



**ЗРГИМ**  
Здружение на  
рударски и  
геолошки инженери  
на Р. Македонија

**VI TO СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:**  
Технологија на подземна и површинска експлоатација на  
минерални суровини

**ПОДЕКС – ПОВЕКС '12**

Штип  
23 – 24. 11. 2012 год.

## **АНАЛИЗА НА МЕТОДИ НА МИНИРАЊЕ НА ПОВРШИНСКИОТ КОП Р'ЖАНОВО**

### **ANALYSIS ON BLASTING METHODS OF THE OPEN PIT R'ZANOVO**

**Миле Наџински<sup>1</sup>, Ристо Дамбов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФЕНИ, рудник Р'жаново, Кавадарци, Р. Македонија

<sup>2</sup>Универзитет "Гоце Делчев", Факултет за природни и технички науки, Институт  
за рударство, Штип, Р. Македонија

**Апстракт:** Методите на минирање се анализирани и изведувани на површинскиот коп Ржаново кој работи во состав на компанијата Фени индустри - Кавадарци. Во овој труд се претставени неколку мински серии кои се анализирани од аспект на добиена гранулација и постигнати нормативни материјали. Анализирани се мински серии со примена на различни типови експлозиви и направена споредба на постигнатите резултати.

**Клучни зборови:** минирање, површински коп, анализа, методи.

## **1. ВОВЕД**

Во ова поглавје ќе бидат претставени основните карактеристики на ова наоѓалиште и истите ќе бидат анализирани и ставени во функција на методите за дупчење и минирање.

Како што е понапред спомнато работната средина се состои од откривка и руда.

Откривката ја сочинуваат следните петрографски членови:

- Серпентини 47 %, Шкрилци 43 %, Варовници 10 %.

Рудата ја сочинуваат следните типови на руда:

- Магнетитска 31,5 %

- Шкриласто – магнетитска 4,2 %

- Хематитска 54,8 %

- Шкриљаво – хематитска 9,5 %

Серпентинот и варовникот имаат приближно иста цврстина, но варовникот е покомпактен. Најцврста средина се шкрилците и магнетитската руда. Рудата воопшто е во слоевит облик и паѓа под 70° ÷ 80° на некои места и вертикално. Доста е нестабилна бидејќи има чести појави на талк, јаспис, а посебно талкшисти на контактот со серпентинот и шкрилците.

## 2. РАСПОЛОЖЛИВ ЕНЕРГЕТСКИ ПОТЕНЦИЈАЛ НА ЕКСПЛОЗИВИТЕ ПО СИСТЕМОТ NALIM (ANFO И SLURRY)

Карактеристики на сите експлозиви кои се испорачуваат преку „НАЛИМ“ е потполно пополнување на минската дупчотина со експлозив, така да нема смалување на притисокот поради празнините помеѓу експлозивот и сидовите на дупчотината како кај патронираниот експлозив. Дупчотинскиот притисок  $P_b$  опаѓа со експонент 2,5 во однос на коефициентот на потполнување (попречен пресек на исполнетиот дел во однос на вкупниот пречник на дупчотината).

Така ако коефициентот на полнење е 0,75 дупчотинскиот притисок ќе биде на половина помалку отколку при коефициентот на полнење единица.

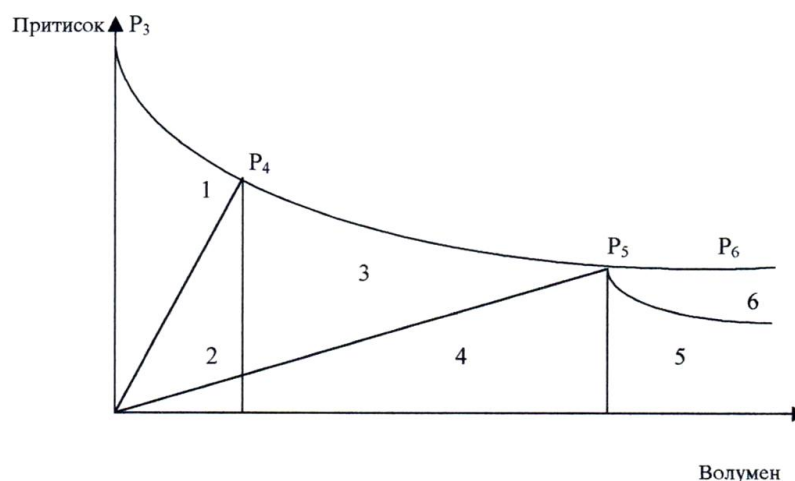
Експлозивните смеси AN-FO, SLURRY (мајданит) се киселести рамномерни состави каде амониум нитратот е оксидант, а дизел горивото D-2 е основно гориво.

