 1. Elektron micrograph showing the distribution of amorphous and crystalline phases throughout the chrysotile fiber aggregate. Suspension in carbon film,  $\times 71\ 000$

Priemerná hrúbka vlákien chryzotilu I. typu azbestu sa pohybuje od 36 do 50 nm, II. typu okolo 45 nm a III. typu v rozmedzí 50—60 nm. Elektronovou difrakciou polykryštalického agregátu vlákien I. typu, na základe medzirovinnových vzdialeností a ich porovnaním s tabuľkovými hodnotami podľa G. B r o w -

n a (1965) bol identifikovaný klinochryzotil (obr. 2). Identifikáciu chryzotilu v I. a II. type azbestu potvrdila aj rtg analýza. Reflexy  $d_{(hkl)} = 0,257$  a  $0,247$  nm vypočítané z difrakčného záznamu podľa V. I. M i c h e j e v a (1957) v II. type tvoria charakteristickú dubletu zodpovedajúcu chryzotilu a vylučujú prítomnosť antigoritu a deweylitu.

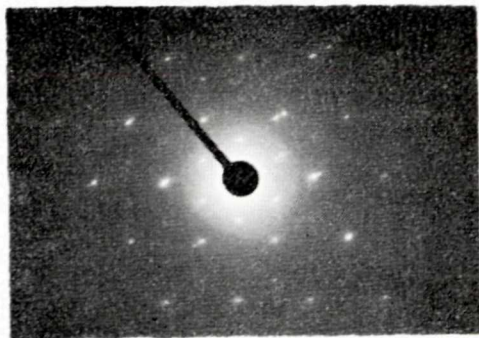


Obr. 2. Elektrónová difrakcia polykrystalického agregátu chryzotilu I. typu. Suspenzia v uhlíkovej blane  
Fig. 2. Electron diffraction pattern of chrysotile fiber aggregate. Type sample No. I. Suspension in carbon film

Elektrónovou difrakciou monokryštálu (obr. 3) a polykryštálu (obr. 4) azbestu III. typu sa určili medzi-rovinové vzdialenosti a z nich sme vypočítali mriežkové parametre zodpovedajúce chryzotilu:

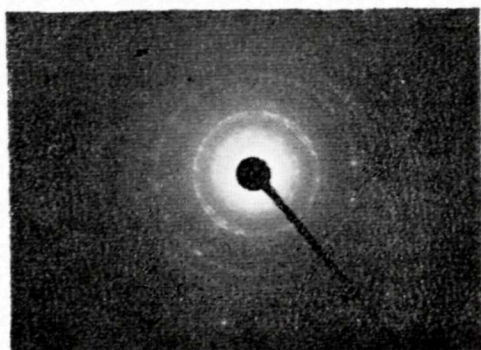
$$a_0 = 0,532 \text{ nm}, b_0 = 0,920 \text{ nm}, c_0 = 1,46 \text{ nm}, \beta = 93^\circ.$$

Medzi-rovinové vzdialenosti rovín 20-2, 202, 204, 206 a 40-2, ktoré sú podľa G. B r o w n a (1965) charakteristické pre klinochryzotil, svedčia o prítomnosti tejto formy chry-



Obr. 3. Elektrónová difrakcia monokryštálu chryzotilu vzorky III. typu. Suspenzia v uhlíkovej blane

Fig. 3. Electron diffraction pattern of single chrysotile crystal (fiber). Type sample No. III. Suspension in carbon film



Obr. 4. Elektrónová difrakcia polykrystalického agregátu chryzotilu vo vzorke III. typu. Suspenzia v uhlíkovej blane  
Fig. 4. Electron diffraction pattern of chrysotile fiber aggregate. Type sample No. III. Suspension in carbon film

zotilu aj v azbeste III. typu. Z elektronogramu monokryštálu (obr. 3) sme v súlade s uvádzanou literatúrou (G. B r o w n 1965) zistili, že mriežkový parameter  $a$  je v smere dĺžky vlákna, parameter  $b$  je v obvode vlákna, parameter  $c$  leží v radiálnej rovine a na os vlákna je na-

klonený pod uhlom  $\beta = 93^\circ$ .

