

ИЗБОР НА ЕФЕКТИВЕН НАЧИН ЗА РЯЗАНЕ ПРИ ОБРАБОТВАНЕ НА БЛОКОВЕ ОТ МРАМОРЕН БРЕКЧОКОНГЛОМЕРАТ ОТ НАХОДИЩЕ „ДЪЛГА УСОЙКА“

Илия Йочев

“Рудметал” АД, 4960 гр. Рудозем

РЕЗЮМЕ: В доклада са съпоставени два основни начина на рязане – с дискова резачка и гатер. За тези варианти са сравнени най-важните технически и технологични параметри като рандеман, производителност, специфичен разход на диамант и специфичен разход на електроенергия. На база на получените резултати е направен извод за икономически по-ефективния начин за рязане при обработване на мраморните блокове от конкретното находище.

CHOICE OF AN EFFECTIVE WAY CUTTING AT PROCESSING BLOCKS OF A MARBLE BRECCIA CONGLOMERATE FROM THE “DALGA USOIKA” DEPOSIT

Ilia Iochev

„Rudmetal” AD, 4960 Rudozem, Bulgaria

ABSTRACT. In the report two of the basic of a way cutting - by means of disk the cutting machine and the gang saw are compared. These parameters are efficiency, productivity, the specific charge of diamond and the specific charge electric energy. On the basis of half-scientific results the conclusion about more effective a method cutting blocks of a marble is made.

Въведение

Във връзка с изграждане на цех за обработване на материала добит от находище за мраморен брекчоконгломерат „Дълга усойка“, възниква проблем свързан с избора на необходимото машинно оборудване.

Рязането на скални блокове на плочи е най-скъпата технологична операция при обработване на мраморни материали. Извършените разходи при тази операция са основният фактор, който определя общата себестойност на произведените плочи и са свързани с режещата машина, диамантения инструмент, вложените енергия и труд. Поради тази причина изборът на начин и машина за рязането е необходимо да се разгледа по-подробно и специално за блоковете добити от находище „Дълга усойка“.

Необходимо е да се подчертае, че изборът на най-подходящи метод и машина за рязането на въпросните блокове е сложна задача, зависеща от много фактори -технически, технологични, икономически и фактори свързани с експлоатацията на машината, поради което е необходимо подробно анализиране на този проблем. Прецизният анализ на гореспоменатите фактори се налага и от обстоятелството, че всяко решение различно от оптималното е свързано най-общо с неоправдана еднократна инвестиция за закупуване на машината и постоянно неоправдани пропуснати

ползи при експлоатацията ѝ, при неоптимален процес на рязане на скалните блокове.

Известно е, че рязането на скални блокове от средно твърди скални материали, към които спадат и брекчоконгломератните блокове от находище „Дълга усойка“, в настоящия момент става основно чрез гатери с ножове с диамантени сегменти или с ортогонални дискови резачки, като дисковете също са с диамантени сегменти.

Предимствата при използване на ортогоналната дискова резачка в сравнение с гатер при рязане на блокове за плочи са следните:

- възможност за рязане на блокове с много големи размери - дължина до 3 m, височина до 2,2 m и широчина до 2,4 m;
- постоянна и висока скорост на рязане (периферна скорост на диска);
- диамантените зърна от сегментите на диска се оголват едностранно, докато при гатерите се оголват и от двете страни, което спомага за по-лесното им откътрване. Това обстоятелство определя по-малкия разход на диамант на дисковата резачка в сравнение с гатера, само при условие, че широчината на прорезите на двете машини са еднакви, което е възможно при дискове с диаметър до 500 mm;
- динамиката на дисковата резачка е постоянна и

много по-благоприятна в сравнение с тази на гатера, която се характеризира с възвратно-постъпателно движение на ножовете;

- масата на конструкцията на ортогоналната дискова резачка е значително по-малка, което обстоятелство определя и по-малката ѝ цена в сравнение с гатера;
- обслужването през време на работа, поддържането и ремонта на дисковата резачка е значително по-лесно в сравнение с тези дейности на гатера.

В настоящия доклад е изложен сравнителен анализ на технико-технологичните показатели на двата основни начина на рязане – с гатер (с 50 – 60 ножа) и с ортогонална дискова резачка „Струма 1200“. Тези две машини са намерили най – широка приложение у нас.

Приема се, че блока с размери 250cm x 160cm x 140 cm (съответно дължина x височина x широчина) ще бъде разрязан за производство на плочи с дебелина 20 mm.

