

## Určovanie abrazivity hornín pre razenie tunelov plnoprofilovými raziacími strojmi

František Krepelka, Milan Labaš, Otilia Krajecová & Viera Miklúšová<sup>1</sup>

### *Specification of rock abrasiveness for the purposes of tunnel driving using TBM*

*This article analyses rock abrasiveness that causes attrition (wearing down) of the disintegration indentors. In the case of drilling machines equipped with disc chipper tools it is the attrition of the discs. The attrition of the discs results in the reduction of the drilling rate and the increase in the specific disintegration energy, thus directly affecting the total economic outcome of the mining site (tunnel).*

*Abrasiveness of the rock is the rock's ability to wear down the working tool during the mutual interaction between the working indenter and the rock in the mechanic rock disintegration process. The disintegration indenter wears down during the interaction, that changes its geometric dimensions, causing the increase in the contact area between the tool and the surface of the rock. The changes in these dimensions consequently alter the rate of advance of the drilling machine and the specific disintegration energy.*

*Abrasiveness is therefore an overall result of physical and mechanical characteristics of the rock during the interaction between the disintegration indenter and the rock. In the present time there is no method that would formulate the rock's abrasiveness at the hands of physical-mechanical characteristics of the rock. Because the interaction between the tool and the rock depends on the characteristics of the tool, abrasiveness is at present a relative quantity, dependent also on the quality of the disintegration indentors. With the progress in the quality of disintegration tools, the abrasiveness and the attrition of the tool during mechanic rock disintegration changes. From this standpoint it is, in the course of determining the rock's abrasiveness in the laboratory procedures, needed to eliminate the impact of the disintegration indenter characteristics. By choosing one disintegration indenter type with predetermined physical-mechanical characteristics for the laboratory measurements, we can obtain abrasiveness that characterizes the examined rock. The process of interaction between the indenter and the rock is also influenced by the environment where the interaction takes place. The effect of the environment is not negligible and therefore it is, in the laboratory conditions of determining the abrasiveness, always necessary to provide for the same environment and thus eliminate its influence on the overall measurement, especially in the case of comparing the abrasiveness of different rocks.*

*We have determined the abrasiveness according to the ON 44 1121 (1982) on three types of rocks.*

**Key words:** abrasiveness of the rock, disintegration indenter, tunnel driving.

### Úvod

Razenie dlhých banských diel a tunelov raziacími strojmi do značnej miery ovplyvňujú vlastnosti hornín. Bezprostredne na razenie vplyvajú mechanické vlastnosti hornín a technologické vlastnosti hornín. Z mechanických vlastností sú to predovšetkým pevnostné vlastnosti hornín. Z určovania pevnostných vlastností pre mechanické rozpojovanie hornín je dôležitá vŕtateľná pevnosť, ktorá veľmi dobre koreluje s rýchlosťou rozpojovania hornín. Z technologických vlastností hornín pre mechanizované mechanické rozpojovanie sú dôležité tvrdosť, vŕtateľnosť a abrazivita hornín. Na tento proces má vplyv aj porušenosť horninového masívu, ktorá v prípade razenia plnoprofilovými raziacími strojmi vystupuje do popredia zvlášť v tých prípadoch, keď veľkosť poruchy je porovnateľná s priemerom razeného diela. V týchto prípadoch je potrebná vyššia obozretnosť. Veľmi často dochádza k dlhým prestojom, napr. ak dôjde k zavaleniu hlavy raziaceho stroja. Tomuto stavu je možné predísť monitorovaním razeného diela v procese rozpojovania hornín. Monitorovaním vstupných a výstupných veličín procesu rozpojovania hornín je možné identifikovať tvrdosť a porušenosť hornín v trase razeného diela. V tomto príspevku sa budeme venovať abrazivite hornín, ktorá má vplyv na opotrebenie rozpojovacích indenterov, v prípade raziacich strojov osadených diskovými valivými dlátami je to opotrebenie diskov. Opotrebenie diskov má za následok zníženie okamžitej rýchlosti a zvýšenie špecifickej energie rozpojovania, čo priamo ovplyvňuje ekonomický výsledok celej výstavby banského diela, resp. tunela. V súčasnosti sa na Slovensku raziacími strojmi razia iba prieskumné diela v trase cestných tunelov.

### Charakteristika a metódy určovania abrazivity

Pod abrazivitou hornín rozumieme schopnosť horniny opotrebovať pracovný nástroj v procese vzájomnej interakcie pracovného indentora a horniny pri mechanickom rozpojovaní hornín.

