

## ПРОБЛЕМИ ПРИ ДОБИВА И ОБРАБОТВАНЕТО НА МРАМОРЕН БРЕКЧОКОНГЛОМЕРАТ ОТ НАХОДИЩЕ „ДЪЛГА УСОЙКА“

**Илия Йочев**

*„Рудметал“ АД, 4960 гр. Рудозем*

**РЕЗЮМЕ.** В доклада са изложени основните физико-механични и технологични свойства на мраморната брекча от находище „Дълга усойка“. Изследвани са основни зависимости и параметри необходими за проектирането или подбора на режещи инструменти и машини за добив и обработка. Посочени са технически проблеми възникващи във връзка със специфичните качества на материала. Получените резултати дават възможност за рационален и икономически целесъобразен подбор или проектиране на необходимия машинен парк за находище „Дълга усойка“, но могат да се използват и за други находища на декоративни материали със сходни свойства.

### PROBLEMS CONNECTED WITH THE PRODUCTION AND PROCESSING OF MARBLE BRECCIA CONGLOMERATE FROM THE "DALGA USOIKA" DEPOSIT

**Ilia Yochev**

*"Rudmetal" AD, 4960 Rudozem, Bulgaria*

**ABSTRACT.** The basic physical mechanical and technological properties of marble breccia from the "Dalga Usoika" deposit are represented in the report. The main dependence and parameters, necessary for design or selection of cutting tools and machines for production and processing are investigated too. The fundamental technical problems, arisen out of the specific properties of material, are pointed out. The received results provide a possibility for rational and economic expedient selection or design of the necessary machine park for the "Dalga Usoika" deposit but may be used also for other deposits of decorative materials with similar properties.

### Въведение

Находището за мраморен брекчоконгломерат "Дълга усойка" се намира в Маданското рудно поле, отстои на 7 km северозападно от град Рудозем и на 23 km югоизточно от град Смолян. То е част от находище „Полковник Серафимово“, което е частично проучено от Геологопроучвателно предприятие – Асеновград през 1983-1985 год.

Находището е детайлно проучено от „Рудметал“ АД гр. Рудозем през 2004г.

Районът попада в югоизточната част на Смолянското понижение и от геоложка гледна точка е относително слабо изучен, ако се сравнява със същите райони на юг – Маданското рудно поле, а на север – Смолянския въглищен басейн.

### Физико-механични и якостни показатели на материала

В находище "Дълга усойка" са подсечени две разновидности мраморен брекчоконгломерат – мономиктов и полимиктов. Определен интерес

представлява първият, който е обособен в два декоративни типа – PS<sub>1</sub> и PS<sub>2</sub>. Основният принцип за разделяне на тези декоративни типове е цвета на спойката им - към типът PS<sub>1</sub> се отнасят мраморните брекчоконгломерати с цвят на спойката от светло до тъмносив, а към типът PS<sub>2</sub> се отнасят мраморните брекчоконгломерати с цвят на спойката от кремав, през розов, до червенокафяв. Както на повърхността, така и в дълбочина се наблюдава постепенен преход на двата декоративни типа. Физико-механичните показатели на брекчоконгломератите са в пряка зависимост от размера на изграждащите ги късове и типа на спойката.

Наблюденията върху единичните пробни тела показват, че колкото те са по-дребно късови и спойката им е преобладаващо карбонатна, толкова те са по-здрави. От значение е и минералният състав на изграждащите ги късове. Преобладаване на късове от доломитни мрамори води до увеличаване на якостите на натиск и опън на брекчоконгломератите.

Физико-механичните показатели на брекчоконгломератите по декоративни типове са обобщени в таблица 1. Сравнявайки физико-механичните показатели на двата декоративни типа се вижда, че големи различия няма.

Цветът на мраморните късове е различен, но общо взето са светли: от сивобели, светлосиви, кремави,

кремаворозови до сиви. В повечето случаи късовете са катализирани и много често процепени с калцитни прожилки.

Брекчоконгломератите са изградени от доломитизирани мраморни късове и карбонатна спойка. Мраморните късове са с различни големини, формати и цвят. Размерите варират от 1 mm до 10 cm. В находището преобладават късове с размери 2–3 до 5 cm.

## Химичен състав

За определяне химичния състав на суровината е извършен пълен химичен анализ на 4 бр. проби и са използвани данните от 17 бр. стари проби. Обобщените резултати за определяне химичния състав на суровината в проценти са следните:

- CaO – от 26,1 до 54,6 – средно 44,45;
- MgO – от 0,2 до 17,2 – средно 5,16;

Таблица 1.

