

# Analýza optimálnych podmienok rozpojovania hornín

Karol Kostúr<sup>1</sup>, Jozef Futó<sup>1</sup> a Dušan Baluch<sup>1</sup>

## Analysis of optimal conditions in penetration of minerals

The analysis of optimal conditions for granite was done in laboratory. We of change the press force and revolutions only. The objective functions were chosen in three forms. According to these criteria the optimal regime for drilling with a consideration of limits was determined.

**Key words:** optimization, rotary drilling, objective function.

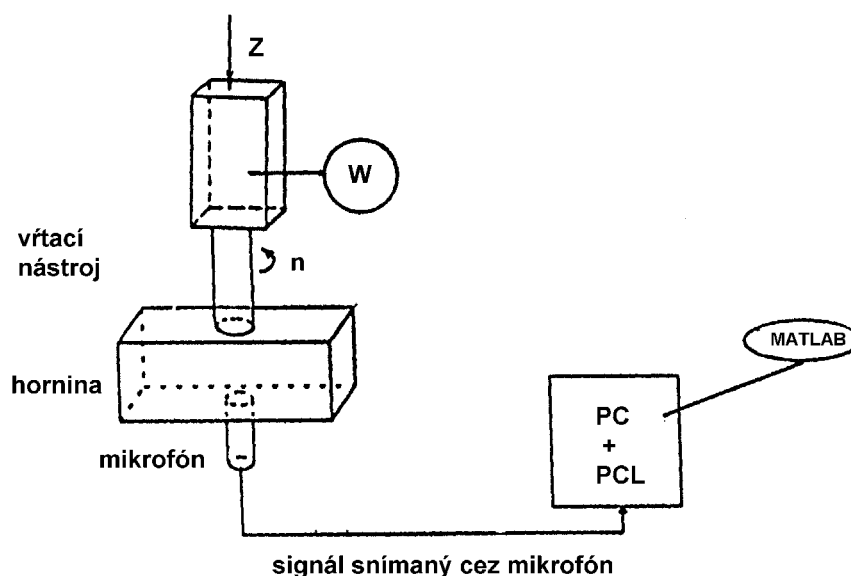
## Úvod

Problematika optimálneho rotačného vrtania predstavuje zložitý komplex otázok. Názory a výsledky rôznych autorov v odbornej literatúre z tejto problematiky sa odlišujú. Otázka kritéria optimálnosti nie je dodnes vyjasnená. V súčasnosti sa uvádzajú viaceré kritéria, z ktorých najviac sú zaužívané:

- kritérium maximálnej životnosti nástroja,
- kritérium maximálnej rýchlosti vrtania,
- kritérium minimálnej energie rozpojovania (Sekula et al., 1976).

V princípe však môžeme prijať názor, že hlavným kritériom je minimum nákladov na jednotkovú dĺžku vrtu. Takáto optimalizácia si vyžaduje poznanie zákonitostí platných v oblasti rýchlosti vrtania, t. j. opotrebovania nástroja v závislosti na režime a na odvrátanej dĺžke. Tieto údaje môžu poslúžiť ako exaktné a základné veličiny na spracovanie snímaných dát, ktoré sú vyhodnocované pomocou modernej výpočtovej techniky.

Tieto uvedené základné poznatky nás viedli k tomu, že v laboratóriu Priameho riadenia sme v rámci nášho skúšobného vrtného standu rotačným jadrovacím nástrojom vykonali aj merania, smerujúce k optimalizácii jeho režimu v rozmedzí jeho prevádzkových možností. Úlohou výskumu bolo zistiť závislosť medzi intenzitou zvuku a optimálnym režimom vrtania. Pre sledovanie intenzity zvuku počas vrtania bola použitá meracia sústava podľa obr. č. 1.



Obr.1. Konfigurácia meranej a meracej sústavy.

## Popis meranej a meracej sústavy

Meracia sústava sa skladala z reťazca: mikrofón – zosilňovač – AD prevodník – štandardný počítač IBM PC kompa-tibilný, wattmeter. Technický popis počítača:

V/V karta Advantech PCL 812, pripojená na počítač IBM AT so zák-

<sup>1</sup> Katedra riadenia výrobných procesov, F BERG Technickej univerzity, 042 00 Košice, ul. Boženy Němcovej 3 (Recenzovali: Ing. Juraj Haluška, CSc. a Ing. Vítazoslav Krúpa, CSc. Revidovaná verzia doručená 30.10.1997)

ladným vybavením:

- procesor INTEL 386 SX, 33 MHz,
- 4MB RAM, 45MB HDD (Leššo, 1994).

