

Posúdenie možnosti okvantifikovania vibrácií pre účely hodnotenia rozpojovacieho procesu hornín

Viera Miklúšová¹

Assessment of possibilities of vibration signal quantification for the rock cutting process evaluation.

Mechanical oscillations or vibrations arise in the rock cutting process due to mutual reactions of cutting tool and rock mass.

A classical monitoring system provides scanning and recording of input variables of rock cutting process, such as the thrust, revolutions, power consumption and flush amount, and the net advance rate of tool in rocks as an output variable of the process. The measured data form a source for the calculation of the specific disintegration energy and the working ability of cutting tool, both serving as evaluation variables for the rock cutting process effectiveness.

The monitoring system installed on the experimental drilling stand was adjusted to scan the vibration signals. The vibration signal was monitored during rotary drilling of andesite, granite and limestone samples with various cutting tools used and various thrust and revolutions levels applied. The results of vibration signal monitoring were processed and evaluated consequently.

The paper presents an introductory analysis of vibration monitoring data. It proved it is possible to find relations between the input variables of rock cutting process and the variables characterizing the vibration signal. The outcomes have outlined a possibility of using the vibration signal for an evaluation or control of the rock cutting process.

Key words: vibrations, monitoring, cutting process, rock mass

Úvod

Pracovníci ústavu geotechniky SAV v Košiciach sa venujú výskumu rozpojovania hornín rotačným vrtaním. Rotačné vrtanie sa spolu s trhacími prácami najčastejšie používajú pri dobývaní ťžitkových nerastov a výstavbe podzemných inžinierskych diel. Experimentálny výskum prebieha v laboratórnych podmienkach ale aj in situ. Pre laboratórny experimentálny výskum pracoviisko využíva modelové zariadenie usporiadané na imitáciu rozpojovania hornín rotačným vrtaním – laboratórny stand. Ten umožňuje rotačné vrtanie malopriemerovými vrtacími nástrojmi na vzorkách hornín tvaru valca alebo kvádra, obmedzených, ale dostatočne postačujúcich rozmerov podľa veľkosti použitého vrtacieho nástroja.

V rámci riešenia grantových úloh bola na pracovisku riešená aj problematika riadenia rozpojovacieho procesu hornín rotačným vrtaním za pomoci akustického signálu (Leššo a kol., 1997, Miklúšová a kol., 2004, Miklúšová a kol., 2006). V súčasnosti je riešená úloha riadenia rozpojovacieho procesu hornín rotačným vrtaním s ďalším cieľom zapojiť do riadenia procesu vibrácie.

Experimentálny výskum

Na experimentovanie boli použité vzorky andezitu z lokality Ruskov, žuly z lokality Hnilec a vápenca z lokality Včeláre. Ako rozpojovacie nástroje boli použité diamantové impregnované 6 a 8 kanálikové korunky s priemerom 46 mm. Vrtanie prebiehalo pri konštantných otáčkach $n = 1000 \text{ min}^{-1}$ a pri konštantných prítlakoch $F = 5 \text{ 500N}$, 7 500N , 9 500N a 11 500N .

Experimentálny vrtný stand je vybavený monitorovacím systémom, ktorý umožňuje snímať a zaznamenávať prítlak a otáčky ako vstupné veličiny rozpojovacieho procesu. Snímané veličiny sú zaznamenávané počítačom.

V súčasnosti je systém obohatený aj o snímanie údajov vibrácií pomocou kapacitného snímača zrýchlenia typu ADXL 250 firmy ANALOG DEVICES, ktorý umožňuje v danom bode snímať zrýchlenie v dvoch na seba kolmých smeroch (Chlebová a kol., 2000, 2002). Jeden smer z je rovnobežný s osou vrtania a druhý smer x je na neho kolmý v horizontálnej rovine. Signál zo snímača je privádzaný do analógového integrátora, ktorý po dvojnásobnej integrácii dáva na výstupe signál reprezentujúci polohu snímača. Tento ošetrovaný signál po spracovaní analógovým prevodníkom dáva údaj vibrácie ako hodnotu výchylky v dvoch uvedených smeroch z a x . Takto zosnímaný priebeh vibrácií počas vrtania horniny predstavuje dátový súbor transformovaný prostredníctvom tabuľkového procesoru Excel.

