

ПРОУЧВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА БАЗАЛТОВА ВАТА

Ирена Григорова¹, Елена Маринова²

¹ Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София 1700, irena_mt@abv.bg

² Елимар ООД, София, elimar_ood@abv.bg

РЕЗЮМЕ. Базалтите са едни от най-разпространените магмени скали и са предпочитана суровина за петрургията. Характеризират се с ниска хидроскопичност, висока киселиноустойчивост и якост, което ги прави широко приложими в различни отрасли на промишлеността. Подобряването на енергийната ефективност на сградите довежда и до необходимостта от качествени топлоизолационни материали. Базалтът се явява един от най-дълготрайните строителни материали, а базалтовата вата се отличава с по-висока топлоустойчивост и алкалиустойчивост в сравнение със стъклената. Проведени са лабораторни и промишлени изследвания на магмени скали в района на община Болярово за установяване на възможностите за производство на базалтова вата. В резултат на проучванията беше доказано, че базалтовата суровина от находище „Болярка“ е подходяща за получаване на базалтови изделия.

ON THE POSSIBILITIES OF BASALT WOOL PRODUCTION

Irena Grigорова, Elena Marinova

¹ University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia 1700, irena_mt@abv.bg

² Elimar Ltd, Sofia, elimar_ood@abv.bg

ABSTRACT. Basalts are among the most widespread igneous rocks. They are the preferred raw material for petrugy. Low water absorption, high acid resistance and strength make them widely applicable in various industries. The improving of building energy efficiency leads to the production of quality heat-insulating materials. Basalt is one of the most durable building materials. The wool obtained from basalts has a higher alkali and heat resistant, compared with the glass wool. The paper presents the results about the possibility to obtain stone wool from igneous rocks in Boliarovo region. The data from laboratory and industrial test clearly illustrate that the basalt raw material are suitable for basalt material production.

Въведение

Петрургията е промишленост за производство на изделия чрез стопяване на скали и силикатни субпродукти (шлаки, шламове и др.) и подходяща термична обработка на стопилките за получаване на материали с висока механична трайност в химично агресивни среди. Продуктите на петрургията са известни под името лети каменни изделия. Като петрургични суровини се използват главно скали с основен състав – базалти, диабази, по-малко амфиболити и др.

Суровините, предпочитани в петрургията имат ниска точка на топене (1300-1450°C), еднородна по състав стопилка с нисък вискозитет и добра кристализационна способност и от които се получават отливки с достатъчна разлика в температурата на размекване и кристализация. Базалтът е магмена скала, с тъмносив, почти черен цвят. Отличава се с неголямо топлинно разширение, но при температури по-високи от 900°C претърпява силно увеличение на обема, съпровождащо се с отделянето на газове. Това се обяснява с наличието в състава на базалта

на вулканично стъкло, което при нагряване набъбва от отделящите се газове.

Базалтите са най-широко разпространените вулкански скали и по площ са над една трета от тази на всички магмени скали. Характеризират се с ниска хидроскопичност, висока киселиноустойчивост и якост, което ги прави широко приложими в различни отрасли на промишлеността. От базалт се добиват лети каменни изделия, минерални вати с високи топлоизолационни качества, базалтови облицовъчни плочи и др. Базалтовите фракции намират приложение като пълнители при изграждане на магистрали, скоростни ж.п. линии и др., тъй като имат многократно по-висока износоустойчивост в сравнение с други пълнители.

Базалтите в България, представляващи обект на изследване като суровини за лети каменни изделия, се отнасят към базалт-базанитовата формация. В състава ѝ са включени базалти, андезитобазалти и базанити, по-малко субалкални пикрити и базалти, лимбургити и тефрити. Те са разположени в Мизийската плоча, Предбалкана и Средногорието и в Източните Родопи (Каназирски, 1989).

Изследванията за избор на подходящи суровини за производство на лети каменни изделия показват, че основните фактори, които имат значение са химичния и минералния състав на скалите, структурата им и др. За

най-подходяща се счита тази суровина, която има химичен състав, близък до желаните състав на изделията.

През последните години страните от ЕС предприеха мерки за значително намаляване разходите за отопление на жилищни, промишлени и търговски сгради. Подобряването на енергийната ефективност на сградите довежда и до необходимостта от качествени топлоизолационни материали. При съвременното строителство от голямо значение е екологичната и енергийна ефективност на сградите и комфорта на обитателите. Изграждането на такава жизнена среда е свързано с прецизно изпълнение на различните видове изолации за осигуряване на подходящите температура, влажност, ниво на шума, както и на обезпечеността на сградата срещу пожар. Те се произвеждат най-често на основа на вулканични скали или изкуствени полимери, а напоследък навлизат и авангардни технологии с използване на графит и други нови в предназначението си материали. В зависимост от съставните вещества и технологията на производство като топлоизолационни материали могат да се използват стъклена вата, каменна вата, експандиран пенополистирол, екструдирани пенополистирол и др.

Технологията за производство на стъклена вата включва разтопяване на кварцови скали при температура от около 1500°C и развлаквяване в специални пещи, при което се получава тримерна мрежеста структура. Процесът на производство на каменна вата е същият, но като изходен материал се използват базалтови скали.