Pretože rozpojovací indenter sa v priebehu interakcie opotrebováva a mení svoje geometrické rozmery, dochádza k zväčšeniu kontaktnej plochy medzi nástrojom a povrchom horniny. Zmena týchto rozmerov má za dôsledok zmenu rýchlosti postupu raziaceho stroja a zmenu špecifickej energie rozpojovania hornín.

<sup>1</sup>Ing. František Krepelka, PhD., Ing. Milan Labaš, Ing. Otilia Krajecová, PhD. & Mgr. Viera Miklúšová, PhD., Ústav geotechniky SAV, 043 53 Košice, Watsonova 45 (Recenzované v roku 2000)

Intenzita a rýchlosť opotrebovania závisia od niekoľkých súčasne pôsobiacich faktorov pri interakcii rozpojovacieho indentora a horniny.

Najdôležitejšie z týchto faktorov sú:

1. druh a vlastnosti trecích povrchov,
2. režim práce rozpojovacieho indentora (kombinácia vstupných veličín rozpojovacieho procesu),
3. vlastnosti prostredia, v ktorom rozpojovací indentor pracuje.

Abrazivnosť je teda súhrnným prejavom fyzikálnych a mechanických vlastností hornín v styku s rozpojovacím indentorom. Keďže v interakcii nástroja a horniny sú zohľadnené aj vlastnosti nástroja, abrazivita hornín je veličina, ktorá závisí aj od kvality rozpojovacích indentorov. S vývojom kvality rozpojovacích nástrojov mení sa aj abrazivita a tým aj proces opotrebovania týchto nástrojov in situ v procese mechanického rozpojovania hornín. Z tohto dôvodu je potrebné pri určovaní abrazivity laboratórnymi metódami odstrániť vplyv vlastností rozpojovacieho indentora. Zvolením jedného typu rozpojovacieho indentora s vopred definovanými fyzikálno-mechanickými vlastnosťami pre laboratórne merania, získame z laboratórných skúšok abrazivitu, ktorá charakterizuje rozpojovanú (skúšanú) horninu. Na proces vzájomnej interakcie rozpojovacieho indentora a horniny má vplyv aj prostredie, v ktorom inerakcia prebieha. Vplyv prostredia nie je zanedbateľný, a preto v laboratórných podmienkach určovania abrazivity je nutné zabezpečiť vždy to isté stabilné prostredie, čím sa eliminuje jeho systematický vplyv na celkový výsledok, najmä pri porovnávaní abrazivity rôznych hornín.

Testy abrazivity používané v súčasnosti možno rozdeliť do 3 skupín (ISRM):

1. nárazové testy – test Los Angeles, pieskový test, Burbankov test,
2. tlakové testy – test Dorry, test ASTM 2-241-51, modifikovaný Dorry test, vrtné testy, test Taber Abraser Model 143,
3. oderové testy – Devalov test.

Test Los Angeles meria abrazivitu ako dôsledok nárazov kúskov hornín a dávky ocelových gúľ v rotujúcom bubne. Pri pieskovom teste kovová lopatka zo skúšanej zliatiny rotuje ( $632 \text{ ot min}^{-1}$ ) vnútri bubna s kúskami horniny, pričom bubon tiež rotuje ( $74 \text{ ot min}^{-1}$ ).

Pri testoch Dorry, ASTM 2-241-51, modifikovanom Dorry teste je horninová vzorka tlačaná proti rotujúcemu ocelovému disku, pričom na kontaktnú plochu sa ešte pridáva abrazívne médium (kremenný piesok, práškový  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Pri vrtných testoch sa určuje opotrebenie vrtného nástroja za určitý čas vrtania alebo odvrt pri určených podmienkach. Pri teste Taber Abraser Model 143 sa každá strana 6 mm hrubého disku horniny z jadra NX otočí 400-krát pod kovovým diskom, ktorý je prtláčaný hmotnosťou 250g. Produkty opotrebovania sú odstraňované priebežne pomocou vákua. Strata hmotnosti horniny je mierou odporu horniny voči abrázii a strata hmotnosti kovového disku je mierou abrazivity horniny. Tento test sa používa pre predikciu raziteľnosti tunelovacích strojmi.

Pri Devalovom teste sa horninová zmes omieľa pomalou rýchlosťou v zariadení používanom pri teste Los Angeles, avšak bez dávky ocelových gúľ. Určuje sa len oteruvzdornosť horniny, nie jej abrazivita.

