

## Závislosť pevnosti v prostom tlaku žuly z lokality Hnilec od teploty

Milan Labaš<sup>1</sup>

### Temperature dependence of uniaxial compressive strength of Hnilec granite

Paper presents the results of the temperature dependence of uniaxial compressive strength of Hnilec Granite. The measurements of the uniaxial compressive strength were carried out at five different temperatures.

**Key words:** statistical evaluating of strength, uniaxial compressive strength, temperature influence.

### Úvod

Je známe, že hornina predstavuje výrazne heterogénny systém a začiatok jej porušenia je jav úzko lokalizovaný. Veľký rozptyl výsledkov pokusov pri rozrušovaní horniny, teda aj pri zisťovaní pevnosti horniny v prostom tlaku spôsobuje, že sa musí skúmať ako charakteristická črta, ktorú nie je možné oddeliť od fyzikálnych aspektov rozpojovania horniny, nakoľko tento rozptyl sám je fyzikálnym aspektom tohto javu. Preto je vhodné, ba až nutné, sledovať podstatu rozptylu pevnosti štatistickými metódami. Východiskom pre štatistický výklad statickej pevnosti sa stala Griffithova teória lomu, resp. teória najslabšieho článku. Možno ju stručne charakterizovať tým, že príčinou rozdielu medzi teoretickou pevnosťou a nameranou pevnosťou je množstvo vnútorných submikroskopických a mikroskopických kazov (slabých miest, dutín a mikrotrhlín), ktoré hornina obsahuje. Štatistická teória pevnosti vychádza z predpokladu, že tieto vnútorné kazy vykazujú úplnú náhodnosť čo do množstva, lokalizácie aj veľkosti, t.j. vytvárajú v danom objeme horniny istý štatistický súbor. Proces rozpojovania sa začína práve v takých úzko lokalizovaných oblastiach horniny, kde sa nachádzajú spomínané primárne defekty mikroštruktúry alebo defekty, ktoré vznikajú pri nevratnej deformácii. Proces rozpojovania potom vedie k intenzívnemu lokálnemu rastu ťahových napätí, ktoré spôsobia, že niektorý z defektov sa vyvinie do porušenia horniny.

Z tohto hľadiska je pri skúmaní termického rozpojovania hornín pri pôsobení vysokoteplotného zdroja zaujímavé sledovať, ako sa mení pevnosť horniny vplyvom štruktúrnych termických napätí, ktoré sa vyvíjajú v dôsledku nerovnakých hodnôt koeficientov lineárnej tepelnej rozťažnosti minerálov, tvoriacich horninu, pri zmene jej teploty a ktoré môžu spôsobiť vznik a rozvoj ďalších štruktúrnych defektov v objeme horniny.

### Metodika práce

Ako skúšobný materiál bola vybraná žula z lokality Hnilec, ktorá bola v minulosti už preskúmaná pri standovom výskume rotačného vŕtania. Zo skúšobnej horniny boli zhotovené valčeky s kruhovou podstavou s priemerom 32 mm a štíhlostným pomerom 2.

Niektorí autori (Gaľas et al., 1972) uvádzajú, že pevnostné ukazovatele určované na horúcich vzorkách pomaly chladnúcich spolu s ohrievacou pecou alebo na rýchle vychladnutých vzorkách sa líšia nepodstatne. Homand-Etienne et al. (1989) pri skúmaní termicky indukovanej mikrotrhlinovitosti pri využití skanovacej elektronickej mikroskopie identifikovali vývoj interkryštalickej trhlinovitosti vytváratej s najväčšou pravdepodobnosťou počas ochladzovania vzoriek.

Pre zisťovanie pevnosti v prostom tlaku pri zvýšenej teplote bol preto zhotovený špeciálny tepelne izolovaný prípravok, do ktorého boli zohriate vzorky vkladané. Prípravok so vzorkou bol potom vložený medzi čeluste lisu a zaťažovaný.

