

Vplyv geotechnických vlastností hornín masívu Vajarskej na technológiu používaných trhacích prác

Oreská Ľudmila¹

Influence of geotechnical properties of the rocks of massif Vajarska on the technology of used blasting operations

Geotechnical properties of a rock massif have a decisive influence on the technology of blasting operations and on the resulting fragmentation of the blast. Parameters of the blasting operations were given for the limestone deposit Vajarska on the base of knowledge about fractures of the massif Vajarska. The computer program is used to choice new para-meters for the blasting operations in HIROCEM, a.s., Rohožník.

Key words: geotechnical properties of rock massif, blasting operations, fragmentation of blast.

Úvod

Vysokopercentné vápence z ložiska Vajarská sú surovinovou bázou pre výrobu šedých aj bielych portlandských cementov v a.s. HIROCEM, Rohožník. Už pri otvárke lomu Vajarská v roku 1971 sa začala venovať veľká pozornosť tektonike masívu v súvislosti s projektovaním trhacích prác, pomocou ktorých sa ťaží surovina, nakoľko je nutné zásobiť z rozvalu vápencom linky nielen na výrobu portlandského bieleho cementu, ale aj portlandského šedého cementu a pritom je potrebné dodržať efektívnu výťažnosť frakcie nad 120 mm, ktorá sa používa k výrobe portlandského bieleho cementu a vápna.

Keďže už v samotných začiatkoch otvárania lomu Vajarská vznikalo v rozvale po trhacích prácach veľké percento drobnej frakcie (0-120 mm), ktorá bola v rozvale vo väčšom množstve nežiadúca, vznikla otázka, či vysoké percento frakcie 0-120 mm je výsledkom nesprávne určenej technológie vŕtáčich a trhacích prác, alebo či existujúca geologická charakteristika ložiska predurčuje nepriaznivý výsledok rozpojenia horniny, alebo prípadne akým podielom jednotlivé faktory, technologické a prírodné, tento proces ovplyvňujú.

Tento príspevok zhŕňa doterajšie poznatky o porušenosti masívu Vajarská a posudzuje z tohto hľadiska používané parametre trhacích prác a následnú fragmentáciu rozvalu.

Hodnotenie porušenosti horninového masívu Vajarská na základe tektonickej analýzy

Už po prvých dvoch etapách geologického prieskumu na ložisku Vajarská (1962, 1971) bolo zrejmé, že vápencový masív je tektonicky značne porušený viacerými horotvornými fázami. Najstaršie horotvorné fázy sú v ložiskovej oblasti viazané na fázu presunov príkrovov a sú zastreté výrazným účinkom popaleogénnych zlomov. Na základe výsledkov geologického mapovania a prieskumných prác v roku 1971 (Žabka et al., 1971) v ešte neotvorenej časti lomu vyplynulo, že základný rys tektonickej stavby spočíva v tektonickom styku strednotriasových karbonátov s tzv. melafýrovou sériou a v systéme s ním paralelne prebiehajúcich dislokácií. Tieto spolu s priečnymi poruchami zastierajú pôvodný vrásový štýl natoľko, že naň možno usudzovať len na základe generálneho priebehu jednotlivých strednotriasových súvrství.

Výsledky mapovacích prác (Žabka et al., 1971) ukázali, že vápencový komplex Vajarskej utína na JV mohutná tektonická porucha, na ktorej dochádza k styku melafýrovej série s karbonátmi anisu

a v JZ časti s vápencami ladinu. Keďže táto porucha a paralelne s ňou prebiehajúce dislokácie sledujú generálny smer kryštálického jadra Malých Karpát (JZ - SV), bol nazvaný tento systém dislokácií ako malokarpatský (Žabka et al., 1971). Malokarpatský systém zlomov sa na ložisku

