

Spracovanie zvukového signálu pri dezintegrácii hornín

František Krepelka¹, Milan Labaš¹, Eudmila Ušalová¹ a Jozef Futó²

Processing of acoustic signal in rock disintegration

For the determination of an effective rock disintegration for a given tool and rock type it is needed to define an optimal disintegration regime. Optimisation of the disintegration process by drilling denotes the finding out an appropriate couple of input parameters of disintegration, i.e. the thrust and revolutions for a quasi-equal rock environment. The disintegration process can be optimised to reach the maximum immediate drilling rate, to reach the minimum specific disintegration energy or to reach the maximum ratio of immediate drilling rate and specific disintegration energy. For the determination of the optimal thrust and revolutions it is needed to monitor the disintegration process. Monitoring of the disintegration process in real conditions is complicated by unfavourable factors, such as the presence of water, dust, vibrations etc. Following our present experience in the monitoring of drilling or full-profile driving, we try to replace the monitoring of input values by monitoring of the scanned acoustic signal. This method of monitoring can extend the optimisation of disintegration process in the technical practice. Its advantage consists in the registration of one acoustic signal by an appropriate microphone. Monitoring of acoustic signal is used also in monitoring of metal machining by milling and turning jobs. The research results of scanning of the acoustic signal in machining of metals are encouraging. Acoustic signal can be processed by different statistical parameters. The paper describes some results of monitoring of the acoustic signal in rock disintegration on the drilling stand of the Institute of Geotechnics SAS in Košice. The acoustic signal has been registered and processed in no-load run of electric motor, in no-load run of electric motor with a drilling fluid, and in the Ruskov andesite drilling. Registration and processing of the acoustic signal is solved as a part of the research grant task within the basic research of the rock disintegration by drilling.

Key words: monitoring, acoustic signal, rock drilling.

Úvod

V súčasnosti rozpojovanie hornín vrtaním na vrtnom stande monitorujeme klasickým spôsobom, t.j. snímaním vstupných a výstupných veličín, ktorý je doplnený o snímanie akustického signálu.

Z hľadiska procesu vrtania sú najdôležitejšími technologickými veličinami:

- prítlak F [N],
- otáčky vrtania n [s^{-1}],
- krútiaci moment M_k [Nm],
- rýchlosť vrtania v [$m s^{-1}$],
- dĺžka odvrtu l [m],
- špecifická práca rozpojovania w [$J m^{-3}$].

Okrem týchto veličín v súčasnosti registrujeme a vyhodnocujeme aj ďalšie, ktoré súvisia s procesom rozpojovania hornín. Sú to nasledovné veličiny-parametre hnacieho agregátu: snímanie prúdu I [A] a napätia kotvy U [V], prúdu v budiacom vinutí I [A], celkový elektrický príkon P_1 [W].

Určenie optimálnych podmienok rozpojovania hornín vrtaním podľa niektorého z kritérií optimalizácie rozpojovacieho procesu je známe (Bejda et al., 1994). Proces vrtania môžeme optimalizovať na dosiahnutie maximálnej okamžitej rýchlosti vrtania, na minimalizáciu špecifickej práce rozpojovania alebo na maximálny podiel okamžitej rýchlosti vrtania a špecifickej práce rozpojovania. Túto veličinu často označujeme φ .

Získavanie experimentálnych údajov

Cieľom standových vrtacích prác pri registrácii zvukového signálu je získať údaje, ktoré by informovali o tom, ako vplyvajú zmeny prítlaku a otáčok (nastaviteľné nezávislé premenné) na okamžitú rýchlosť vrtania, prípadne na špecifickú prácu rozpojovania pre určitú sústavu „hornina – nástroj“ v rozsahu, ktorý umožňuje experimentálny stand. Ďalšou úlohou týchto meraní je zistiť možnosti rozlíšenia typu vrtanej horniny pri rovnakých režimových parametroch vyhodnotením akustického signálu.

Pri experimentálnych prácach sa používajú nasledovné zmeny režimov:

- zvyšovanie prítlaku pri približne konštantných otáčkových hladinách,
- zvyšovanie otáčok pri rôznych približne konštantných prítlakových hladinách,
- zvyšovanie, resp. znižovanie prítlaku aj otáčok.