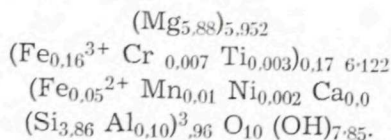
Rtg difrakčná analýza vzorky III. typu poukázala na reflex  $d_{(hkl)} = 0,249$  nm, ktorý je podľa G. Brown a (1965) charakteristický pre ortochryzotil a antigorit. Rtg analýzou upravenej vzorky III. typu metódou B. Nagya a G. T. Fausta (1965) sa zistila prítomnosť antigoritu. Porovnaním intenzít bazálnych reflexov pôvodnej vzorky a vzorky upravenej podľa metódy B. Nagya a G. T. Fausta (1956) sme zistili, že vzorka III. typu obsahuje okolo 18 % antigoritu. Touto metódou sme zároveň vylúčili prítomnosť antigoritu vo vzorke I. a II. typu.

Na DTA krivkách chryzotilu je endoterma s vrcholom pri 670—695 °C a pri postupnej deštrukcii kryštálovej mriežky uvedeného mi-

nerálu zodpovedá úniku štruktúrnej vody. Exoterma s vrcholom pri 800—845 °C poukazuje na kryštalizáciu forsteritu (obr. 5).

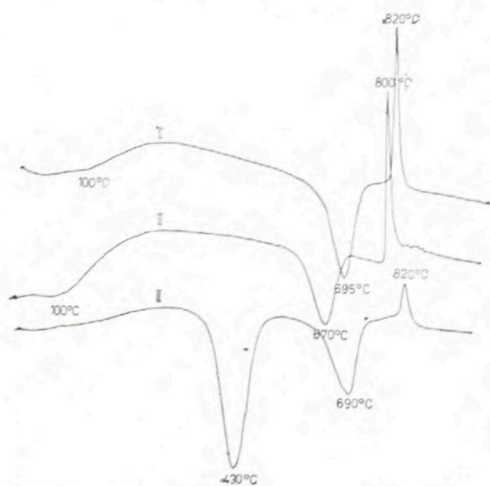
Priemerné chemické zloženie chryzotilového azbestu vzoriek I., II. a III. typu udáva tab. 1. Odlišný obsah niektorých zložiek, ako  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}^+$  a  $\text{H}_2\text{O}^-$ , bol zistený len vo vzorke III. typu, čo súvisí s rozdielnosťou v minerálnom zložení vzorky.

Kryštalochemický vzorec chryzotilu, vypočítaný z chemickej analýzy vzorky III. typu po odčítaní stanoveného obsahu brucitu, je



Brucit bol stanovený na základe výsledkov termického rozboru.

Elektrónovou mikroanalýzou vzoriek I., II. a III. typu sme zistili, že rozloženie základných prvkov Fe, Ni, Mg a Si je pomerne rovnomerné. Istá inhomogénnosť sa zistila len v rozložení Fe a Ni vo vzorke I. a II. typu a v rozložení Mg a Si vo vzorke III. typu. Zvýšená koncentrácia Fe a Ni sa spozorovala vo vláknitom agregáte v oblasti mikrotrhlín (obr. 6 a 7) a na styku vláknitého agregátu s okolitou horninou (obr. 8 a 9). Inhomogénnosť v rozložení Si a Mg vo vzorke III. typu vyplýva zo striedania vrstvičiek (vláknien) chryzotilu a brucitu. Okrem chryzotilu, antigoritu a bru-



Obr. 5. DTA krivky I., II. a III. typu azbestu

Fig. 5. DTA curves of chryzotile asbestos. Type samples No. I., II. and III.