Tieto karty sú produktom firmy Advantech Co., USA a ich výhodou v porovnaní s inými podobnými prostriedkami je priamy prístup na systémovú zbernicu počítača (Leššo, 1994-[1]).

Objektom merania bola žula, ktorá bola upravená do tvaru kvádra s rozmermi 60 x 25 x 225mm, pevne uložená na stojane vrtáka tak, aby bolo zabezpečené rovnomerné vŕtanie vo všetkých režimoch standu, t. j. plynule regulovateľné v rozmedzí od 0 do 500 otáčok za minútu a štyri rôzne prítlaky, pre ktoré platí vzťah  $Z4 = 4/3 \times Z3 = 2 \times Z2 = 4 \times Z1$ . Vzhľadom na laboratórne obmedzenia sme analyzovali optimálne podmienky pri nízkych prítlakoch ( $Z1 = 15N$ ). S prihliadnutím na charakter experimentu sme zvolili pre meranie žulu s týmito vlastnosťami:

Tab.1. Klasifikácia hornín pri vŕtaní (Zeman, 1987).

Hornina		žula
Klasifikačná trieda podľa	rozpojiteľnosť	11
	abrazívnosť	.4 – 6

Pretože proces rozpojovania hornín je procesom mimoriadne nákladným, je nevyhnutnosťou pri stále narastajúcich cenách energie a surovín hľadať optimálny režim vŕtania, ktorý je závislý na celom rade faktorov.

Sú to predovšetkým:

- fyzikálno-mechanické vlastnosti horniny
- vlastnosti vrtného nástroja,
- režim vŕtania,
- vrtné prostredie.

V laboratórnych podmienkach sme sa zamerali predovšetkým na režim vŕtania, ktorý závisí od týchto hlavných pracovných parametrov:

- prítlak,
- otáčky,
- prietok výplachovej kvapaliny.

Pre laboratórne podmienky sme ich zredukovali na dva parametre:

- prítlak,
- otáčky.

### Metodika merania

Ako už bolo spomenuté, na popísanej meracej sústave, sme za skúšobnú horninu zvolili žulu, ktorá z hľadiska charakteristických sledovaných parametrov bola najreprezentatívnejšia. Po nastavení konštantného prítlaku a otáčok sme po dobu pätnástich minút vŕtali do horniny, pričom sme monitorovali veličiny rozhodujúce z hľadiska optimalizácie. Počas stanoveného času sme zaznamenávali odvŕtanú hĺbku, počet otáčok, príkon a intenzitu zvuku.

Na základe takto získaných experimentálnych výsledkov sme zostavili tabuľku č. 1, v ktorej sú zhrnuté všetky dôležité údaje pre posúdenie optimálneho vŕtania v laboratóriu Priameho riadenia pomocou jadrovacieho malopriemerového diamantového nástroja.

Tab.1. Experimentálne namerané hodnoty pre analýzu optimálnych podmienok rozpojovania hornín jadrovým vŕtaním.

Záťaž	Hĺbka [mm]	Energia [kJ]	Otáčky [ $\text{min}^{-1}$ ]	Hĺbka/ot [mm]	Energia/ot [J]
Z1	0,15	27,0	130,20	0,0768	13,82
Z1	0,15	42,5	204,80	0,0488	13,83
Z1	0,20	54,0	312,33	0,0427	11,53
Z1	0,50	63,0	393,73	0,0847	10,67
Z1	0,60	81,0	500,00	0,0800	10,80
Z2	0,10	31,5	129,47	0,0515	16,20
Z2	0,10	40,5	213,93	0,0312	12,62
Z2	0,15	54,0	316,00	0,0316	11,39
Z2	0,20	76,8	439,93	0,0303	11,64

Z2	0,60	87,8	483,53	0,0827	12,10
----	------	------	--------	--------	-------

Pokračovanie tab.1.

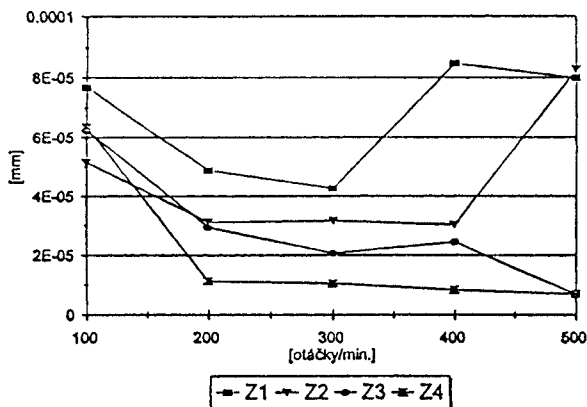
Záťaž	Hĺbka [mm]	Energia [kJ]	Otáčky [ $\text{min}^{-1}$ ]	Hĺbka/ot [mm]	Energia/ot [J]
Z3	0,10	36,0	106,80	0,0624	22,47
Z3	0,10	40,5	226,87	0,0294	11,90
Z3	0,10	58,5	321,53	0,0207	12,12
Z3	0,15	76,5	408,67	0,0245	12,48
Z3	0,05	94,5	481,87	0,0069	13,07
Z4	0,15	40,5	157,33	0,0636	17,16
Z4	0,05	58,5	295,27	0,0113	13,21
Z4	0,05	58,5	318,53	0,0105	12,24
Z4	0,05	76,5	400,20	0,0083	12,74
Z4	0,05	94,5	476,87	0,0070	13,21