Технико - технологична оценка на рязането на блок с гатер

За по-голяма нагледност блокът е представен схематично на фиг. 1, като са отразени линиите на прорезите. Приема се, че страните на блока имат неравности, достигащи до 40mm, така че идеалният блок, който ще бъде разрязан ще има „чисти“, дължина L_1 , широчина B_1 и височина H_1 изразени чрез следните три зависимости.

$$L_1 = L - 2b_H, m \quad (1)$$

където L е номиналната дължина на блока, m ;

b_H - дебелината на неравния слой на стените, m .

$$B_1 = B - 2b_H, m \quad (2)$$

$$H_1 = H - 2b_H, m \quad (3)$$

Определяне на рандемана при рязане на блока с гатер

При рязането на блока посредством гатер с ножове с диамантени сегменти, максималната широчина на прорезите $b_{ПР}$ достига до 5 mm.

Тогава броят на слабовете, които се получават от срязването на блока се определя по формулата:

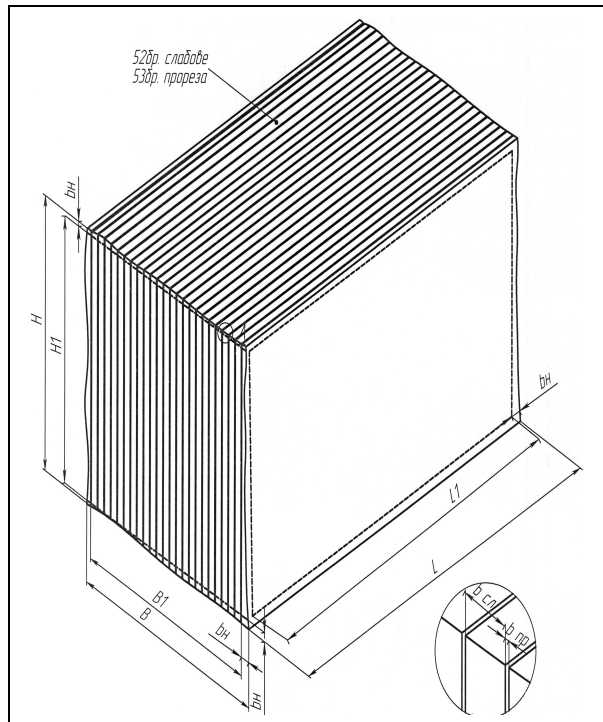
$$N_{СЛ} = \frac{B_1 - b_{ПР}}{b_{СЛ} + b_{ПР}}, бр. \quad (4)$$

където $b_{СЛ}$ е дебелината на слабовете, m ;

$b_{ПР}$ - широчината на прорезите, m .

Грубата площ на един слаб се определя по формулата:

$$S_{СЛ.ГР.} = H.L, m^2 \quad (5)$$



Фиг. 1. Схема на рязане на скален блок с гатер

Чистата площ на един слаб $S_{СЛ.Ч}$ е:

$$S_{СЛ.Ч} = H_1.L_1, m^2 \quad (6)$$

Общата груба площ на броя слабове $N_{СЛ}$ получени от рязането на блока ще бъде:

$$S_{ОБЩ.СЛ.ГР.} = S_{СЛ.ГР.} \cdot N_{СЛ}, m^2 \quad (7)$$

Общата чиста площ на броя слабове $N_{СЛ}$ получени от рязането на блока ще бъде:

$$S_{ОБЩ.СЛ.Ч.} = S_{СЛ.Ч} \cdot N_{СЛ}, m^2 \quad (8)$$

Рандеманът при грубо обрязаните слабове $R_{ГР.СЛ.}$ е:

$$R_{ГР.СЛ.} = \frac{S_{ОБЩ.СЛ.ГР.}}{Q_{БЛ}}, m^2 / m^3 \quad (9)$$

където $Q_{БЛ}$ е обемът на блока, m^3 .

Рандеманът при чисто обрязаните слабове $R_{Ч.СЛ.}$ е:

$$R_{Ч.СЛ.} = \frac{S_{ОБЩ.СЛ.Ч.}}{Q_{БЛ}}, m^2 / m^3 \quad (10)$$

Определяне на производителността на гатера

Експлоатационната производителност на гатера се определя от следните технически показатели на машината и режимни показатели на процеса на рязане на блока:

- брой на ножовете;
- средната скорост на рязане, изменяща се за всеки ход на подвижната рама с ножовете от 0-3 m/s;
- ход на подвижната рама (500 – 700mm);
- брой на двойните ходове на подвижната рама вариращ от 90 до 120min⁻¹;
- оптимална скорост на подаване на рамата или блока (250 – 350mm/h за средно твърди скални материали);
- геометрични размери на блока.