Chemické zloženie vlákien chryzotilového  
azbestu vzoriek I., II. a III. typu (‰)

Chemical composition of chrysotile  
asbestos fibres of 1st, 2nd and 3rd type,  
respectively

Tab. 1

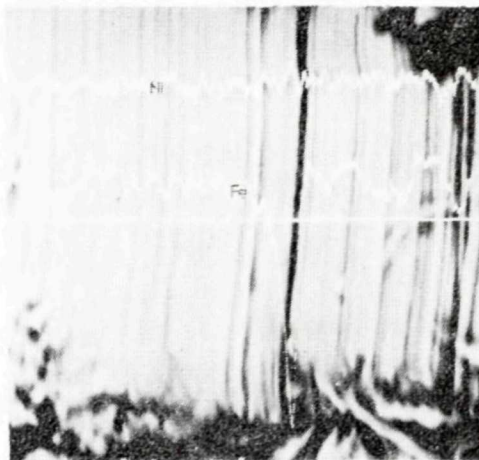
| Zložka                         | I typ | II. typ | III. typ |
|--------------------------------|-------|---------|----------|
| SiO <sub>2</sub>               | 42,24 | 43,61   | 22,43    |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,01  | 0,04    | 0,02     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,81  | 1,25    | 0,50     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,01  | 2,34    | 1,26     |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,02  | 0,089   | 0,007    |
| FeO                            | 0,21  | 0,26    | 0,21     |
| MnO                            | 0,05  | 0,09    | 0,10     |
| MgO                            | 38,27 | 37,96   | 54,32    |
| NiO                            | 0,148 | 0,135   | 0,015    |
| CaO                            | 1,44  | 0,20    | 0,18     |
| Na <sub>2</sub> O              | st.   | st.     | st.      |
| K <sub>2</sub> O               | st.   | st.     | st.      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,03  | 0,01    | 0,01     |
| SO <sub>3</sub>                | 0,03  | 0,08    | 0,09     |
| str. žih.                      | 13,76 | 13,65   | 21,17    |

citu sme v III. type nezistili nijaké  
ďalšie minerály.

Charakteristiku chryzotilového  
azbestu vzoriek I., II. a III. typu  
dopĺňajú základné fyzikálno-me-  
chanické vlastnosti stanovené na  
prírodných neporušených vzorkách  
vláknitých agregátov (tab. 2).

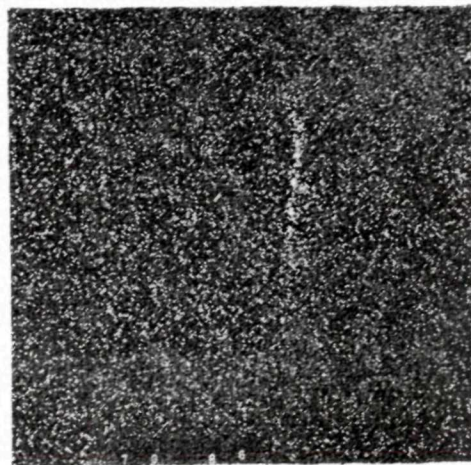
### Lizardit

Identifikovaný bol vo výbrusoch  
vzoriek I. a II. typu, kde tvorí zá-  
kladnú tmeliacu hmotu vláknitého  
agregátu. Zháša rovnobežne, má ne-  
gatívny charakter zóny a nemá  
pleochroizmus.