Топлината од експлозијата, гасовиот волумен, густината и детонационата брзина на овие експлозиви се дадени во следната табела 1:

Табела 1.

Налим производ	Q (KJ/Kg)	$V_0$ (l/Kg)	$\gamma_e$ (Kg/dm <sup>3</sup> )	D (m/s)
АНФО – Р	3870	900	0,85 ÷ 0,95	4364 4820
Мајданит - 10	2810	1072	1,1 ÷ 1,25	4748 5133

Двете вредности за идеална детонациска брзина произлегуваат од пресметката која ги опфаќа помала или поголема густина на експлозивната смеса.



Слика 1. P-V дијаграм на распределба на енергијата при минирање

Како што се гледа од дијаграмот, тој е поделен на повеќе делови означени со броевите од 1 до 6 кои пак ги означуваат зоните на ослободување на енергијата од експлозивот.

Табела 2.

Зона	Дел од ослободената енергија
1	Кинетичка енергија на ударниот бран
2	Статичка енергија на ударниот бран еднаква на напонската енергија која е заостаната во карпата, по поминувањето на ударниот бран
1+2	Вкупна ударно – бризантна енергија
3	Динамичка енергија за времето на создавање на пукнатини
2+3	Енергија за фрегментација на карпестата маса
4	Напонска енергија по должината на Л. Н. О. во моментот на истиснување на гасовите на слободна површина
5	Потисна енергија
6	Изгубена енергија заостаната во продуктите при експлозијата
Од 1 до 6	Вкупна расположива енергија при експлозија на експлозивот

- P-3 – максимален ударен притисок кај експлозивот го предава на карпестиот масив. Одговара на притисокот при експлозии, односно на дупчотинскиот притисок ако коефициентот на пополнување на минските дупчотини е единица.
- P-4 – крај на ударниот притисок, одговара на состојбата на дупчотинската рамнотежа кога напонот во карпата е изедначен со него.
- P-5 – притисок во моментот на истиснување на продуктите од експлозијата.
- P-6 – атмосферски притисок.

По овој модел, при зголемување на притисокот и брзината на детонацијата поголем дел од енергијата на експлозивот се користи за фрегментација. Доколку детонациониот процес повеќе отстапува од идеалниот, тогаш кривата P-V дијаграмот ќе биде поисправена.

### 2.1. Експлозии од EXSTRAC – Грција, EMEX и Нобелекс – основни карактеристики

Минерско технички карактеристики	Единечна мера	EM - EX
Густина	g/cm <sup>3</sup>	1,2 ± 0,5
Брзина на детонација	m/s	5500 ± 200
Температура на експлозија	°C	1990
Гасна зафатнина	Lit/kg	920
Баланс на кислород	%	+ 0,8

Минерско технички карактеристики	Единечна мера	NOBELEX
Густина	g/cm <sup>3</sup>	1,2
Брзина на детонација	m/s	5000 ± 500
Температура на експлозија	°C	2197 ÷ 2956
Енергија на експлозија	KJ/kg	2670 ÷ 4280

### 3. МЕТОДИ НА МИНИРАЊЕ НА ПК Р'ЖАНОВО

На ПК Р'жаново се применуваат следните методи на минирање:

- Метода на кратки мински дупчотини
- Метода на длабоки мински дупчотини
- Метода на секундарно минирање

Во склоп на овие методи се применуваат и различни шеми на минирање. Методата на кратки мински дупчотини ја применуваме за откопување на рудата како не би дошло до мешање на рудата и јаловината односно каде имаме селективно откопување.