Трябва да се има предвид, че разрязването на блока по височина става с различна скорост на подаване, а именно: скорост на подаване при зарязване на блока (за време t_1), скорост на подаване при основното рязане на блока (за време t_2) и скорост на подаване при отрязването на долнището на блока (за време t_3).

Зарязването на блока започва с намалена скорост на подаване (50 % от оптималната), докато ножовете (с ширина 180 mm) не се врежат напълно в блока. Това се налага с цел предотвратяване на изкривяването на прорезите и повреждането на ножовете.

Когато до окончателното разрязване на блока остане участък с височина около 300 mm, скоростта на подаване също се намалява до 50 % от номиналната.

Тогава блокът ще бъде разрязан за времето T :

$$T = t_1 + t_2 + t_3, s \quad (11)$$

Експлоатационната производителност на гатера Π се определя съгласно израза:

$$\Pi = \frac{S_{\text{ОБЩ.СЛ.Г}}}{T}, m^2 / h \quad (12)$$

Специфичен разход на диамант

Този показател дава информация, колко диамант от сегментите на ножа се изразходва за срязването на 1 m² плоча. Количествената оценка на този показател изисква определен обем експериментални изследвания, но за случая може да се използва сравнителна (относителна) информация.

Както бе отбелязано при определянето на рандемана при рязането на блока, прорезите, които се образуват от сегментите на ножа са с ширина $b_{\text{пр.}} = 5 \text{ mm}$. Тогава за срязването на 1 m² слаб (плоча) от блока при ширина на прозореца $b_{\text{пр}} = 5 \text{ mm}$, количеството материал от блока, който ще се изтрие (от диамантените зърна) е $q_{\text{м-пр.}} = 500 \text{ cm}^3$. Ако се приеме, че за срязването на обем от 1000 cm³ от скалния блок се изразходва около 1 ct диамант (което количество е реално за среднотвърди мраморни материали), тогава следва, че специфичния разход на диамант за срязването на 1 m² слаб е $D_s = 0,5 \text{ ct/m}^2$.

Специфичен разход на електроенергия

Този показател може да се изчисли с достатъчна за случая точност при следните условия и данни:

- изразходвана мощност от главния двигател $M_{\text{ДВ}}$ е около 90 Kw (за съвременните гатери, с подвижна рама съоръжена с 50-60 ножа);
- време на срязването на блока $T = 7,23 \text{ h}$.

Специфичният разход на електроенергия E_r се определя по формулата:

$$E_r = \frac{M_{\text{ДВ}} \cdot T}{S_{\text{ОБЩ.СЛ.Г}}}, kW \cdot h / m^2 \quad (13)$$

Технико - технологична оценка на рязането на блок с ортогонална дискова резачка

За оценката се има предвид ортогоналната дискова резачка „Струма 1200“, с два вертикални диска с диаметър 1200 mm и един хоризонтален диск с диаметър 450 mm. Приема се, че блокът ще се реже на ивици с ширина 30 cm и дебелина 20 mm.

Известно е, че рязането на блок с ортогонална дискова резачка се извършва на няколко технологични етапа, а именно:

- подравняването на горната хоризонтална страна на блока т.е. отстраняване на нейната неравност;
- същинско рязане на блока, което се извършва на няколко прохода. Проходът е операция по отрязването на ивици от височината на блока на определено равнище по цялата му равнина, като широчината на ивиците се явява височина на прохода. Когато по височината на блока се извършат възможният брой прохода завършва разрязването му.

Размерите на блока за случая са аналогични на тези на блока рязан с гатер и за по-голяма прегледност разрязването е показано схематично на фиг. 2.