Obr. 6. Kompozičná snímka azbestu  
I. typu s vyznačenými osciláciami na Ni  
a Fe. Kompozícia 600×. Elektrónová mik-  
roanalýza

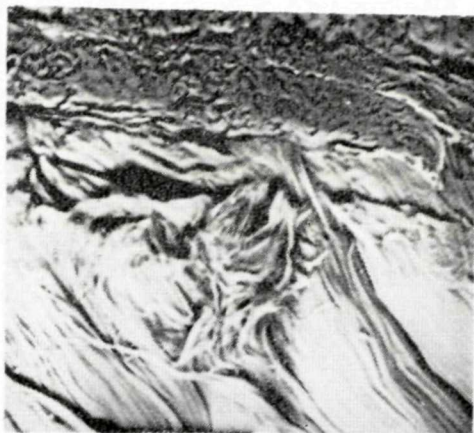
Fig. 6. X-ray microanalysis of chrysotile  
fiber. Comp. ×600. Oscillation in Ni and  
Fe contents is marked. Type sample No. I



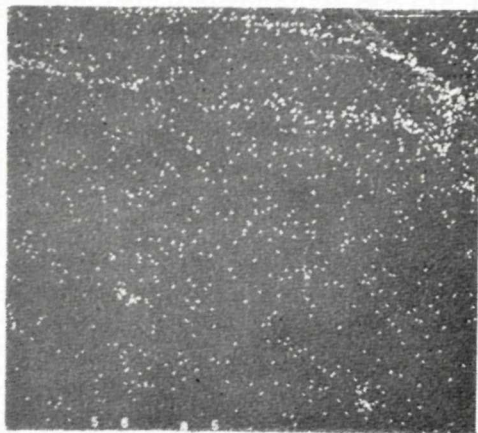
Obr. 7. Rozloženie Fe K<sub>α</sub> v azbeste I. ty-  
pu. Komp. 600×, čas exp. 160". Elek-  
trónová mikroanalýza

Fig. 7. X-ray microanalysis. Type sample  
No. I. FeK<sub>α</sub>. Comp. ×600, exp. 160"

Elektrónová difrakčná analýza  
vzorky I. typu (obr. 2) zistila ref-



Obr. 8. Kompozičná snímka z rozhrania azbestovej žilky s okolitou horninou. Vzorka II. typu, komp. 300 $\times$ . Elektrónová mikrosonda  
Fig. 8. X-ray mikroanalysis. Composition showing the boundary between chrysotile fiber aggregate and ambient rock phases. Type sample No. II. Comp.  $\times 300$



Obr. 9. Rozloženie Ni K $\alpha$  z uvedeného rozhrania (obr. 8). Vzorka I. typu, komp. 300 $\times$ . Elektrónová mikrosonda  
Fig. 9. X-ray mikroanalysis. NiK $\alpha$  from the boundary shown in fig. 10. Type sample No. I. Comp.  $\times 300$

*Fyzikálno-mechanické vlastnosti vzoriek I., II. a III. typu azbestu*

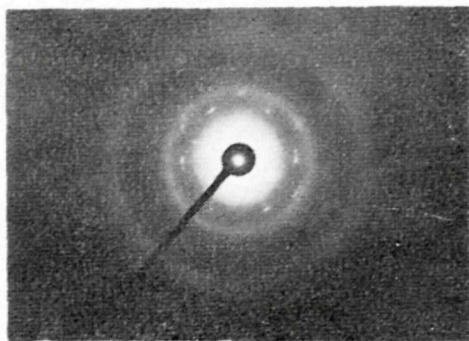
*Physical and mechanical properties of asbestos samples of 1st, 2nd and 3rd type, respectively*

Tab. 2

| Meraná veličina   | I. typ  | II. typ   | III. typ          |
|---|---|---|-------------------|
| Pevnosť v fahu<br>( $\times 10^3$ MPa)                              | 0,452   | 0,424   | 0,153             |
| Youngov modul<br>pružnosti<br>( $\times 10^3$ MPa)                  | 10,889  | 21,728  | 10,077            |
| Merná hmotnosť<br>(g/cm $^3$ )                                      | 2,40  | 2,63  | 2,39              |
| Magnetická susceptibilita<br>( $\times 10^{-9}$ kg $^{-1}$ m $^3$ ) | 22,62   | 25,13   | 14,85             |
| Feromagnetické látky  | obsahuje väčšie množstvo feromagnetických prímiesi ako vzorka II. typu      | obsahuje feromagnetické prímiesi pribl. o 75 % viac ako vo vzorke III. typu | veľmi nízky obsah |
| Magnetická anizotropia  | v priečnom smere je susceptibilita väčšia ako v smere kolmom na osi vlákien | nestanovená   | nestanovená       |

lexy  $d_{(hkl)} = 0,389$  a  $0,2829$  nm, ktoré podľa G. Browna (1965) zodpovedajú lizarditu a potvrdzujú výsledky optického výskumu.