Z nameraných hodnôt príkonu a otáčok je možné vypočítať špecifickú prácu rozpojovania a následne určiť pracovnú schopnosť rozpojovacieho nástroja φ . Súčasne s monitorovaním vstupných a výstupných veličín bol

¹ Ing. František Krepelka, PhD, Ing. Milan Labaš a Ing. Eudmila Ušalová, Ústav Geotechniky SAV, Watsonova 45, 040 02 Košice

² Ing. Jozef Futó, Katedra informatizácie a riadenia procesov, F BERG Technickej univerzity v Košiciach, ul. Boženy Němcovej 3, 040 02 Košice (Recenzované 15.7.2002)

snímaný a zaznamenávaný aj akustický tlak (Biering, H., Pedersen, O.Z., 1983), ktorý vzniká počas experimentov pri jednotlivých režimoch rozpojovania.

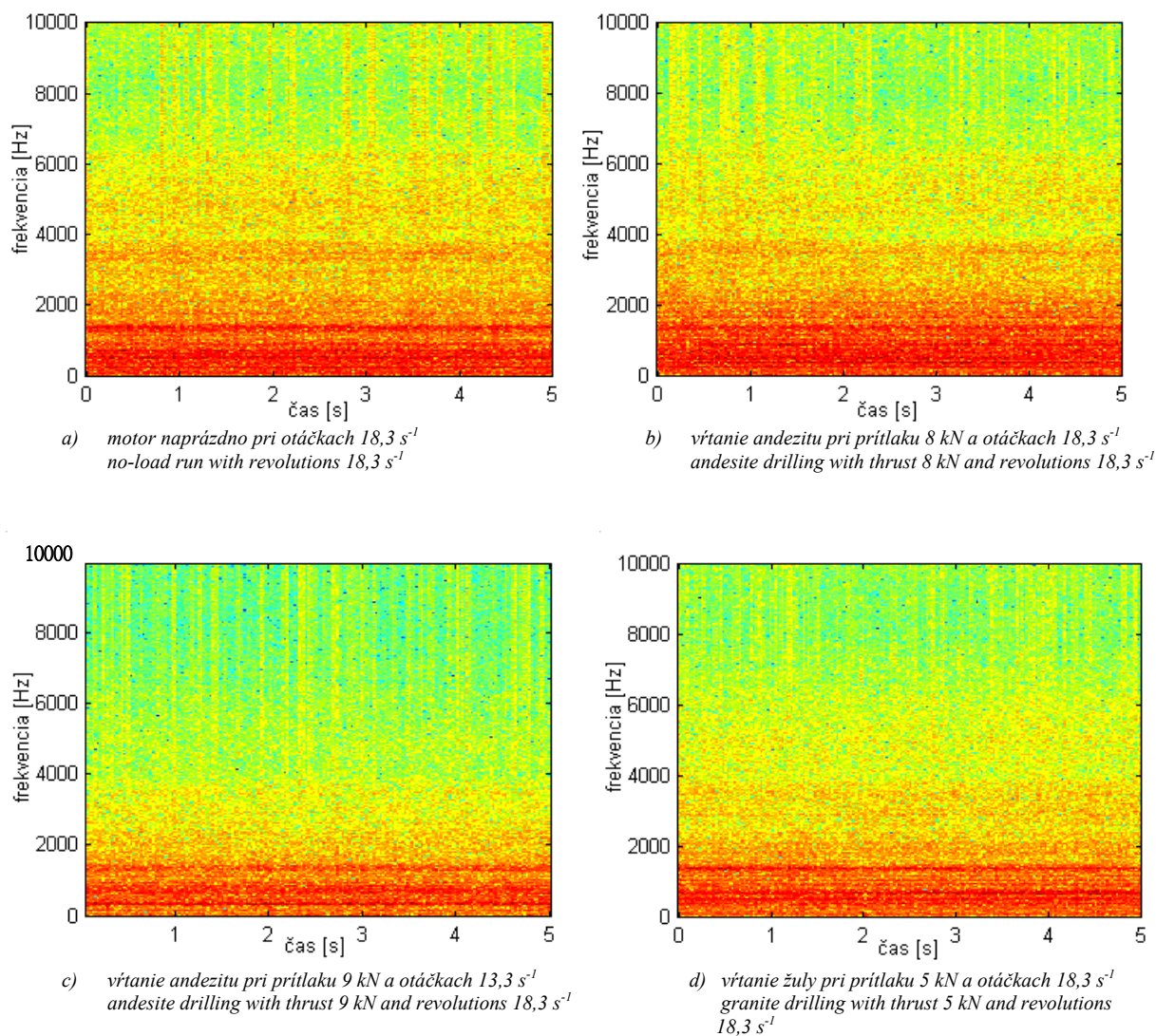
Vyhodnocovanie experimentálnych údajov

Pre vyhodnotenie nameraných údajov bol použitý Signal Processing Toolbox prostredia MATLAB. Dáta, získané s frekvenciou 20 000 Hz, sú spracované krátkodobou Fourierovou transformáciou (Short Time Fourier Transform – STFT). Vzhľadom na charakter snímania a implementáciu rýchlej Fourierovej transformácie, je dĺžka okna pre STFT 1024 vzoriek a použité prekrývanie okien približne o polovicu dĺžky okna a vyhladenie spektra časovým okienkom typu hanning.