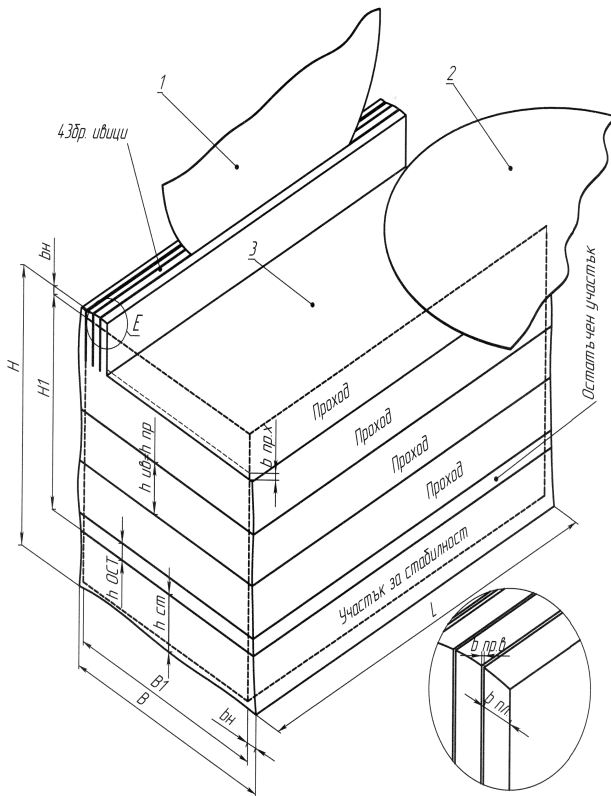
Рязането на блока с тази машина притежава една специфична особеност. При рязането на ивиците от последния проход, трябва да остане част от основата на блока с височина около 15 cm, която трябва да осигури при рязането стабилност на тази останала част от блока. Ако не се осигури необходимата стабилност, рязането може да се осъществи при наличие на големи вибрации на диска, респ. на диамантените сегменти, което рязко увеличава разхода на диамант.

По тази причина чистата височина на рязане на блока трябва да се намали с 15 cm, колкото е височината на участъка от блока, осигуряващ стабилност при рязането на ивици от последния проход. Тогава чистата височина на блока H_1 е:

$$H_1 = H - b_H - h_{\text{СТ}}, m \quad (14)$$

където $h_{\text{СТ}}$ е височината на участъка от блока осигуряващ стабилност при рязане, m .

Останалите размери L_1 и B_1 са еднакви с тези при рязане на блока с гатер.



Фиг. 2. Схема на рязане на скален блок чрез ортогонална дискова резачка : 1 - вертикален диск, 2 – хоризонтален диск, 3- мраморен блок

Определяне на рандемана при рязане на блока с ортогонална дискова резачка

Рязането на блока с резачката се извършва с вертикални и хоризонтални прорези. Дебелината на сегментите на вертикалните дискове е 8 mm, но поради вибрациите от еластичните деформации на стоманения корпус на диска се получава разширение на прореза с около 1 mm от двете му страни, така че реалната ширина на прореза $b_{\text{пр.в.}} = 10 \text{ mm}$.

Дебелината на сегментите на хоризонталния диск е 4 mm, но при рязане се получава странично разширение по 0,5 mm, така че общата реална ширина на прореза $b_{\text{пр.х.}}$ достига до 5 mm.

Броят на проходите $N_{\text{пр.}}$ се определя по формулата:

$$N_{\text{пр.}} = \frac{H_1 - b_{\text{пр.х.}}}{h_{\text{ив.}} + b_{\text{пр.х.}}}, \text{бр} \quad (15)$$

където $h_{\text{ив.}} = 30 \text{ cm}$ е височината на прохода (височината на ивицата).

От горната формула следва извода, че при рязането на блока по чистата му височина ще се реализират цяло число проходи и ще остане остатъчен участък с височина $h_{\text{ост.}}$, който остава неизползваем. Това се

дължи на обстоятелството, че височината на проходите не е кратна (пропорционална) на чистата височина на блока.

Освен това неизползваем с височина (дебелина) около 15 cm е и участък, който осигурява стабилност на блока при рязането на последния проход. Тези обстоятелства намаляват значително рандемана при рязането на блока с ортогонални дискови резачки, но това са технологичните възможности на този метод на рязане на блокове.

Очевидно е, че от остатъчния участък могат да се получат ивици, напр. с ширина 15 и 10 cm, но те не могат да бъдат обработени след това. Има се предвид, че тези ивици не могат да бъдат шлифовани или полирани поради това, че ще се счупят при натиска на шлифовъчния инструмент. Необходимо е да се отбележи, че стандартните ивици (30 и 40 cm) отрязани от дисковите резачки се шлифват на специални машини с лимитирана ширина на работната площ от 30 или 40 cm.