Elektrónová difrakcia vzorky II. typu (obr. 10) poukázala na



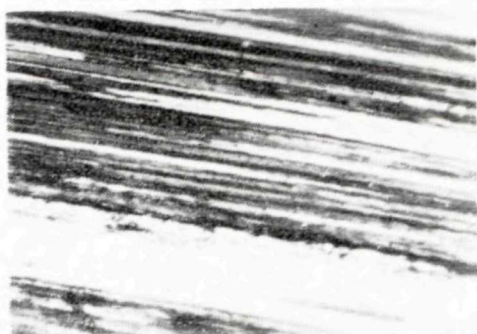
Obr. 10. Elektrónová difrakcia lizarditu v II. type azbestu  
Fig. 10. Electron diffraction of lizardite in type sample No. II.

medzirovinové vzdialenosti, ktoré v súlade s G. Brownom (1965) sú len z roviny  $ab$ , čo poukazuje na vrstvomitý silikát so šupinatou stavbou, ktorého bazálna rovina je rovnobežná s rovinou nosnej blany.

Vo vzorke III. typu použité mineralogické metódy prítomnosť lizarditu nepotvrdili.

### Brucit

Tento minerál sme identifikovali iba vo vzorke III. typu, kde tvorí vláknitú formu — nemalit a strieda sa v vláknami chryzotilu alebo sa do nich vkladajú (obr. 11). Farba brucitu je v prechádzajúcom svetle svetloružová. Zháša rovnobežne a je jednoosovým minerálom. Cha-



Obr. 11. Striedanie vlákien chryzotilu a brucitu. Vzorka III. typu, nikoly X, zväčšenie 112 $\times$   
Fig. 11. Alternations of chrysotile and brucite fibers. Type sample No. III. crossed nicols, magn. 112

rakter minerálu je pozitívny a charakter zóny negatívny. Pleochroizmus neprejavuje. Dvojlom zmeraný Berekovým kompenzátorom je  $0,020$ — $0,021$ . Na elektrónmikroskopických snímkach boli spozorované epitaxické zrasty s chryzotilom.

Identifikáciu brucitu potvrdila rtg analýza na základe stanovených medzirovinových vzdialeností  $d_{(hkl)} = 0,477$  (10);  $0,274$  (0,5) a  $0,236$  (3) nm, ktoré zodpovedajú brucitu.

Na DTA krivke III. typu (obr. 5) je veľká endoterma v rozmedzí od  $340$  do  $530$  °C a s vrcholom pri  $430$  °C, ktorá zodpovedá uvoľneniu vody (funkčnej skupiny  $\text{OH}^-$ ) zo štruktúrnej mriežky brucitu. Prepočítaním funkčnej vody stanovenej vo vzorke termickou analýzou z TG (14 %) na obsah brucitu vzhľadom na jej teoretickú hodnotu (30,86 %) sme zistili, že vzorka obsahuje okolo 45 % brucitu. Dal-



ších 55 % vo vzorke tvorí chryzotil a antigorit. Na striedanie vrstvičiek brucitu širokých okolo 5 nm s vrstvičkami chryzotilu širokými 0,8—7,5 nm poukazujú snímky elektrónovej mikrosondy (obr. 12 a 13).