Методата на минирање на длабински мински дупчотини е најраспространета метода и околу 90% од минираната маса се добива со оваа метода. Развојот на оваа метода паралелно се зголемува со развојот на опремата за дупчење. Во споредба со методата на кратки мински дупчотини оваа метода ги има следните предности:

- Поголем производствен учинок
- Помала потрошувачка на експлозив
- Дава можност за едновремено минирање на поголема количина на материја
- Овозможува регулирање на уситнетиот материјал и др.

### **3.1. Шеми на минирање и интервали на закаснување**

При минирањето на претходно спомнатите методи се користат повеќе шеми за масовно минирање и тоа:

- Редна шема на минирање
- Дијагонална шема на минирање
- Триаголно – дијагонална шема на минирање со клинасто отварање од средина на минската серија
- Трапезна шема на минирање
- Комбинирана шема на минирање

За интервали на закаснување на палењето се користат закаснувачи од 20, 25, 50  $\mu$ s кај мински серии иницирани со детонаторски фитил и NONEL детонатори U<sub>475</sub> и U<sub>450</sub> и конектори со интервали на закаснување 17, 25, 42 и 67  $\mu$ s.

### **3.2 Анализа на минските серии**

При секоја минска серија точно се утврдени дупчачко – минерските параметри и шема на минирање. Дупчењето е извршено со дупчалка ATLAS COPCO ROC L8 со дијаметар на дупчење  $\Phi$ 165 mm. Анализите се извршени на основа на трошоците за дупчење и минирање и квалитетот на одминираната маса. На основа на анализите се утврдени и фактичките трошоци на тон одминирана маса.

На анализа се подложени 12 мински серии изработени во јаловина.

- 3 мински серии се на варовник со класични иницијални средства.
- 3 мински серии се на варовник со NONEL систем за иницирање.
- 3 мински серии се на серпентин со класични иницијални средства.
- 3 мински серии се на серпентин со NONEL систем за иницирање.

Од горе наведените мински серии 4 мински серии се полнети со ANFO, 4 мински серии се полнети со SLURRY и 4 мински серии се полнети со NOBELEX.

Геометриските параметри на анализираните мински серии се дадени во следната табела 3:

Табела 3.

Користен експлозив и иницијални средства	Број на анализирани мински серии	Растојание помеѓу дупчотините (m')	Растојание помеѓу редовите (m')
ANFO со класични иницијални средства на варовник	1	4,5	4
ANFO со NONEL иницијални средства на варовник	1	5	4
ANFO со класични иницијални средства на серпентин	1	5	4
ANFO со NONEL иницијални средства на серпентин	1	5,5	4
M-10 со класични иницијални средства на варовник	1	5	4
M-10 со NONEL иницијални средства на варовник	1	5,5	4
M-10 со класични иницијални средства на серпентин	1	5,5	4
M-10 со NONEL иницијални средства на серпентин	1	5,5	4,5
NOBELEX со класични иницијални средства на варовник	1	5	4
NOBELEX со NONEL иницијални средства на варовник	1	5,5	4
NOBELEX со класични иницијални средства на серпентин	1	5,5	4
NOBELEX со NONEL иницијални средства на серпентин	1	5,5	4,5

### 3.2.1. Пресметка на количината на одминираната маса

Одминираната маса се пресметува со равенката:

$$Q = P_b \times H \times K \dots\dots (m^3) \quad (1)$$

$$P_b = a \times b \dots\dots (m^2)$$

K – коефициент кој ја зема во предвид количината на раздробена маса која багерот ќе ја утовари од страничниот и задниот дел од минираната серија (од досегашна пракса  $K=1,05 \div 1,15$ ).

За вредност на коефициентот K големо влијание има бројот на редовите во минската серија. Ако серијата е едноредна тогаш за K се зема поголема вредност, и обратно ако серијата е во повеќе редови за K се зема помала вредност.