¹ Ing. Ľudmila Oreská, Odbor ťažby surovín, HIROCEM, a.s., Rohožník, 906 38 Rohožník
(Recenzovali: Doc.Ing. Tibor Sasvári, CSc. a Doc.Ing. Pavol Rybár, CSc. Revidovaná verzia doručená 11.9.1998)

prejavuje lokálne výraznými drvenými zónami brekciovitého charakteru. Tieto zóny majú výrazný vplyv na intenzitu sekundárnych premien na ložisku. Vedľajšie drvené pásma, paralelné s malokarpatským systémom, majú spravidla s neporušenými partiami ložiska ostré obmedzenia. V južnej časti ložiska (4. etáž) nepresahujú 10 - 12 m a v severnej časti 20 - 30 m mocnosť. Frekvencia sprievodných diakláz sa pohybuje rádovo od dm do m. Sklony porúch malokarpatského systému sú spravidla príkre ($70 - 90^\circ$), zriedkavo plytké ($10 - 30^\circ$). Sklony kontrakčných porúch a sprievodných puklín sa pohybujú od $10^\circ - 40^\circ$.

Keďže dislokačné zóny v lome Vajarská majú regionálny charakter, vytvárajú pravidelnú sieť dislokácií a zároveň vyčleňujú tektonické bloky v lome (Puzder et al., 1979; Rybár et al., 1997a). Analýzu disjunktívnych deformácií v lome Vajarská riešil Marko (1989). Doplnujúce štruktúro-tektonické údaje spracovala Oreská (1996) pri príležitosti komplexného riešenia vplyvu porušenia na mechanické vlastnosti vápenca a následný vplyv na kvalitu slinku. Boli urobené drobnostruktúrne merania na viacerých úsekoch lomu Vajarská, za účelom detailného poznania charakteru diskontinuí, ich vzdialenosti a výplne. Na základe týchto meraní boli v lome vymedzené dislokácie D_1 , D_2 , D_3 a D_5 . Dislokácie D_4 sú v lome pozorované len ojedinele a z tohoto dôvodu neboli pri hodnotení tektonickej porušenia masívu brané do úvahy. Kvalitatívna a azimutálna charakteristika významných dislokácií:

Dislokácie D_1 majú smer S-J až SSZ-JJV, úklon 80° k V. Z analýz merania tohto systému vyplynulo, že tento systém vykazuje značný rozptyl v smere aj úklone. Výplň je hlinitá, úlomkovitá a ílová.

Dislokácie D_2 majú smer SSZ - JJV, úklon $60 - 80^\circ$ k JJZ. Z analýz merania tohto systému vyplynulo, že daný systém, takisto ako aj systém D_1 , vykazuje značný rozptyl v smere aj úklone. Výplň je hlinitá, úlomkovitá a ílová. Dislokácie vytvárajú charakteristickú drvenú zónu, typickú pre celý lom.

Dislokácie D_3 majú smer SSZ - JJV, úklon $60 - 70^\circ$ k SSV. Nejde o veľmi výrazný systém, jeho výskyt je v lome Vajarská len sporadický, nájdeme ho však v celom lome. Tektonické brekcie a ílovito hlinitá výplň tohto systému sú veľmi jemné.

Dislokácie D_5 majú smer SV - JZ, s úklonom $60 - 70^\circ$ k SZ. Rozptyl v smere a úklone je veľmi malý. Táto tektonická štruktúra je v celom lome najmarkantnejšia. Na tomto systéme bolo prítomné ryhovanie a tektonické zrkadlá, čo poukazuje na silnú kompresnú aktivitu. Zóna však obsahuje aj tektonické brekcie a ílovito- hlinitú výplň. Dislokačné zóny sú dm - m - 10 m rádu. Farba výplne dislokácie je červenohnedá.

Dislokačné systémy D_1 a D_2 sú smerovo veľmi blízke, so strmým obojstranným úklonom. Pri celkovom hodnotení sú považované za jeden štruktúrny systém (Sasvári, 1997).

S tektonikou aktivitou dislokačných systémov D_1 až D_5 súvisí postupný vznik puklín P_1 až P_5 . Ide o štruktúry mm až cm veľkosti, otvorené, niekedy vyplnené kalcitovou výplňou. Počet puklín sa pohybuje v rozsahu 35 až 70 na 1 bm. Hustota puklín sa mení z etáže na etáž a jej charakter výrazne ovplyvňuje celkovú fragmentáciu odstreľu.