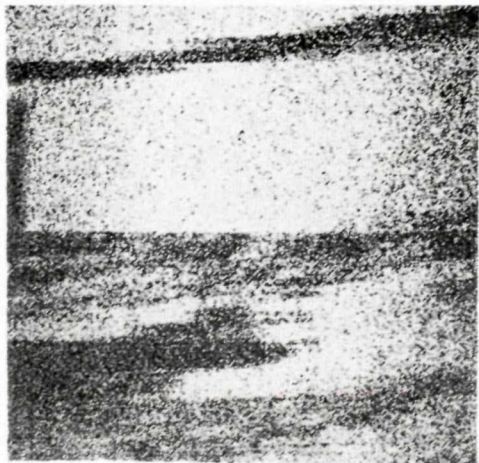
### Kalcit

Vypĺňa priesečky a trhliny v chryzotile a je aj styčným minerálom s okolitou horninou vo vzorke I. typu. Kryštáliky majú tvar ihličiek a štruktúru kalcitu, čo poukazuje na paramorfózu kalcitu po aragonite. Prítomnosť kalcitu vo vzorke I. typu potvrdila elektrónová difrakcia na základe reflexov  $d_{(hkl)} = 0,3031$  a  $0,227$  nm.

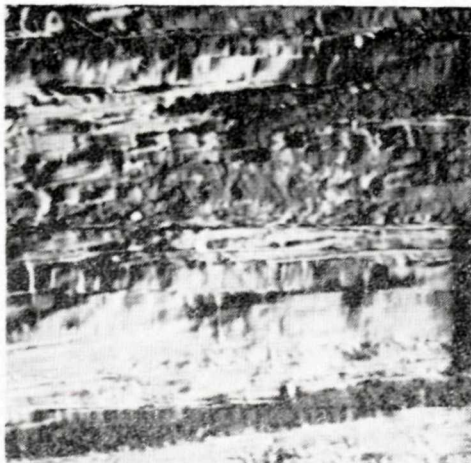
### Minerály železa

Optickým mikroskopom ich možno vo vzorke I. a II. typu pozorovať ako mikroskopické zrníčka čiernej farby. Sú nepravidelne obmedzené a iba zriedkavo majú tvar štvoruholníkov a šesťuholníkov. V odrazenom svetle majú čiernu farbu a na okrajoch prierezu nepresvitajú. Podľa mikroskopického pozorovania usudzujeme, že ide o magnetit vyplňajúci trhliny a priesečky vo vláknitých agregátoch chryzotilového azbestu.

Vo vzorke II. typu boli navyše pozorovateľné hydroxidy železa (limonit) vytvárajúce záteky vo vláknitých agregátoch.



Obr. 12. Kompozičná snímka vzorky III. typu. Komp. 1200 $\times$ . Elektrónová mikrosonda  
Fig. 12. X-ray mikroanalysis; Comp. Type sample No. III., Comp.  $\times 1200$



Obr. 13. Rozloženie Si  $K_{\alpha}$  v azbeste III. typu. Komp. 1200 $\times$ . Elektrónová mikrosonda  
Fig. 13. X-ray mikroanalysis. Si  $K_{\alpha}$  in asbestos rock, type No. III. Comp.  $\times 1200$

## Serpofit

Jeho prítomnosť vo vzorke III. typu sme identifikovali iba na základe optického pozorovania. Vystupuje ako izotropná látka opálovitého charakteru hnedozelenej farby.

## Semikvantitatívne minerálne zloženie vzoriek

Semikvantitatívne minerálne zloženie vzoriek I., II. a III. typu sa stanovilo prepočtom z chemickej a termickej analýzy. Výsledky sú v tab. 3.

## Názor na genézu

Otázka vzniku chryzotilového azbestu nie je dodnes vyriešená. Najspornejšou otázkou genézy je pôvod hydrotermálnych roztokov. Podľa V. N. Lodočnikova sú pôvodcom serpentinizácie postmagmatické roztoky a fluidá spôsobujúce autometamorfózu materských hornín. P. M. Tatarinov k tomu dodáva, že na vznik azbestu priemyselného významu je potrebná dopĺňajúca alometamorfická serpentinizácia, ktorá je podmienená hydrotermami granitoidného pôvodu (in N. D. Sobolev 1971).