Diskusia a závery

Zaznamenaný zvukový signál elektrického motora pri chode naprázdno pri otáčkach $13,33 \text{ s}^{-1}$ je zobrazený na obr. 1a. Na obr. 1b je zobrazené zvukové spektrum pri vrtaní andezitu pri prítlaku 8 kN a otáčkach $18,3 \text{ s}^{-1}$. Na obr. 1c je zobrazené zvukové spektrum pri vrtaní andezitu pri prítlaku 9 kN a otáčkach $13,3 \text{ s}^{-1}$. Na obr. 1d je zobrazené zvukové spektrum pri vrtaní žuly pri prítlaku 5 kN a otáčkach $18,3 \text{ s}^{-1}$. Zvukové spektrá znázorňujú zastúpenie frekvencií v závislosti na čase.

Zosnímané spektrá sú vyhodnocované v rovnakom časovom intervale, $t=5 \text{ s}$. Z ich priebehu je zrejmé, že pri približne konštantných pracovných podmienkach sú priebehy v čase nemenné. Rozloženie spektier zobrazuje odlišné zastúpenie frekvencií pre jednotlivé pracovné režimy.



Obr. 1 Krátkodobá Fourierova transformácia.
Fig.1 Short-time Fourier Transformation.

Z porovnania zvukových spektier pri rozpojovaní horniny andezitu a žula pri rovnakom režime, obr. 1b a 1d je zrejmé, že významné zložky sa vyskytujú na všetkých frekvenciách do 2000 Hz, na obr. 1b do 4000 Hz.

Pri druhej vzorke obr. 1c – zvukové spektrum andezitu - je zastúpenie do 2000 Hz, kde môžeme zreteľne sledovať 3 dominantné frekvenčné pásma.

Porovnaním zvukových spektier zobrazených na obr. 1b – 1d je zrejmé, že frekvenčné spektrá akustického signálu sú rozdielne. V ďalšom výskume je potrebné sa zamerať na spracovanie a vyhodnotenie akustického signálu, pri ktorom vylúčime akustický signál motora, ktorý je v súčasnosti zastúpený vo všetkých vyhodnocovaných údajoch.

S prihliadnutím na fakt, že z nameraného a vyhodnoteného zvukového signálu vieme rozlíšiť proces vrtania andezitu od žuly, a tak isto vieme rozlíšiť závislosť zvukového signálu na režime vrtania andezitu, snímanie akustického signálu pri vrtaní je významné preto, že vyhodnocovanie procesu vrtania je možné akustickým signálom.

Pre určenie optimálneho režimu pre danú horninu a nástroj pomocou zvukového signálu je potrebné zistiť vhodnú frekvenciu vzorkovania zvukového signálu, to znamená, že potrebujeme určiť optimálny náhodný súbor meraných veličín, ktorý charakterizuje tento proces. Okrem vzorkovania akustického signálu v ďalšom výskume je potrebné zistiť závislosť frekvencie na otáčkach a prítlaku pri danej hornine a závislosť frekvencie pri vrtaní rôznych hornín.

Zosnímanie zvukového signálu resp. vyhodnocovanie jeho spektra je možné rôznymi spôsobmi. Jedným z nich je aj prezentované hodnotenie pomocou STFT (krátkodobej Fourierovej transformácie).

Príspevok bol spracovaný v rámci riešenia grantovej úlohy 2/7066/20 Štúdium charakteristík sprievodného akustického signálu a geotechnických veličín pri dezintegrácii hornín pre optimalizáciu vrtného procesu.

Literatúra

- LEŠŠO, I. a kol.: Monitoring system of drilling stand for control. In: *Zborník 9. medzinárodnej baníckej konferencie, Štrotfek; 1997, Košice, pp. 91-96.*
- BEJDA, J., KRÚPA, V. and SEKULA, F.: Algorithm of the costs optimization function of drilling and boring in Rockmass. In: *16th World Mining Congress, 1994, Sofia, C-26, pp. 214-221.*
- BIERING, H. and PEDERSEN, O.,Z.: System analysis and time delay spectrometry, Technical Review, *Brüel & Kjaer, 1983, No. 1, pp. 38-40.*