### 3.2.2. Пресметка на гранулометрискиот состав

На една од добиените фотографии се означуваат бројот на парчиња кои се добро видливи и се прави мрежа по градуираната летва од рамот, а со помош на ACAD програмот се отчитуваат најголемите должини и површини на парчињата. По сумирањето на добиените резултати од читањето на приближни исти парчиња се одредува процентуалното учество на одделни парчиња во мерената и опфатената површина од квадратниот рам. Вакви фотографии се направени на повеќе места од површината на одминираната маса, а се

избрани три карактеристични позиции и тоа: позиција лево, позиција десно и позиција од средина.

По направената пресметка се сумирани вредностите од добиените резултати, односно процентуалната застапеност на големината на парчињата од одминираниот маса и истите се прикажани во следната табела 4.

Табела 4.

Големина на парчињата	Процентуална содржина на парчињата			
	Позиција лево	Позиција средина	Позиција десно	Средна вредност
(mm)	(%)	(%)	(%)	(%)
<100	7	8	6	7
100 - 200	15	22	16	18
200 - 300	24	25	30	26
300 - 500	30	26	25	27
500 – 700	12	15	14	14
700 - 1000	9	3	6	6
> 1000	3	1	3	2
<b>Вкупно</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

### 3.2.3. Трошоци за дупчење

При дупчење на мински дупчотини, на површински коп Р'жаново во последните четири години нормативните трошоци за оваа операција од технолошкиот процес се следните:

Табела 5.

Нормативни трошоци	\$/m <sup>3</sup>	\$/t	\$/дупчотина од 16 m'
Круни	0,0351	0,0130	8
Усадници	0,0081	0,0030	3
Шипки	0,0086	0,0032	3
Нафта	0,1650	0,061	60
Уље и мазиво	0,000185	0,0005	0,5
<b>Вкупно</b>	<b>0,216</b>	<b>0,0807</b>	<b>74,5</b>

## 4. МИНСКИ СЕРИИ СО AN – FO ЕКСПЛОЗИВНА СМЕСА

На ПК Р'жаново во изминатите години има направено огромен број на мински серии со експлозивна смеса AN – FO.

AN – FO смесата се состои од амониум нитрат и дизел гориво, како средство за горење. Овој експлозив се користи исклучиво за мински дупчотини каде нема присуство на вода, односно само за суви средини. Во наредното излагање ќе бидат прикажани четири мински серии, од кои две мински серии со класични

иницијални средства (детонаторски фитил и закасувачи за детонаторски фититл) и две мински серии за кои се користени NONEL систем за иницирање. Во наредната табела 6 се дадени две мински серии со своите геометриски и минерски карактеристики иницирани со класични иницијални средства.

Табела 6.

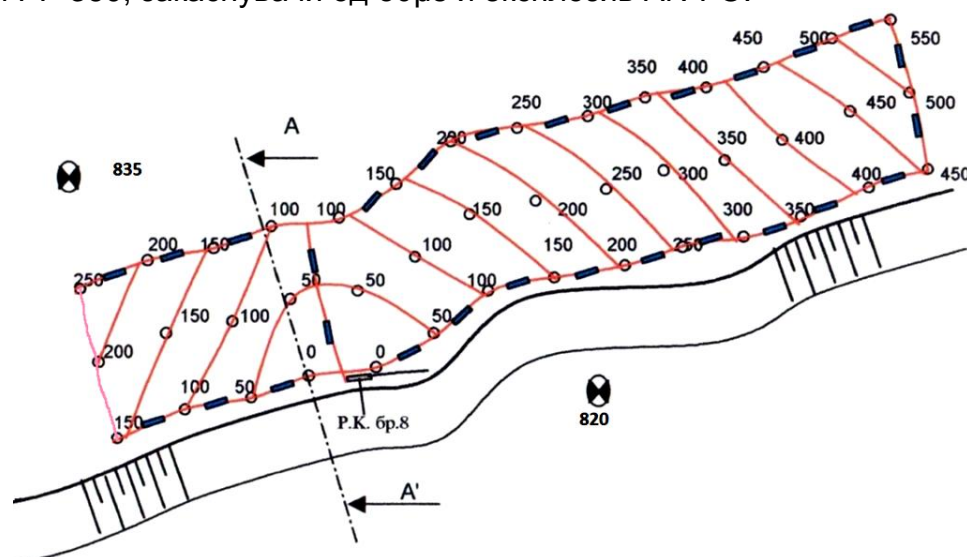
Број на серија (бр)	Број на дупчотин а (бр)	Геометрија на дупчење (m x m)	ЛНО (m)	Количина на експлозив (Kg)	Просечно експлозивно полнење (m)	Просечна висина на чеп (m)
C-1	50	4,5 x 4	3	6 750	7,5	8,5
C-2	42	5 x 4	3,5	5 675	7,5	8,5