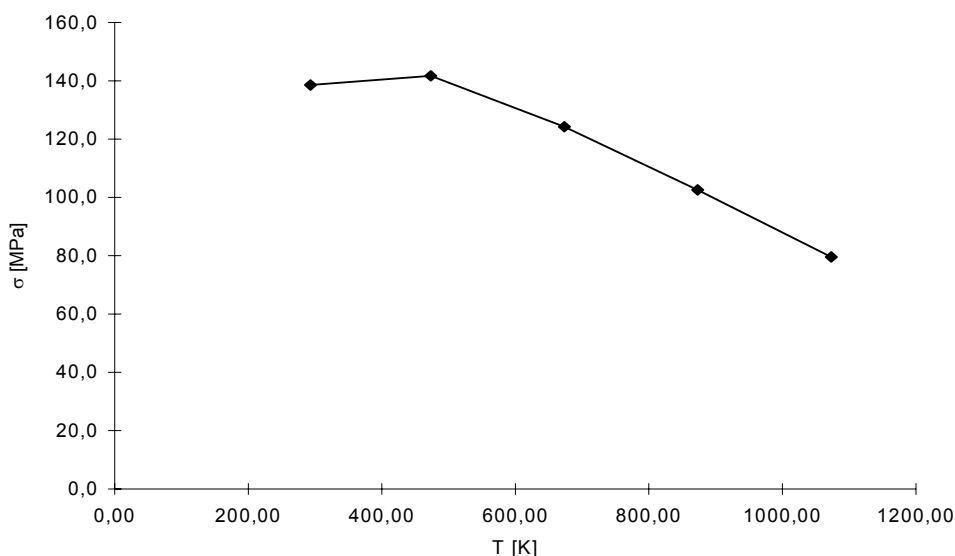
Aby sa skutočne zistil len vplyv štruktúrnych termických napätí na výslednú pevnosť a vylúčil vplyv teplotného gradientu, boli vzorky horniny pomaly ohrievané v elektrickej peci a to do teploty 300°C rýchlosťou 50°C<sup>-1</sup> a nad touto teplotou rýchlosťou 100°C<sup>-1</sup>. Po dosiahnutí požadovanej

<sup>1</sup> Ing. Milan Labaš. Ústav Geotechniky SAV, 043 53 Košice, Watsonova 45

(Recenzovali: Doc. Ing. Pavol Rybár, CSc a RNDr. Ján Bejda, CSc. Revidovaná verzia doručená 31.10.1997)

teploty bola vzorka temperovaná 4 hodiny. Hodnoty pevnosti v prostom tlaku žuly Hnilec boli merané pri teplotách 20°C, 200°C, 400°C, 600°C a 800°C. Pri každej referenčnej teplote bolo skúšaných 10 vzoriek.

Výsledky meraní sú uvedené na obr.1.



Obr.1. Závislosť priemernej hodnoty pevnosti v prostom tlaku od teploty pre žulu z lokality Hnilec.

### Diskusia

Výsledky meraní potvrdzujú skutočnosť, že u niektorých hornín sa pevnosť so zvyšovaním teploty po dosiahnutí určitej teploty buď nemení alebo sa najprv monotónne zvyšuje a po dosiahnutí určitého maxima začína klesať. Teplotný interval, v ktorom sa toto maximum prejavuje, závisí od mine-ralogického zloženia a štruktúry horniny. Gaľas et al. (1972) ho určili v rozmedzí teplôt 450 - 900 K, Moskalev a kol. (1987) v rozmedzí 473 - 573 K. Extremálne hodnoty pevnosti v prostom tlaku sú o 20 - 40 % vyššie ako hodnoty pri normálnej teplote (Moskalev et al., 1987), resp. 1,2 - 2-krát väčšie (Gaľas et al., 1972).

Toto zvyšovanie pevnosti horniny je možné vysvetliť teóriou deformačného spevňovania známou z porušovania kovových materiálov (Puškár, 1986), t.j. tvorbou a pohybom dislokácií, ktoré sa zhľukujú, interagujú navzájom, interagujú s nepohyblivými dislokáciami, hromadia sa na hraniciach zrn, atď., nevychádzajú na povrch, čo podľa Cotrellovej teórie vedie k zvýšeniu pevnosti. Pri ďalšom zvyšovaní teploty sa štruktúrne termické napätia zvyšujú a dochádza k tvorbe zárodokov mikrotrhlín a ich rozvoju na úkor týchto napätí, čo vedie k zníženiu pevnosti.

### Záver

U žuly Hnilec došlo k nepatrnému zvýšeniu pevnosti v prostom tlaku pri teplote 200°C o 2,6% (142,2 MPa) oproti pevnosti nameranej pri teplote 20°C (138,6 MPa). Vzhľadom na to, že pre horniny je typický veľmi veľký rozptyl meraných hodnôt pevnosti, možno povedať, že pevnosť žuly z lokality Hnilec v prostom tlaku sa do teploty 200°C nemení a pri jej ďalšom zvyšovaní sa postupne znižuje až po hodnotu 78,2 MPa pri 800°C. Zaujímavé je tiež, že sa výraznejším poklesom pevnosti neprejavila ani polymorfná premena  $\alpha$  -  $\beta$  - kremeňa.

### Literatúra

Gaľas, A.,A., & Polujanskij, S.,A.: Osnovy termomechanického razušenia gornych porod. *Naukova Dumka, Kijev, 1972.*

Homand-Etienne, F. & Houpert, R.: Thermally Induced Microcracking in Granites: Characterization and Analysis. *Int.J.Rock Mech.Min.Sci&Geomech.Abstr., Vol.26, No.2, 1989, s.125-134.*

Moskalev, A.,N. et al.: Razrušenije gornych porod pri termocikličeskom vozdejstviji. *Naukova Dumka, Kijev, 1987.*

Pušár, A.: Mikroplastickosť a porušenie kovových materiálov. *Veda, Bratislava, 1986.*