Броят на срязаните ивици от един проход $N_{\text{ив.пр.}}$ е:

$$N_{\text{ив.пр.}} = \frac{B_1 - b_{\text{пр.в.}}}{b_{\text{пл.}} + b_{\text{пр.в.}}}, \text{бр} \quad (16)$$

където $b_{\text{пл.}}$ е широчината на плочата (ивицата), cm.

Общият брой срязани ивици от блока ще бъде:

$$N_{\text{ив.об.}} = N_{\text{пр.пр.}} \cdot N_{\text{пр.}}, \text{бр} \quad (17)$$

Грубата площ на една ивица се определя по изрази:

$$S_{\text{ив.гр.}} = L \cdot h_{\text{ив.}}, m^2 \quad (18)$$

Чистата площ на ивицата е:

$$S_{\text{ив.ч.}} = L_1 \cdot h_{\text{ив.}}, m^2 \quad (19)$$

Общата груба площ на ивиците получени от срязването на блока е:

$$S_{\text{общ.ив.гр.}} = S_{\text{ив.гр.}} \cdot N_{\text{ив.об.}}, m^2 \quad (20)$$

Общата чиста площ на ивиците получени от срязването на блока е:

$$S_{\text{общ.ив.ч.}} = S_{\text{ив.ч.}} \cdot N_{\text{ив.об.}}, m^2 \quad (21)$$

Рандеманът при грубо обрязаните ивици е:

$$R_{\text{гр.ив.}} = \frac{S_{\text{общ.ив.гр.}}}{Q_{\text{бл}}}, m^2 / m^3 \quad (22)$$

Рандеманът при чисто обрязаните ивици е:

$$R_{ч.ив.} = \frac{S_{ОБЩ.ИВ.Ч.}}{Q_{БЛ.}}, m^2 / m^3 \quad (23)$$

Определяне на производителността на дисковата резачка

Най-общо производителността Π_d на ортогоналните дискови резачки зависи от много фактори, но преди всичко от броя на вертикалните дискове. Известно е, че има машини и с повече дискове, но в случая „Струма 1200“ има два вертикални диска. Определянето на производителността на тези машини е затруднено, поради това, че при срязването на дадена порция ивици, рязането се спира за да бъдат свалени ивиците от блока. Поради тази причина за случая се приема експлоатационната производителност, която се дава от фирмата производител на машината и е $8,5 m^2/h$, при рязане на мраморни материали.

Специфичен разход на диамант

По аналогия с определянето на този показател при гатерното рязане се приема, че специфичния разход на диамант за срязването на плоча с площ $1 m^2$ се определя от обема на срязания (отработения) материал от широчината на прорежа при дисковото рязане т.е. $q_{м.пр.} = 1000 cm^3$.

Тогава специфичният разход на диамант за срязването на $1 m^2$ слаб е $D_s = 1.0 ct/m^2$.

Специфичен разход на електроенергия

Този показател се определя въз основа на следните данни:

- консумирана мощност на двигателите M_d задвижващи дисковете - 90 kW (инсталираната мощност на машината е 96 kW;
- време за разрязването на блока Т, което може да се определи по формулата:

$$T = \frac{S_{ОБЩ.ИВ.ГР.}}{\Pi_d}, h \quad (24)$$

Тогава специфичният разход на енергия е:

$$E_d = \frac{M_d \cdot T}{S_{ОБЩ.ИВ.ГР.}}, kW.h / m^2 \quad (25)$$

Нормално е в този случай да се получи по - голям специфичен разход на енергия, което се дължи на обстоятелството, че за разрязване на блока се разрушава по-дебела ивица материал от тази при гатерното рязане. Освен това супорта заедно с дисковете извършва работен и празен ход и през време на снемането на срязаните ивици от резачката дисковете се въртят, тъй като непрекъснатото им въртене се препоръчва вместо честото им спиране и пускане.

Резултати и изводи

С цел по-добро изучаване на техническите и технологичните показатели на процеса на рязане на скалните блокове по двата разглеждани способа, са извършени опити в производствени условия в „Бумар“ АД - с.Струмяни и „Родопи Мармекс“ ЕООД гр. Кърджали.

Резултатите от изчисленията съгласно изложените зависимости в настоящия доклад и извършените опити за рязане на мраморни блокове от конкретното находище не се различават съществено и са обобщени в табл. 1.

Таблица 1.