### Rozbor nameraných výsledkov

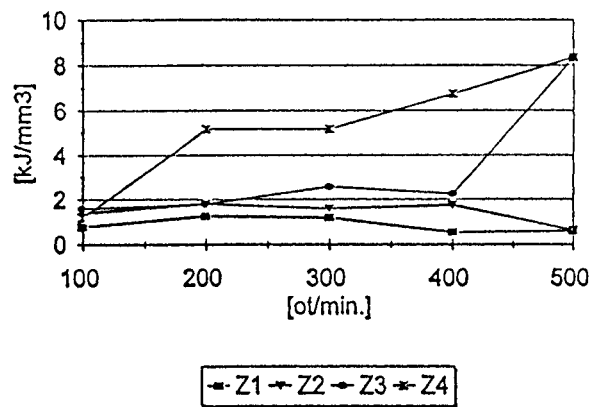
Ako je zrejmé z tab.1, merania sa vykonávali pri štyroch rôznych prítlakoch a pri piatich rozličných otáčkach, čím vznikol dostatočný súbor hodnôt pre laboratórne posudzovanie optimálnych podmienok vŕtania.

Vidíme, že jedným zo spôsobov určovania optimálneho režimu vŕtania môže byť aj minimálna energia spotrebovaná na jednotku odvrtu, prípadne hĺbka vniku.

Pre lepšiu názornosť sú namerané hodnoty vynesené v grafoch.



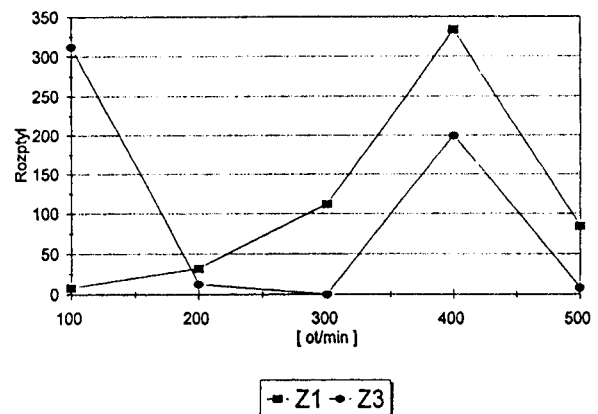
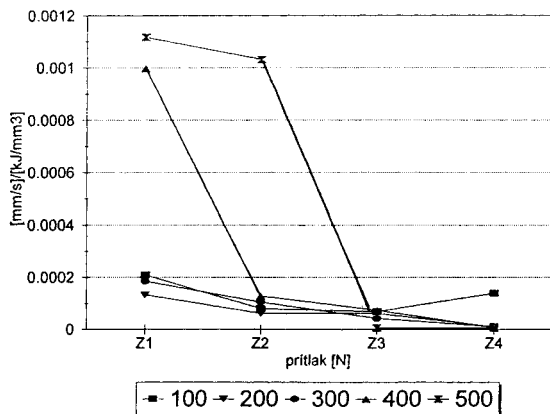
Graf 1. Závislosť hĺbky vniku na otáčkach a prítlaku.



Graf 2. Závislosť mernej energie rozpojovania na otáčkach a prítlaku

Z uvedených grafov vyplýva, že rýchlosť a príkon sa mení v závislosti na otáčkach a prítlaku, preto je aktuálne hľadanie optimálneho režimu vŕtania graf č. 1.

Na základe experimentálnych výsledkov môžeme vyniesť závislosť mernej energie rozpojovania na otáčkach a záťaži graf č. 2.



Graf 3. Závislosť  $\phi$  na prítlaku.

Graf 4. Závislosť rozptylu dominantnej frekvencie na otáčkach a prítlaku.

Pre porovnanie našich výsledkov sme z odbornej literatúry, ktorá uvádza niekoľko metód na stanovenie optimálneho procesu rozpojovania hornín z hľadiska dosahovania minimálnych nákladov na bežný meter vrtu vybrali tú, ktorá optimalizáciu procesu vrtania zjednodušuje na úlohu hľadania extrémnej veličiny  $\phi$  (prítlak, otáčky), v dovolenej oblasti režimových parametrov prítlak a otáčky (Krúpa, 1994).