Серијата C-1 е на варовник. Серијата C-2 е на серпентин.

Во двата случаи дупчотините се направени со дупчалка ATLAS COPCO ROC L8 со дијаметар на дупчење  $\Phi$  165 mm, агол на дупчење од  $90^\circ$  и просечна длабочина на дупчење од 16 M'.

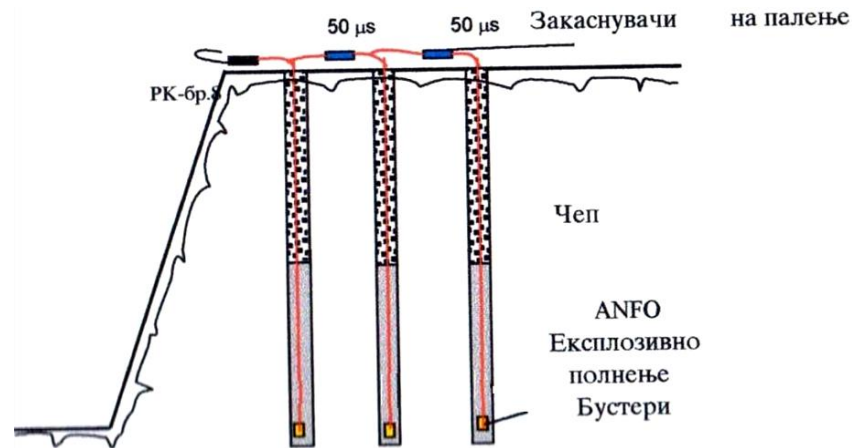
Од овие две серии детално е анализирана серијата C-2 на серпентин која е минирана на E 835/820 и истата се состои од 42 мински дупчотини. Дупчотините се дупчени под агол од  $90^\circ$ , и истите се распоредени во три реда со геометрија на дупчење 5 x 4 по квадратен распоред.

На следната скица е прикажан шематски приказ на горенаведената минска серија (C-2). Во оваа минска серија е користен детонаторски фитил C-12, бустери PP 360, закасувачи од 50 $\mu$ s и експлозив AN-FO.



Слика 2. Шематски приказ на минската серија C-2

На попречниот пресек A – A' (слика 3) се гледа конструкцијата на полнењето на минските дупчотини од серија C-2.



Слика 3. Серија С-2 пресек А - А' – со измена за аголот

Постигнатата цена на  $m^3$  одминирана маса во однос на трошоците за потрошен експлозив AN-FO и потрошени класични иницијални средства, како и специфичната потрошувачка на експлозив за секоја минска серија се дадени во следната табела 7.

Табела 7.

Број на серијата	Број на дупки во серијата	Растојание а x b	Одминирана маса, $m^3$	Вредност на одминирана маса	Спец. Потр. На експл.
		(m)	$m^3$	$\$/m^3$	$kg/m^3$
С-1	50	4,5 x 4	13500	0,410	0,500
С-2	42	5 x 4	12600	0,371	0,450

Постигнатите ефекти од минирањето на минската серија С-2 со AN-FO експлозив, активираан со класични иницијални средства.

Гранулација на одминираната маса	Специфична потрошувачка на експлозив, $kg/m^3$	Трошоци на еден метар кубен одминирана маса $\$/m^3$
многу добра	0,450	0,371

Од табелата се гледа трошоците направени за минска серија С-2 иницирана со NONEL систем се за 9% пониски отколку трошоците направени за истата минска серија С-2 иницирана со класични иницијални средства.