Основни физико-механични и якостни показатели

ДЕКОРАТИВНИ ТИПОВЕ	ПОКАЗАТЕЛИ							
	Обемна теглост, g/cm <sup>3</sup>	Обем на пори, %	Якост на натиск при лаборат.	напитко състояние N / cm <sup>3</sup> / водосток	Водопопиваемост, %	Коеф. на размежаване	Износване по Деваг, %	
Ф	Мин.	2,61	2,20	419	285	0,10	0,08	3,0
	Макс.	2,67	3,65	930	901	0,46	>1	7,2
	Средно	2,63	2,91	667	560	0,29	0,80	4,9
Ф <sup>н</sup>	Мин.	2,59	2,21	357	277	0,10	0,42	2,6
	Макс.	2,77	7,83	1014	828	1,18	>1	6,8
	Средно	2,65	3,17	686	523	0,44	0,83	5,26

- SiO<sub>2</sub>+R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – от 2,0 до 19,1 – средно 8,31;
- SiO<sub>2</sub> – от 1,0 до 18,3 – средно 6,73;
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – от 0,4 до 5,5 – средно 2,09;
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – от 0,18 до 1,84 – средно 0,66;
- K<sub>2</sub>O – от 0,04 до 1,27 – средно 0,39;
- Na<sub>2</sub>O – от 0,01 до 0,34 – средно 0,15.

Специфичният и нееднородният състав на мраморния брекчоконгломерат определя особеностите при обработването му и изискванията към проектирането, подбора и експлоатацията на необходимото технологично оборудване.

## Рязане с диамантен диск

През последните години се наблюдава поевтиняване на диамантените инструменти, поради което обработването

на скалооблицовъчни материали с тях навлиза широко в практиката.

## Начин на рязане

В зависимост от това, дали посоката на въртене на диска съвпада или не с посоката на подаване, са възможни два начина – насрещно и попътно. За находище „Дълга усойка“ се препоръчва насрещно рязане, понеже при него дебелината на срязваната стружка постепенно се увеличава и така нарастват силите, с които се натоварват сегментите на режещия диск. При това е необходимо блокът да се намира под диска с оглед на избягване на повдигането му в резултат на действието на компонентите на силата на рязане. При този начин на рязане резачката работи без динамични натоварвания. Освен това при него практически се изключва заклиняване на диска в мраморния материал. Техническият ресурс на диска в сравнение с попътното рязане е около 10% по – висок. Поради тази причина не се препоръчва рязане на мраморния блок и през обратния ход с цел увеличаване на производителността на процеса.

## Кинематични и силови параметри

### Скорост на рязане

Скоростта на рязане се определя по формулата:

$$V_P = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}, \text{m/s} \quad (1)$$

където D е диаметърът на диска, m;  
n – честотата на въртене на диска, min<sup>-1</sup>.

Оптималната скорост на рязане зависи от физико-механичните свойства на обработвания материал. В Мърхов (2003) за средно твърди материали (мрамори, мраморизирани варовици, доломити и др.) се препоръчват скорости от 25 до 35 m/s. За мраморния брекчоконгломерат от находище „Дълга усойка“ се препоръчва скорост на рязане 30 – 35 m/s.

### Максимална дебелина на стружката, срязвана за един оборот на диска

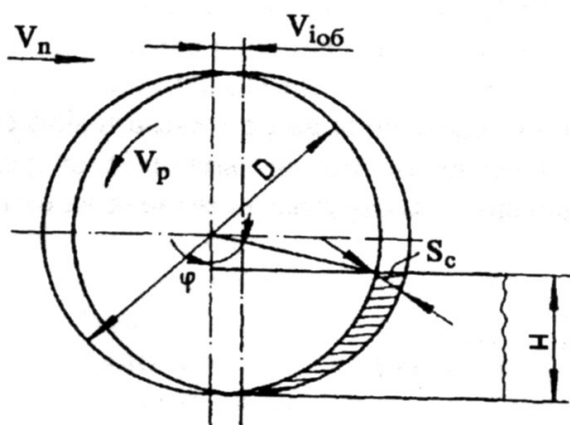
Максимална дебелина на стружката, срязвана за един оборот на диска S<sub>c</sub> се определя съгласно фиг. 1:

$$S_c = \frac{\pi \cdot V_n \sqrt{DH - H^2}}{30 \cdot V_P}, \text{mm} \quad (2)$$

където V<sub>n</sub> е скоростта на подаване, mm/min;  
D – диаметърът на диска, mm;  
H – дълбочина на стружката, mm.

### Максимална дебелина на стружката, срязвана от един сегмент за един оборот на диска

Зависимостта, по която се определя дебелината е изведена в Мърхов (2003) и може да се представи в следния вид:



Фиг. 1. Кинематика на дисковото рязане

$$S_c = \frac{V_n \cdot t \sqrt{DH - H^2}}{30 \cdot V_p \cdot D}, \quad \text{mm} \quad (3)$$

където  $t = \frac{\pi \cdot D}{Z}$  е стъпката на сегментите;

$Z$  – броят на сегментите.