Z grafu č. 2 vyplýva, že na základe stanovenia minimálnej energie je optimum pri prítlaku Z1 a rýchlosti 400 ot.min<sup>-1</sup>, podobne z grafu č. 1 je zrejme, že optimum t. j. najväčšia hĺbka vniku sa dosahuje v tom istom vrtacom režime. V porovnaní s grafom č. 3 vidíme, že optimálny režim sa mierne posunul a je pri záťaži Z1 a pri 500 ot.min<sup>-1</sup>. Vzájomné porovnanie grafov č.2 a č. 3 však jasne naznačuje, že sa jedná o tú istú pracovnú oblasť. Výhodou grafu č. 3 je, že optimálny režim sa prejavuje ako jednoznačný extrém aj pre laboratórne podmienky, pri ktorých sa dosahovali len minimálne odvrtý. Na základe spracovania nameraných hodnôt signálov zvuku a ich vyhodnotenia pomocou rýchlej Fourierovej transformácie môžeme vyniesť závislosť rozptylu dominantnej frekvencie na otáčkach a prítlaku. Pre porovnanie týchto výsledkov v grafe č. 4 uvádzame závislosti pre dve hodnoty prítlaku v dovolenej oblasti režimových parametrov prítlak a otáčky. Z priebehu závislosti pre prítlak Z1 je zrejme, že sa vyznačuje výrazným extrémom pri 400 ot.min<sup>-1</sup>. V porovnaní s grafom č. 2 a grafom č. 3 vidíme, že sa jedná o bod, v ktorom sa nachádza optimálny režim vrtania. Pri prítlaku Z3 vidíme na priebehu uvedenej závislosti dva extrémny, a to pri 100 a 300 ot.min<sup>-1</sup>. Pri opakovanom porovnaní s grafom č.2 a grafom č. 3 vidíme, že sa jedná znova o bod optimálneho režimu v daných prevádzkových podmienkach alebo o jemu veľmi blízku oblasť.

### Záver

Optimalizácia technológie rotačného vrtania vyžaduje veľmi presné monitorovanie procesu. Vďaka nemu sa získava celý rad veličín, ktoré môžu byť použité i pre charakteristiku práve vrtaných hornín. Späťne, vďaka monitorovaciemu systému môžeme upresňovať, a tým aj optimalizovať celý riadiaci proces. V súčasnosti, keď cena priemyselných počítačov je relatívne nízka, je možné na ich báze budovať optimalizačný systém, ktorý by pomocou snímaných veličín upravoval a riadil proces rozpojovania v optimálnom režime. Zatiaľ prezentované výsledky potvrdzujú existenciu závislosti medzi rozptylom dominantnej frekvencie intenzity zvuku a optimálnym režimom vrtania. Rozpracovanie, ďalšie overenie a potvrdenie tejto závislosti by bolo teoretickým východiskom pre nový princíp optimálneho riadenia rozpojovania hornín rotačným vrtaním.

*Príspevok je vypracovaný v rámci riešenia grantového projektu č. 95/5305/562.*

### Literatúra

- Krúpa, V.: Matematické a experimentálne modely mechanizmu rozpojovania a porušovania horninového masívu. *Grantový projekt, Ústav geotechniky SAV Košice, 1994, 217s.*
- Leššo, I.: Signalverarbeitung mit dem PC – Computer beim Monitoringssystem für Tunellöfen. 5. *Internationales DAAM Symposium Universität Maribor – Slowenien, Technische Fakultät, Maribor 1994, s. 514-519.*
- Leššo, I.: Stabilizácia procesu výroby aglomerátu na spekacom páse. *In: Krúpa, V. 1994, v zozname literatúry.*
- Sekula, F., Kočí, M., Bejda, J & Krajecová, O.: Standový výskum v problematike optimalizácie diamantového vrtania. *Geologický prieskum 6 / 1976, 169s.*
- Zeman, V.: Hlubinné vrtání. *Vysoká škola baňská v Ostrave, 1987, 205s.*
- Miklušová, V. & Bejda, J.: Die Kostenoptimierungsfunktion beim Vollschnitvortrieb im Gesteinsmassiv. *World Tunnel Congress '97 Vienna / Austria, 1997, 505s.*
- Horovčák, P.: Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Process Control and Simulation, Monitoring and graphical presentation of measured values for technological processes. *ASRTP' 94, Košice - Zlatá Idka, Slovak republic, 1994, 519s.*