Hodnotenie porušenia masívu na základe rýchlosti šírenia pozdĺžnych vln

Porušenosť masívu bola hodnotená aj pomocou akustickej metódy hodnotenia trhlinovitosti masívu podľa Rževského (Puzder et al., 1979). Táto metodika je založená na predpoklade, že rýchlosť šírenia pozdĺžnych vln v_m je tým menšia, čím je väčšia porušenosť horninového masívu. Na zistenie porušenia masívu Vajarskej touto metódou bol použitý oscilograf typu N - 102 sovietskej výroby. Podľa výsledkov meraní bol masív v zmysle tejto metódy zaradený do triedy č.1, t.j. medzi mimoriadne intenzívne trhlinovité horniny s koeficientom $A_i = 0,01 - 0,1$.

Z tohto poznatku vyplýva, že je len ohraničená možnosť zvýšiť kusovosť rozrušenej horniny po odstrele, nakoľko uvedené početné tektonické poruchy sa podieľajú na rozptyle energie výbuchu a zvyšujú nepriaznivé seizmické účinky v horninovom masíve a tým zapríčiňujú vznik extrémne malej ale aj veľkej frakcie v jednotlivých odstreloch.

Analýza stupňa porušenia ťažobnej steny pred rozpojovaním energiou výbuchu

Stupeň porušenia ťažobnej steny bol určený fotograficko - úsečkovou metódou (Puzder et al., 1979; Rybár, 1985). Veľkosť stredného kusa primárnej kusovosti v masíve, ktorý vyplynul na základe týchto meraní, bol 270 mm. Ďalším poznatkom, ktorý bol zistený pri uvedenej analýze je ten fakt, že nastáva zmena charakteru distribúcie primárnej kusovosti, ktorá sa mení z lognormálneho rozdelenia na exponenciálne rozdelenie kusovitosti v rozvale. Z toho vyplýva, že veľké množstvo energie výbuchu dodanej do masívu pri trhacích prácach presúva maximálne zastúpenú triedu so stredným priemerom zrna cca 270 mm smerom do drobnej triedy s veľkosťou zrna 0 - 120 mm.

Porovnanie prirodzenej zrnitosti lomovej steny a zrnitosti rozvalu po trhacích prácach

Z prirodzenej zrnitosti masívu, zistenej fotograficko - úsečkovou metódou, vyplynulo, že trieda frakcie 0 - 120 mm je v ťažobnej stene zastúpená od 7,6 do 11,3 %. Toto percento sa ešte ďalej zvyšuje účinkom rozpojovania pri trhacích prácach.

Podiel nežiadúcej frakcie v rozvale je až 65,9 % (viď tabuľku č.1, Puzder et al.,1979), čo je spôsobené vplyvom dynamického namáhania pri trhacích prácach. Je treba však podotknúť, že pri použití fotograficko-úsečkovej metódy sú desatiny a stotiny subjektívne odhadované.

Tab.1.

Trieda	Hranice triedy	Zastúpenie v %
1	0-120	65,9
2	120-150	18,03
3	250-500	12,37
4	500-700	1,78
5	700-1000	1,26
6	1000-1500	0,33
7	nad 1500	0,33

Správnosť výsledkov vyššie uvedenej metódy bola overená meraním na roštovom podávači v násypke kuželového drviča. Podrvený materiál prepadával cez rošt so štrbinou 0 - 120 mm na dopravný pás, kde boli umiestnené váhy fy Schenk. Tieto merania v plnej miere potvrdili závery vyplývajúce z merania granulometrie odstreľu.

Doporučená optimalizácia vrtacích a trhacích prác

Na základe vyššie uvedených analýz, predovšetkým z roku 1979, 1982 a taktiež aj z roku 1997(Rybár et al., 1997a,b), bolo doporučené, aby sa pri zachovaní spôsobu rozpojovania vápenca v lome Vajarská (jedno až dvojrádové clonové odstrely):

- znížila merná spotreba trhaviny, a to na $0,2 \text{ kg/m}^3$, čo by sa malo prejavovať zvýšením ekonomickým efektom trhacích prác a miernym zvýšením percentuálneho podielu vyšších tried, ako je trieda 0 - 120 mm,
- zväčšiť rozstup vývrtov pri súčasnom zväčšení priemeru vrtu, čím by sa zvýšil stredný priemer v rozvale a znížil sa podiel drobnej triedy.