### Metodika práce a výsledky

Abrazivitu hornín sme určovali podľa ON 44 1121 (1982). Podstatou tejto laboratórnej metódy určovania abrazivity je zistenie úbytku hmotnosti normalizovaného valčeka konštantných rozmerov s konštantnými mechanickými vlastnosťami. Valček je zhotovený zo zvracieho drôtu G-42, podľa ČSN 05 5322, po tepelnom spracovaní s pevnosťou 720 MPa a tvrdosťou 210 HB. Valček má priemer 3 mm a dĺžku 22 mm. Skúšky sa robia na zariadení, pomocou ktorého je zabezpečený stály prítlak na skúšobný valček 100 N a stále otáčky  $100 \text{ min}^{-1}$ .

Vzorka skúšanej horniny musí mať kruhový tvar s minimálnym priemerom 59 mm. Povrch skúšanej vzorky sa zdrsní kremíťým pieskom. Na jednu skúšku sa použije päť kovových valčekov. Kovové valčeky sa postupne upínajú do skúšobného zariadenia na dráhy s priemerom 10, 20, 30, 40 a 50 mm tak, že každý valček na svojej dráhe pôsobí počas 32 otáčok. Počas celkovej skúšky valčeky vykonajú dráhu 15,08 m. Hmotnostný úbytok valčekov pred a po skúške predstavuje abrazivitu skúšanej horniny ( $\text{mg m}^{-1}$ ).

Abrazivitu sme určovali na vzorkách pieskovca z lokality Sulín a vzorkách hornín z Braniska (Krepelka, 1995; Krúpa, 1996a; Krúpa, 1996b; Miklušová, 1996). Výsledky skúšok sú uvedené v tabuľke 1.

### Záver

Určovanie abrazivity sme robili na posúdenie možnosti razenia tunela Branisko plnoprofilovým raziacim strojom. Z výsledkov nameranej abrazivity na uvedených vzorkách je možné konštatovať, že v uvedenej lokalite možno nasadiť raziaci stroj s hladkými diskami. Uvedené horniny možno zaradiť medzi neabrazívne a stredne abrazívne horniny. Medzi stredne abrazívne horniny patria horniny s abrazivitou v rozsahu  $1,0 - 3,5 \text{ mg m}^{-1}$ .

Tab.1. Výsledky určovania abrazivity hornín podľa ON 44 1121.

Tab.1. The results of determining the rock abrasiveness according to ON 44 1121.

Hornina	Označenie vzorky	Abrazivita [mgm <sup>-1</sup> ]
Pieskovec	HP – 1 / 1.1	0,911
	HP – 1 / 2.1	1,114
	HP – 1 / 2.2	1,253
Amfibolit	1	0,968
	2	1,353
	3	1,273
	4	1,346
	5	1,366
	6	0,909
Migmatit	1	0,670
	2	0,398
	3	0,259
	4	0,265
Migmatitizované pararuly	H = 163 – 164	0,137
	H = 174 – 175	0,915
	H = 175 – 176	6,107
	H = 177 – 178	1,144

*PodĎakovanie:* Tento príspevok vznikol v rámci riešenia úlohy VEGA MŠ SR č. 2/7066/20.

### Literatúra

- KREPELKA, F. et al. 1995. Určenie pevnosti v prostom tlaku a abrazivity hornín zo štôlne HP-1 pri Sulíne, *Expertízna správa*, ÚGt SAV, Košice, september 1995.
- KRÚPA, V. et al. 1996a. Vtlačná pevnosť a abrazivita vzorky horniny z lokality Branisko, *Expertízna správa*, ÚGt SAV, Košice, apríl 1996.
- KRÚPA, V. et al. 1996b. Pevnostné charakteristiky a abrazivita vzoriek TB1 a TB2 z lokality Branisko, *Expertízna správa*, ÚGt SAV, Košice, september 1996.
- MIKLÚŠOVÁ, V. et al. 1996. Pevnostné charakteristiky a abrazivita vzoriek z lokality Branisko z hĺbkových intervalov H=163-164m, H=174-175m, H=175-176m, H=177-178m, *Expertízna správa*, ÚGt SAV, Košice, október 1996.
- ON 44 1121/81 1982. Oborová norma - Pevné horniny, Stanovení abrazivnosti, *Federální ministerstvo palív a energetiky Praha*, VVÚV Ostrava – Radvanice, 1982.