Технико - технологични показатели при рязане на скални блокове с гатер и ортогонална дискова резачка

Начин на рязане	Технико – технологични показатели			
	m^3/m^3 Рандеман,	m^2/h Производителност,	ct/m^2 разход на диамант, Специфичен	$kW.h/m^2$ разход на енергия, Специфичен
На скални блокове (50-60) Гатер със средно голям брой ножове	37.8	28.8	0.5	3.08
На скални блокове (50-60) Ортогонална дискова резачка „Струма 1200“	22.8	8.5	1.0	10.6

Ниският рандеман при дисковото рязане, достигащ до 60 % от гатерното рязане се дължи, както на широките прорези на вертикалните дискове, така и на получаването на остатъчен участък при непропор-

ционалност на проходите спрямо чистата височина на блока и задължителното оставяне на участък от основата на блока, осигуряващ стабилност при рязането на последния проход.

Необходимо е да се отбележи, че производителността на дисковото рязане чрез „Струма 1200“ се отнася за работа с вертикални дискове с диаметър 1200 mm и ако се използват дискове с диаметър 1600 mm производителността им ще се увеличи, но не много съществено. Ако обаче за рязането на блоковете се използват ортогонални дискови резачки производство на реномирани фирми от чужбина, които са конструирани с по-голям брой дискове (но със същите диаметри 1200 и 1600 mm), производителността ще бъде по-голяма. За сега тези ортогонални дискови резачки се произвеждат обикновено с четири вертикални диска, най-често с диаметър на дисковете 1200 mm и по-рядко с 1600 mm.

От табл. 1. е видно, че разходът за диамант за срязване на 1 m² плоча при дисковото рязане е два пъти по-голям в сравнение с гатерното рязане, което е съществено и лесно обяснимо. Този показател е основен за формирането разходите за работен инструмент отнесени също за 1 m² плоча. За определяне на разходите за инструмент трябва да се има предвид и средния технически ресурс на гатерния нож и на вертикалните дискове и хоризонталния такъв. Съвременните инструменти с диамантени сегменти при рязане на блокове от среднотвърди скални материали имат технически ресурс както следва:

- гатерен нож с диамантени сегменти при нормална експлоатация срязва от 600 до 800 m² плочи, като след износването на сегментите е възможно неколккратно (до 5-6 пъти) запояване на нови сегменти;
- диск с диаметър 1200 mm при нормална експлоатация срязва около 2000 m² плочи, като след износването на сегментите е възможно до 2-3 пъти запояването на нови сегменти. Необходимо е да се отбележи, че дискове с диаметър над 1000 mm, стоманената част на диска е около 30 % от общата им цена, което е значително повече в сравнение със стоманената част на гатерния нож;
- диск с диаметър 450 mm (какъвто е хоризонталния диск) има технически ресурс около 500 m² срязана повърхнина.

Големият специфичен разход на енергия при дисковото рязане се дължи на обстоятелството, че рязането на средно твърди скални материали става при висока скорост на рязане (от 35 до 50 m/s), осъществявана с голяма мощност на двигателя, който е в режим на работа не само през работния ход на вертикалните дискове, но и при обратния ход, както и през времето на снемането на ивиците (плочите) от блока и при други спомагателни операции.

При гатерния начин разрязването на блока се осъществява с непрекъснато рязане и в двата хода на подвижната рама и веднъж пуснат в работа, гатерът работи непрекъснато до разрязването на блока, което определя висок процент на времето на операцията същинско рязане в общата продължителност на технологичната операция разрязване на блока.

При цени за дисковата резачка „Струма 1200“ – 62 000€ и за гатер с 50 ножа на фирмата „Barsanti“ -200 000€, и като приемем, че машините напълно ще се амортизират за 10год., се получава, че покупната цена осъществява всеки кв. метър продукция с 0.181 € при дисковата резачка и 0.17 € при гатера (при 16 часово дневно натоварване). Вижда се, че тези параметри са приблизително равни, независимо от значително по-високата цена на гатера. Този факт се обяснява със значително по-високата производителност на същия.

След извършване на обстоен анализ на резултатите за техникo – технологичните показатели при гатерното рязане и на рязането с ортогонална дискова резачка следва, категоричния извод, че гатерното рязане превъзхожда значително по всички показатели конкурентния метод. Гатерното рязане на блокове за производство на плочи с дебелина от 15 до 50 mm, както и на дебелостенни изделия (масиви) трябва да се счита за безалтернативно решение за скалните блокове от находище „Дълга усойка“.

Литература

Мърхов Н. Б. 2003. Обработка на декоративните скални материали. С. , Техника.
<http://www.pellegrinispa.it>
<http://www.tyrolit.com>
<http://www.barsantimacchine.it>