Од анализата на повеќе мински серии видливи се следните разлики:

- За исти количина на одминирана маса потребни се помал број на дупкотини ако серијата е иницирана со NONEL систем на иницирање, а со тоа и трошокот за дупчење сведен на  $M^3$  е помал.
- Со самиот податок дека се потребни помал број дупкотини за иста количина одминирана маса потребно е и помала количина на експлозив.
- Намалување на специфичната потрошувачка на експлозив, односно намалување на вкупните трошоци за дупчење и минирање.



Споредбата на сите овие мински серии е направена врз основа на два важни крајни критериуми од минирањето, а тоа се: специфичната потрошувачка на експлозивот и крајната цена на  $M^3$  одминирана маса.

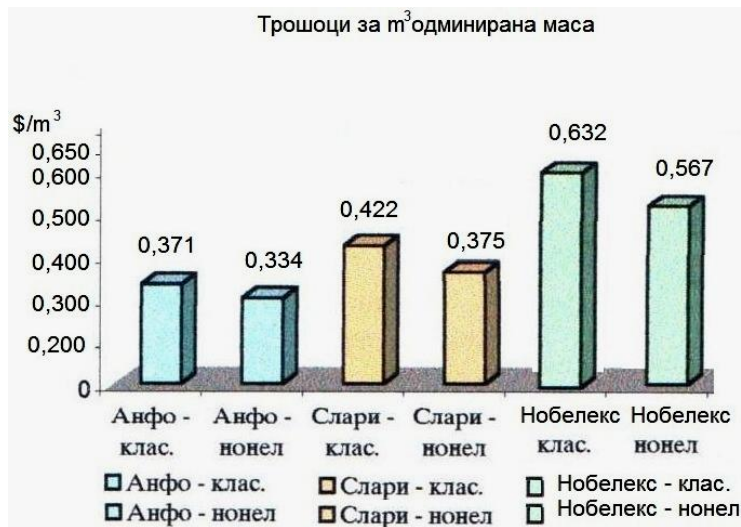
Споредбата е дадена преку хистограми на сликите подолу кајде се дава споредба на специфичната потрошувачка и за остварената цена на  $m^3$  одминирана маса.



Слика 4. Споредбени показатели за специфична потрошувачка на експлозив

Од направените анализи на рудник Р'жаново може да се резимира следното:

- Мински серии полнети со AN-FO и SLURRY експлозивни смеси при активирање со класични иницијални средства се со помала геометрија на дупчење, самото тоа придонесува до поголеми трошоци на дупчење и минирање.
- Мински серии полнети со исти експлозив и активирани со NONEL систем на иницирање, се со помали трошоци на дупчење и минирање (помалку дупчотини со самото тоа и помала специфична потрошувачка на експлозив).
- Мински серии полнети со патрониран NOBELEX даваат добри резултати на полнењето, утовар, растовар на експлозивот е рачно што бара дополнителни трошоци за работна рака и складирање на истиот.



Слика 5. Споредбени показатели за остварена цена на  $m^3$  одминирана маса

## 5. ЗАКЛУЧОК

За условите за минирање кои владеат на рудник Р'жаново сеуште се најпогодни експлозивите AN-FO за суви средини и SLURRY за дупчотини со вода, а иницирани со NONEL систем за иницирање.

Но има една забелешка а тоа е подобрување на квалитетот и задржување на истиот, на експлозивните смеси AN-FO и SLURRY на самиот производител.

Како што се гледа до сега квалитетот и цената на експлозивите се главни фактори на кои треба да се обрати посебно внимание во понатамошното излагање, односно за изборот на оптимални методи за рудник Р'жаново, за да би се постигнале минимални трошоци за  $m^3$  одминирана маса.

## КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Технички извештаи од Пк Ржаново, (2010 - 2012)
- [2] Дамбов, Р. (2011) МЕТОДИ НА МИНИРАЊЕ, Универзитетски учебник, УГД, ФПТН, Штип