Параметърът дебелина на стружката, срязвана от един сегмент за един оборот на диска оказва съществено влияние върху такива важни показатели като скорост на рязане, производителност, износоустойчивост на диска, качество на срязваната повърхнина и др. При много ниска стойност на този параметър се увеличава сумарният път триене на сегментите, което води до затпяване на диамантените зърна и намаляване на производителността на диска. Поради това за всеки скален материал е необходимо да се определи рационалната дебелина на стружката, чрез която се постига максимален технически ресурс на диамантения диск.

#### Мощност при рязане на скалния блок

В практиката за приблизително определяне на мощността на задвижването при рязане с диамантен диск се използва следната формула:

$$N = k \cdot D, \quad \text{kW} \quad (4)$$

където  $D$  е диаметърът на диска, mm;

$k$  – коефициент със стойност 0.02-0.03 kW/mm.

За мраморния брекчоконгломерат от находище „Дълга усойка“ се препоръчва стойност на  $k = 0.023-0.025$ .

#### Технологични параметри при рязане с диамантен диск Технологична производителност

Определя се съгласно израза:

$$P = 10 \cdot V_n \cdot H_p, \quad \text{cm}^2/\text{min} \quad (5)$$

където  $V_n$  е скоростта на подаване, m/min;

$H_p$  – дълбочината на рязане, mm.

Този параметър служи за контрол на правилния подбор на параметрите скорост на подаване и дълбочина на подаване. Рационалната стойност на параметъра технологична производителност за мраморен брекчоконгломерат е 450-600 cm<sup>2</sup>/min.

#### Количество на охлаждащата вода

Охлаждащата система е необходимо да осигури достатъчен дебит за охлаждане на диска и отмиване на шлама, който може да се определи посредством следната емпирична формула:

$$Q = k \cdot D, \quad \text{l/min} \quad (6)$$

където  $k$  е коефициент със стойност от 0.025 до 0.03

l/mm.min.

$D$  – диаметърът на диска, mm.

Недостатъчното количество вода води до прегряване на диска и откътрване на диамантените зърна, което силно намалява техническия ресурс на режещия инструмент. Не е рационално подаването на повече от определеното количество вода, понеже в условия на големи скорости се увеличават съпротивленията при движение на диска. Налягането на подаваната вода трябва да бъде 0.5 – 0.6 MPa.

#### Рязане с въжена резачка

При този начин на рязане – фиг. 2, благодарение на високата скорост при рязане се постига много голяма производителност. Режещият елемент е многоснопъчно стоманено въже, на което са закрепени втулки с диамантен слой с диаметър 10 – 12 mm. Дебелината на диамантеното покритие е от 1 до 1,5 mm. Зърнистостта на диаманта е от 250 до 500 μm, а концентрацията на диамант е около 50%. За нормалната работа на въжената резачка е необходимо подаване на вода за охлаждане с количество 3,5 – 7.5 m<sup>3</sup>/h.

С цел постигане на максимален ресурс на въжето е необходимо да се направи оптимален подбор на скоростта на рязане и зърнистостта на диамантения материал.



Фиг. 2. Рязане с въжена резачка

При доставка на въжето, фирмата производител предлага зърнистост съобразно свойствата на скалния материал. В таблица 2 са показани препоръчани от фирмата „Pellegrini“ скорости на рязане за гранит и мрамор.

Таблица 2.

Препоръчителни скорости на рязане за мрамор и гранит

	Твърд гранит	Средно твърд гранит	Мек гранит	Твърд мрамор	Средно твърд мрамор	Мек мрамор
Скорост на рязане, m/s	19-23	23-25	24-28	33-38	35-40	40-45
Брой втурки на 1 m	39-40	37-39	30-35	27-30	27-30	27-30

За находище „Дълга усойка“ се препоръчва скорост на рязане 33 – 35 m/s.

За приблизително определяне на мощността на задвижващия двигател при рязане с въжена резачка може да се използва следната формула:

$$N = k \cdot D, \text{ kW} \quad (7)$$

където D е диаметърът на диска, mm;

k-коэффициент със стойност 0.03-0.06 kW/ mm , като малките стойности се употребяват при малки диаметри / 600mm/, а големите при диаметри на задвижващите шайби 1000 – 1200mm.

## Шлифване и полиране

Шлифването е механичен процес от взаимодействието между материала и абразивните зърна, стърчащи над инструмента. Извършва се по три начина - със свободен абразив, периферно и плоско, като основно е плоското шлифване. Основните машини за шлифване на декоративни скални материали са радиално-конзолните и мостови машини.