Teoretickým predpokladom navrhnutého riešenia bol ten fakt, že na ložisku Vajarská je pomerne hustá sieť dislokácií, takže pri explózii dochádza k rozptylu energie a časť horninového masívu je oddelená vo svojej prirodzenej zrnitosti a nie je ďalej rozrušovaná energiou výbuchu. Mala by byť použitá málo brizantná trhavina s nízkou detonačnou rýchlosťou. Toto riešenie by si však vyžadovalo drobnoštruktúrnú analýzu ťažobnej steny pred každým odstreľom a prispôbovanie parametrov odstreľu podľa jej výsledkov.

- realizovať riadený odstreľ, čím by sa dosiahla priaznivejšia fragmentácia v rozvale (hladký výlom) za predpokladu, že sa zväčší záber, zníži sa rozstup vývrtov a zväčšia sa ich priemery, pričom sa použije trhavina s čo najmenšou detonačnou rýchlosťou

Ďalším, avšak najradikálnejším riešením by bola zmena spôsobu dobývania ťaženého nerastu.

Pri všetkých navrhnutých riešeniach si je však nutné uvedomiť, že prirodzená fragmentácia v horninovom masíve dáva možnosť dosiahnuť len určitú hranicu stredného priemeru zrna v rozvale a nad túto hranicu sa nie je možné dostať ani v prípade zmeny technických parametrov trhacích prác, a ani zmenou technológie rozpojovania ťaženého ložiska.

Realizácia navrhnutých opatrení v praxi a ich prínos

Na základe podrobnej štúdie fragmentácie ťažobnej steny pred odstreľom a v rozvale sa v lome Vajarská pristúpilo k nasledovným opatreniam:

1/ Bol odstránený rošt v násypke kuželového drviča a štrbina zvona kužela bola nastavená na 120 mm, takže po predtriedení dostávame dve frakcie. Frakcia 45 - 230 mm sa využíva na výrobu bieleho portlandského cementu a vápna, kým frakcia 0 - 45 sa využíva na výrobu šedého portlandského cementu.

2/ Zmenili sa parametre odstreľu, pričom sa priemer vývrtu zmenšil z pôvodných 145 mm na 120 mm, zväčšil sa záber na 6 m, rozstup medzi vývrtmi na 3,5 m a rozstup medzi jednotlivými radmi na 3 m. Zväčšenie priemeru vývrtov (doporučených 145 mm) neprinieslo želaný efekt, avšak s priermi 120 mm pri vyššie uvedených parametroch dosahujeme žiadané výsledky.

3/ Používa sa málo brizantná trhavina DAP, prípadne aj vojenské delaborované trhavy.

4/ Najčastejšie sa vykonáva jednoradový odstrel, pretože prebíjanie energie z druhého radu spôsobuje zvýšenie drobnej frakcie v odstrele. V prípade priaznivej situácie z hľadiska celistvosti masívu, vykonáva sa dvojradowý clonový odstrel.

5/ Pri plánovaní trhacích prác sa častejšie využíva drobnoštruktúrna analýza ťažobnej steny

6/ Rieši sa projekt modelovania parametrov trhacích prác v lome Vajarská pomocou softvéru pre osobné počítače (Rybár et al., 1997a).

Realizáciou opatrení č. 1 - 5 sa podarilo zväčšiť fragmentáciu v odstrele, o čom svedčí analýza

kusovitosti v odstrele na 5. ťažobnom reze z 19.3.1997 (vid' tab. č.2, Rybár et al., 1997b)

Tab.2.