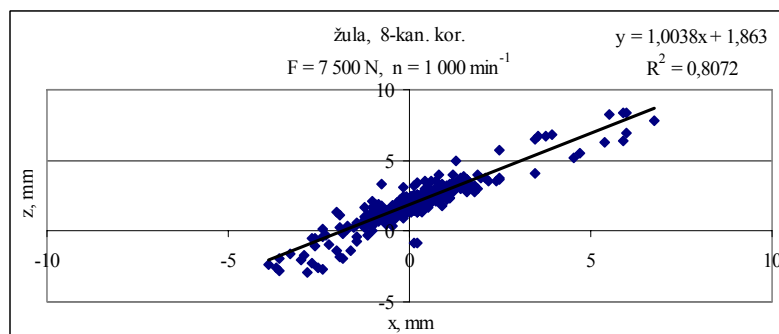
Proces rozpojovania hornín je možné riadiť a ovplyvniť zmenou jeho vstupných veličín podľa požiadavok na výstup, či to bude požiadavka na maximálnu postupovú rýchlosť alebo na minimálnu mernú objemovú energiu rozpojovania alebo nejaká iná požiadavka na optimalizáciu procesu, keďže tieto výstupné veličiny sú od vstupných závislé.

¹ Mgr. Viera Miklúšová, PhD., Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice, miklusv@saske.sk
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 13. 12. 2006)

Cieľom výskumu je nájsť možnosť zapojiť vibrácie do riadenia rozpojovacieho procesu. K tomu je potrebné nájsť zákonitosti závislosti údajov vibrácií na ostatných veličinách charakterizujúcich rozpojovací proces či na charakteristikách nástroja a horniny. Ako charakteristika horniny bola použitá redukovaná vŕtačná pevnosť σ_{red} .

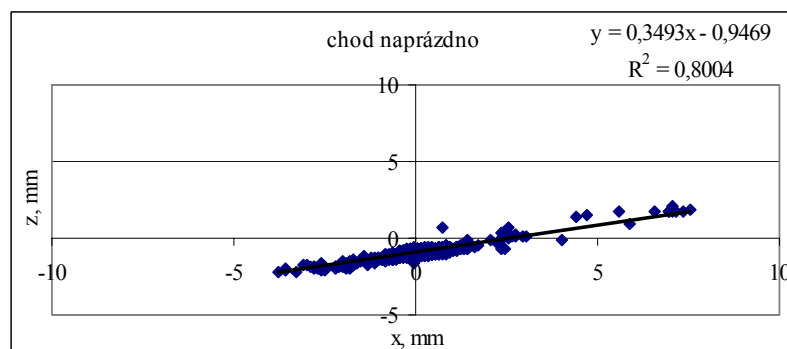
Metodika hľadania zákonitostí

Pre vyhodnocovanie boli použité namerané údaje x a z , z vŕtania žuly, ich usporiadanie dokumentuje obrázok 1. Údaje vibrácií z vŕtania andezitu a vápenca majú obdobný charakter.



Obr. 1. Priebeh výchyliek x a z .
Fig. 1. Course of amplitudes x and z .

Je to vlastne len priemet obrazu výchyliek do roviny, nie priestorový obraz. Je otázne, prečo je to takýto priebeh s lineárnou koreláciou a nie je priamou úmernosťou. Pravdepodobne je odozvou na umiestnenie piezoelektrickej sondy, na rotáciu nástroja, môže byť ovplyvnený kotvením standu, ale môže byť skreslený aj vibráciami napr. z vyosenia nástroja či ukotvenia horniny a tiež zahŕňa v sebe príspevok od vibrácií pri chode naprázdno, obrázok 2. Tento je potrebné udržiavať na konštantnej úrovni, napr. konštantným množstvom výplachovej kvapaliny, čo pri našich experimentoch bolo zabezpečené.



Obr. 2. Vibrácie pri chode naprázdno.
Fig. 2. Vibrations in the idle run.

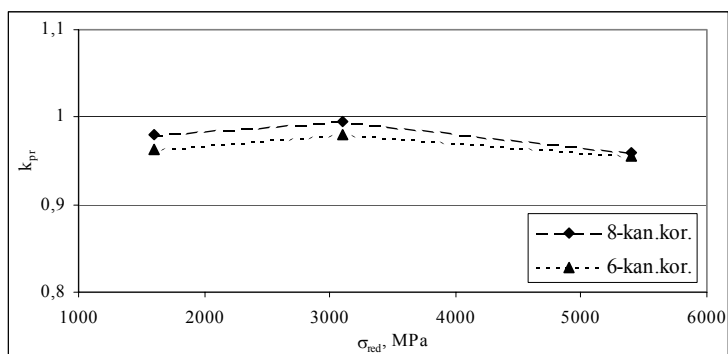
Z obrázku 1 vidíme, že výchylka z v prvom kvadrante súradnicového systému má väčšie hodnoty ako výchylka x . Nástroj je do horniny zatláčaný určitou silou, hornina kladie voči vnikaniu nástroja do horniny odpor a vznikajú vibrácie. Odpor horniny voči vnikaniu nástroja do horniny je istou charakteristikou, ktorej veľkosť závisí od vlastností nástroja aj horniny. Táto charakteristika odráža napr. pevnostné vlastnosti horniny.