Полирането е комплекс от механични и физикохимични процеси, като основна роля играят физикохимичните. Извършва се по два начина: с полиращо вещество, което се поставя между материала и диск от кече или друга подобна материя, и чрез абразивен или диамантен инструмент. При полиране с полиращо вещество се образува нов блестящ слой с дебелина 0.1 μm, който представлява сложно органично съединение различаващо се от основния материал.

## Инструменти за шлифване и полиране

Декоративните скални материали се шлифват предимно с абразивни инструменти и по-рядко чрез свободен абразив.

### Инструментът за шлифване със свободен абразив

Представлява стоманен диск, на който са закрепени стоманени или чугунени брусове, които при въртенето на диска увличат абразивен шрот, въздействащ на материала.

### Абразивни тела ( инструменти )

Изработени са от зелен или електрокорунд с магнезиална или бакелитова свързка. За различните шлифовъчни операции се използват инструменти с различна зърнистост – таблица 3.

Таблица 3.

Препоръчителна зърнистост на абразивни тела според вида на обработката

	Вид обработка				
	Калиброване	Грубо шлифване	Средно шлифване	Фино шлифване	Матиране
Зърнистост	125-80	63-32	25-12	10-5	M40-M20
№ на абр. тяло	№0	№1	№2	№3	№4

### Диамантени инструменти за шлифване

Представяват диамантени елементи – кръгове, сегменти и др. свързани с корпуса по механичен начин. Зърнистостта на диамантените елементи според операциите е както следва: за грубо шлифване – 315/250 или 250/200; за средно шлифване 100/80; за фино шлифване – 40/28; за матиране – 28/20. Тези инструменти изискват определени условия, които за материала от находище „Дълга усойка“ са следните: периферна скорост 40 m/s, скорост на подаване – 3 m/min и сила на притискане 13kN.

### Полиращи вещества и инструменти

Използват се основно следните типове полиращи вещества :

- Цинач (  $\text{SnO}_2$  ) – бял прах с леко синкав оттенък. Използва се за полиране на светли мрамори;
- Оксалова киселина във вид на дребнокристален прах. Използва се за полиране на светли мрамори, които трудно придобиват гланц. При последващо обработване с цинач се получава устойчиво и много качествено покритие;
- Червен крокус ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) – Червен до тъмно кафяв прах с размер на частиците от 0,6 до 1 $\mu\text{m}$ . Използва се за полиране предимно на цветни мрамори поради червените оттенъци, които се появяват след обработката.

Инструментите за полиране със свободно полиращи вещества са филцови шайби, оловни шайби, инструмент от полиращи вещества и свързка от синтетична смола и диамантен полиращ инструмент. Основен инструмент при полирането на мрамори у нас е инструментът от полиращи вещества и свързка. В качеството на полиращи вещества се използват алуминиеви или хромови окиси, както и оксалова киселина.

#### Технология за шлифване и полиране

За някои находища у нас е възможно да се намалят операциите при шлифване. За материала от находище “Дълга усойка” се препоръчва шлифване с пълен набор абразивни тела от №0 до №5. За калиброване и грубо шлифване е подходящо да се използва диамантен инструмент, а за останалите операции – абразивни инструменти. В този случай се изключват абразивните тела №0 и №1. Честотата на въртене на абразивни тела №0 и №1 е 200  $\text{min}^{-1}$ , за тела №2 и №3 – 350  $\text{min}^{-1}$  и за тела №4 и №5 - 550  $\text{min}^{-1}$ . При автоматично шлифване се препоръчва абразивни тела №2 и №3 да са по два броя.

За полиране се препоръчва напръскване с оксалова киселина и обработване с филцова шайба и последващо обработване с цинач. Възможно е полирането да стане на един етап с крокус.

Препоръчана за публикуване от  
Катедра “Механизация на мините”, МЕМФ

## Заклучение

- Специфичните физико-механични и якостни показатели както и химичният състав на мраморния материал от находище “Дълга усойка” изискват специален подход при подбора и проектирането на необходимите машини за добива и обработката му.
- При проектиране, конструиране или поръчване за изработване на машини за добив или обработване на мраморен брекчоконгломерат от находище “Дълга усойка” е подходящо да се използват изведените зависимости и направените препоръки в настоящия доклад.

## Литература

- Мърхов Н. Б. 1991. Поддържане и ремонт на минна механизация. С., Техника.  
<http://www.pellegrini.ru/telediam.htm>  
[http://www.pellegrini.ru/diamond\\_wire.htm](http://www.pellegrini.ru/diamond_wire.htm)  
<http://www.pellegrinispa.it>  
<http://www.tyrolit.com>