Trieda	Hranice triedy	Zastúpenie v %
1	0-20	0,11
2	20-40	0,69
3	40-80	4,62
4	80-160	19,11
5	160-320	50,95
6	320-640	18,37
7	640-1280	6,16

Frakcie v triedach 4 - 7 tvoria 94,59 %, čo je vyhovujúce pre udržanie požadovanej výťažnosti pre biele linky. V súčasnosti, keď nabehli portlandské pece na výrobu šedého slinku na optimálny výkon, je výťažnosť pre biele linky vyhovujúca, nie je treba haldovať prebytočný materiál jednej alebo druhej frakcie. Nevyliešeným problémom je ešte prítomnosť frakcie triedy 7 (640 - 1280 mm), ktorá svojím spôsobom predražuje výkon trhacích prác, nakoľko kusy s rozmerom nad 1000 mm je treba sekundárne rozpojiť, lebo spôsobujú zaklivenie materiálu v násypke drviča. Doteraz sa na sekundárne rozpojovanie používali trhacie práce, čo bolo ekonomicky náročnejšie ako v súčasnosti používané rozpojenie pomocou hydraulického kompaktora, ktorým sa cyklicky raz za tri mesiace rozrúšajú nadrozmerné kusy, ktoré sú z odstrelu vyberané a ukladané na hromadu.

Záver

Z dôvodu ďalšej optimalizácie ťažobných prác sme sa rozhodli začať využívať matematicko - programový aparát, ktorý uľahčí a urýchli výpočet a výber parametrov trhacích prác v lome a zároveň umožní simulovať vhodnosť, alebo nevhodnosť zvolených parametrov trhacích prác (Rybár et al., 1997c).

Literatúra

- Marko, F.: Analýza disjunktívnych deformácií v lome Vajarská. In: Marko, F., Masaryk, P., Michalík, J., Lintnerová, O., a Jendrejáková, D.: *Geologické vyhodnotenie vrtných jadier z prieskumných vrtov VBC-167, VBC-169 a VBC-176 na ložisku Vajarská. Záv. správa, Geol. ústav Centra geovedného výskumu SAV, Bratislava, 1989, s. 23-35.*
- Oreská, Ľ.: Vplyv porušenia na mechanické vlastnosti vápenca a následný vplyv na kvalitu slinku v a.s. HIROCEM, Rohožník. *Dizertačná práca - archív F BERG TU Košice, 1996 s.1- 31.*
- Puzder, J., Novák, L., Rybár, P., Baraník, J., Chromjaková, D. a Dojčárová, Ľ.: Možnosti zvýšenia podielu väčších kusov v rozvale pri dobývaní vápenca na ložisku Vajarská. *Záverečná správa -archív HIROCEM, a.s., Rohožník a BF-VŠT Košice, 1979, s. 1-121.*
- Rybár, P.: Model rozpojovania horninového masívu trhacími prácami. *Kand. diz. práca – archív BF VŠT Košice, 1985, 75 s.*
- Rybár, P. a Cehlár, M.: Modelovanie parametrov trhacích prác v lome Vajarská, HIROCEM, a.s., Rohožník. *Manuskript-archív HIROCEM, a.s., Rohožník a F BERG TU Košice, 1997a, s.1- 61.*
- Rybár, P. a Krempaský, M.: Vyhodnotenie nadsitnej a podsitnej frakcie kuželového a kladivového drviča v lome Vajarská, HIROCEM, a.s., Rohožník. *Manuskript - archív HIROCEM, a.s., Rohožník a F BERG TU Košice, 1997b, s.1-14.*
- Rybár, P.: Simulácia trhacích prác počítačovým programom SIMTP. In: *Zborník 9. MBK – Dobývanie ložísk nerastov, využívania a ochrana zemských zdrojov, podzemné staviteľstvo a geotechnika*, ISBN 80-88896-03-7, Košice, 1997c, s. 81-89.
- Sasvári, T.:Drobnotektonické zhodnotenie dislokačných štruktúr pre projektovanie trhacích prác na ložisku Vajarská. *Manuskript - archív KGaM F BERG TU Košice, 1997, s.1- 16.*

Žabka, A., Juriš, F., Cabala, D. a Adásek, S.: Závěrečná správa a výpočet zásob z lokality Rohožník, etapa podrobného prieskumu, č.ú. 534 320 035. *Archív HIROCEM, a.s., Rohožník, 1971, s.1–74.*