*Semikvantitatívne minerálne zloženie vzoriek I., II. a III. typu azbestu*  
*Semiquantitative mineral composition of asbestos samples of the 1st, 2nd and 3rd type, respectively*

Tab. 3

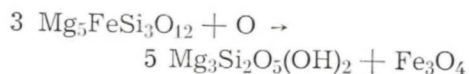
| Vzorka   | Chryzotil | Antigorit | Kremeň | Brucit | Mag-netit | Limo-nit | Kalcit | Ľľové min. | Pyrit |
|----------|-----------|-----------|--------|--------|-----------|----------|--------|------------|-------|
| I. typ   | 89        | —         | 3,5    | —      | 3         | —        | 3      | 1          | ?     |
| II. typ  | 88        | —         | 4      | —      | —         | 3        | —      | 2,5        | ?     |
| III. typ | 36,8      | 18        | —      | 45,2   | —         | —        | —      | —          | —     |

H. C. Cook detailným výskumom dospel k podobnému záveru. Uvádza, že vznik roztokov spôsobila intrúzia dajok kyslých magmatických hornín, ktoré podmienili ohrev serpentinitov a vznik disjunktívnej tektoniky (in W. A. Deer — R. A. Howie — J. Zussman 1966).

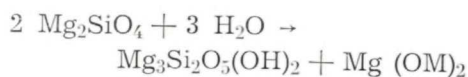
Obdobný náhľad na vznik azbes-

tu tejto lokality vyjadril J. Zloch a (1977), podľa ktorého zdrojom hydroteriem mohli byť mladé kyslé horniny uložené vo väčšej hĺbke, gemeridné granity.

Z hľadiska mineralogického zloženia a v súlade s N. D. Sobolevom (1971) sa dá predpokladať, že chryzotilový azbest I. a II. typu vznikol podľa reakcie



a chryzotilový azbest III. typu podľa rovnice:



Vznik lizarditu a antigoritu možno vysvetliť v súlade so zistením G. H. Gilleya (in W. A. Deer — R. A. Howie — J. Zussman 1966), t. j. z roztokov obohatených o  $\text{Al}_2\text{O}_3$  v počiatočnom štádiu kryštalizácie.

Teplota kryštalizácie chryzotilového azbestu sa začína pri  $500^\circ\text{C}$  a končí pri  $400\text{--}350^\circ\text{C}$  (N. D. Sobolev 1971). I. M. Volchov — G. V. Pinus — V. A. Kuznetsov (1962) uvádzajú teplotu kryštalizácie v oblasti  $300\text{--}400^\circ\text{C}$ .

### Hodnotenie výsledkov

Zo zhodnotenia základných mineralogicko-petrografických, chemických a fyzikálno-mechanických vlastností I., II. a III. typu azbestu v prirodzenom stave z telesa na JV

od Jakloviec vyplynulo, že vzorky I. a II. typu azbestu reprezentujú jeden typ s menšími odlišnosťami v technologických vlastnostiach. III. typ azbestu reprezentuje prírodnú zmes brucitu, chryzotilu a antigoritu, v dôsledku čoho sa jeho vlastnosti od vlastností azbestu I. a II. typu zásadne odlišujú. Podľa zistených hodnôt pevnosti v ťahu a Youngovho modulu pružnosti zodpovedajú sledované typy krehkým odrodám chryzotilového azbestu.

Dosiahnuté výsledky pomáhajú lepšie vymedziť oblasti možnej priemyselnej aplikácie sledovaného azbestu. Chryzotilový azbest I. a II. typu vyhovuje na všetky bežné účely (azbestocementová výroba, výroba azbestokartónu, azbestobitúmenových hmôt atď.). III. typ skúmanej azbestovej horniny predstavuje nový druh žiaruvzdornej suroviny, ktorá by vzhľadom na pomerne nízky obsah železa mohla azda byť aj istou náhradou za magnetit, v ktorom sa znečistenie železom stáva stále väčším problémom.