Každý bod v obrázku 1 je vlastne koncovým bodom výchylky standu v rovine v dôsledku vibrácie. Veľkosť výchylky je výsledkom geometrického sčítania x a z , je to vzdialenosť bodu ako $d = \sqrt{x^2 + z^2}$ od počiatku súradnicového systému (x, z) . Lineárna závislosť týchto výchyliek hovorí o tom, že stand v dôsledku vŕtania do žuly s príslušnou korunkou pri uvedenom režime vibruje najčastejšie v smere, ktorý s osou x zvierá uhol vyjadrený smernicou priamky s uvedenou lineárnou koreláciou, označme túto smernicu ako koeficient k .

Experimentálne výsledky

Hodnoty koeficientov k boli zistené pre všetky použité horniny, korunky a režimy. S cieľom zistiť, či tento koeficient reaguje na zmenu korunky, boli koeficienty k spriemerované z koeficientov z vŕtania pri všetkých použitých režimoch, ale pre každú horninu a korunku zvlášť. Priemerný koeficient má označenie

k_{pr} . Je treba poznamenať, že s oboma korunkami sa vrtalo do toho istého typu horniny pri všetkých režimoch. Obrázok 3 predstavuje závislosť koeficientov k_{pr} na redukovanej vlačnej pevnosti hornín σ_{red} .



Obr. 3. Závislosť koeficientov k_{pr} na redukovanej vlačnej pevnosti hornín.
Fig. 3. Dependence of the coefficients k_{pr} on the reduced indentation strength.

Priebehy priemerných koeficientov k_{pr} pre 8 a 6 kanálikovú korunku sú rôzne, teda tento vybraný ukazovateľ vibrácií pri vrtaní je schopný zaregistrovať zmenu korunky v rozpojovacom systéme. Rozdiel nie je veľký, ale je pri použití uvedených hornín jednoznačný.

Je to jeden z úvodných prístupov k riešeniu danej problematiky.

Záver

Na základe získaných výsledkov možno konštatovať, že pri uvedenej metodike kvantifikácie vibrácií sa podarilo ukázať, že pri rozpojovaní hornín pri zmene rozpojovacieho nástroja dochádza aj k zmene hodnot koeficienta k a teda k zmene charakteristiky vibrácií.

Cieľom grantovej úlohy, v rámci ktorej bol predstavený výskum robený, je zapojiť vibrácie doprevádzajúce rozpojovací proces do jeho riadenia bez snímania prítlaku a otáčok. Preto je potrebné nájsť aj modely závislosti medzi charakteristikami vibrácií a údajmi prítlaku a otáčok.

Aby sa mohol dosiahnuť hodnoverný výsledok, je potrebné vykonať ešte mnoho overujúcich experimentov v dostatočnom rozsahu vstupných režimových parametrov prítlaku a otáčok, s dostatočným počtom rôznych hornín a tiež s rôznymi typmi nástrojov.

Tento príspevok vznikol v rámci riešenia grantovej úlohy 2/6198/26

Literatúra - References

- Leško, I., Futó, J., Krepelka, F., Pandula, B., Mockovčiaková, A.: Control with acoustic method of disintegration of rocks by rotary drilling. *Metalurgija*, Vol. 43, No. 2 (2004), ISSN 0543-5846, p. 107-109.
- Miklúšová, V., Krepelka, F., Ušalová, L.: The scanning of acoustic signal as a component of monitoring the rock disintegration process. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, Vol.1, No.1 (133), Prague 2004, ISSN 1211-1910, p.125-129.
- Miklúšová, V., Ušalová, L., Ivaničová, L., Krepelka, F.: Acoustic signal – new feature in monitoring of rock disintegration process. *Contributions to geophysics and geodesy*, Vol.36, special issue, Prague 2004, ISSN 1211-1910, p.125-129.
- Chlebová, Z., Slanina, V.: Experimentálna analýza kmitania vibračného mlyna. In: *Zb. 6. medz. ved. konf. Akademická Dubnica 2000, MtF STU Trnava, 2000*, s.47-50.
- Chlebová, Z., Zahradníček, R., Hutník, E.: Experimentálna identifikácia a analýza riadeného kmitania vibračného mlyna LE102/1. In: *V. medz. ved. konf. Nové trendy v prevádzke výrobnej techniky 2002. Zbor. ref. FVT TU Košice, 2002*, s.45-50.