Recenzoval D. Hovorka

### LITERATÚRA

- Brown, G. 1965: Rentgenovskije metody izučeniya i struktura glinistych mineralov. *Moskva, Mir*, s. 111—163.
- Deer, W. A. — Howie, R. A. — Zussman, J. 1966: Porodoobrazujuščije mineraly. *Moskva, Mir*, s. 198—223.
- Michejev, V. I. 1957: Rentgenometričeskij opredelitel mineralov. *Moskva*, 870 s.
- Nagy, B. — Faust, G. T. 1956: Serpentine: natural mixtures of chryzotile and antigorite. *J. mineral. Soc. Amer.*, 41, pp. 817—835.
- Sobolev, N. D. 1971: Vvedeniye v azbestovedeniye. *Moskva, Izd. AN SSR*, 258 s.

- Volchov, I. M. — Pinus, G. V. — Kuznecov, V. A. 1962: Genetičeskije typy mestoroždenij magnezialno-silikatnych poleznych iskopajemych Altaj-Sajanskoj skladčatoj oblasti i zakonornosti razmeščeniya poleznych iskopajemych. *Moskva, Izd. AN SSSR, s. 48—60.*
- Zlocha, J. — Hovorka, D. 1971: Výskyt azbestov v Západných Karpatoch. *Mineralia slov., 3, 11—12, s. 295—318.*
- Zlocha, J. — Richter, Š. 1977: Jaklovce — azbest. [Závěrečná správa a výpočet.] *Manuskript — Geol. prieskum Spišská Nová Ves.*

## Chrysotile asbestos from serpentinite near Jaklovce (Spišsko-gemerské rudohorie Mts.)

ŠTEFAN RICHTER — JÁN KOZÁČ — JÁN DERCO

This paper is confined to the study of the chrysotile asbestos from Jaklovce (Spišsko-gemerské rudohorie Mts., West Carpathian). Chemical, physical, and mineralogical investigations were made on three asbestos type samples. The samples of the types I, III, and II were taken from the "unchanged rock" in the depth of the ultrabasic body and from its outer "weathered crust" respectively.

The existence of a tubular chrysotile (clinochrysotile) in the rock types I and II was confirmed on the basis of a morphological, optical, differential thermal analyses, electron microscopy, and X-ray diffraction data. It was shown that these types consisted almost entirely of a tubular clinochrysotile. Some irregularly distributed lizardite also occurred. Other minerals detected as minor constituents were: magnetite and limonite, calcite, with probably some hydrated alumina admixed in the types I and II respectively. X-ray microanalysis study shows that Ni is dispersed regularly throughout the fibre of chrysotile. Physical data (tensile strength, Young's modulus) indicate that these types more likely belong to brittle chrysotile species.

Sample of type rock III represents mineralogically, chemically, etc. quite a different rock. The data obtained in the

study show that it is a natural mixture of chrysotile, brucite and antigorite. The following mineral composition in weight per cent has been found: brucite 45 per cent, chrysotile 37 per cent and antigorite 18 per cent approximately. The fibers of brucite are oriented parallel to those of chrysotile. In some cases there is a continuous intergrowth into the chrysotile. The fibers of chrysotile are of a tubular character, often with full centre like in both other types, previously mentioned. Fe-content according to the chemical analyses is very low. The presence of Ni was not proved in this type, neither with the help of chemical analysis nor with the X-ray microanalysis.

It is suggested that the asbestos type I and II should be used in the production of chrysotile fibres for the construction, mainly as asbestos-cement, and with paper and bitumen for isolation purposes.

The rock type III with its high brucite and very low  $Fe_2O_3$  content may become probably perspective for the production of some kind of high refractory material.

Preložil J. Kozáč