През последните години добива на базалтови скали за производство на фибри нараства. Това се дължи на доказано по-добрите им технически характеристики, в сравнение с влакна, получени от други изходни материали. Основно предимство на каменната (базалтова) вата, като изолационен материал е трайността ѝ от 80-90 години, докато изолациите от типа на стиропор, Кауфлант, Фибран, стъкловата и други имат трайност 18-20 години.

Цел на настоящата работа е изследване на магмените скали в района на община Болярско, находище Болярка за установяване на възможностите за производство на базалтова вата.

Проучване на суровинната база за производство на лети базалтови изделия и базалтова вата

Под термина минерална вата се разбират всички продукти от стъклена и каменна вата. Разликата между тях идва от суровината, от която се добиват, от технологията на производство и крайните особености на материала. В световната практика за производство на композиционни материали на неорганична и органична основа, широко се прилагат различни видове непрекъснати стъклени влакна като армиращ материал, притежаващ висока якост, устойчивост към агресивни среди и дълъг срок на експлоатация (Sheldon, 1977). Все повече видове неметални полезни ископаеми навлизат в промишлеността. Едно от тях са базалтовите скали. При тяхното стапяне се

създава възможност за отливане на различни изделия с ниска изтриваемост и висока твърдост. Таблица 1 представя сравнение между характеристиките на стъклената и базалтова вата.

Таблица 1.
Сравнителни характеристики на различните видове вати (Infomine Research Group)

Параметър	Стъклена вата	Базалтова вата
Механични характеристики		
Плътност, kg/m ³	12-25	15-23
Диаметър на влакната, микрони	4-12	1-3
Дължина на влакната, mm	15-50	40-70
Модул на еластичност, KgF/mm ²	Над 7200	9100 -11000
Коефициент на сгъстяване при използване	1.6	1.2
Остатъчна якост на опън (след топлинна обработка), % - при температура: 20 °C 200 °C 400 °C 600 °C	100	100
	92	98
	52	85
	Втвърдяване	76
Температурни характеристики		
Работна температура, °C	-60...+ 250	-250...+ 700
Коефициент на топлопроводимост, W/m°C	0.038 - 0.042	0.031 - 0.034
Температура на спичане, °C	600	1100
Съпротивление при вибрации (загуба на тегло при вибрации), % (v = 50 Hz, A = 1 mm, t = 3 часа)		
При температура: 200°C	12	-
450°C	41	0.01
900°C	100	0.35
Акустични характеристики		
Коефициент на шумопоглъщане	0.8 - 0.92	0.95 - 0.99
Химична устойчивост (загуба на тегло), %		
Вода	6.2	1.6
Основи	6	2.75
Киселини	38.9	2.2
Водопоглъщане за 24 часа, %	1.7	0.02

В САЩ, Русия, Украйна, Япония, Китай и редица европейски страни се произвеждат базалтови непрекъснати влакна. Предимствата им пред стъклените са: по-висока топлоустойчивост, по-здраво адхезивно сцепление на границата влакно – свързващо вещество в стъклопластите и неорганичните композиции и не на последно място по-ниската им стойност, резултат от по-евтината изходна суровина. Влакното се получава от широко разпространените базалтови скали.



Фиг. 1. Базалтова вата

Технологичният процес за получаване на базалтово влакно включва топене на базалтовата скала във ванна пещ и изтегляне на влакна от стопилката през платинородиеви филерни пластини. Поради подчертания базичен характер на влакната и по-високата им кристализационна способност, те са подходящи за армиране на бетони и особено за топлоизолация (Sim et al., 2005). Актуално е производството на т.нар. черупкови циментови изделия, армирани с базалтово влакно. За целта влакното се нарязва на ситно, хомогенизира се с подходящ циментов разтвор, след което се формуват тънкостенни изделия, притежаващи висока якост, ниска порьозност и висока корозоустойчивост. Типични свойства на базалтовата вата са висока топлоизолация, негоримост, добро звукопоглъщане, водо- и влагоустойчивост, добра паропроницаемост, устойчивост на алкални компоненти, гризачи и насекоми, ниско обемно тегло ($60\text{--}250\text{ kg/m}^3$).

Основен въпрос за получаване на базалтова вата е наличието на подходяща суровинна база, което да позволи създаването на комплекс за добив и производство. Изборът на подходяща суровина се определя и от способностите на технологичния процес на топене и изтегляне на влакната. Този процес е неразривно свързан с изходното състояние на природната суровина. В някои случаи технологията позволява суровината да се шихтова с други подходящи минерални суровини, за да се достигнат необходимите качествени показатели.

За разлика от стъкларската шихта, състояща се от смес от силикатни материали и натриев карбонат, базалтите представляват система, получена в резултат на физико-химични процеси, протекли при застиване и кристализация на разтопени силикатни маси. При получаването на базалтовите влакна компонентите при топенето не са чисти минерали, окисите: Na_2O , CaO , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , FeO и др., а техните съединения: албит – $\text{Na}_2\text{AlSi}_3\text{O}_8$, анортит – $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, диопсид – $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$, оливин – $(\text{MgFe})_2\text{SiO}_4$, авгит – $\text{Ca}(\text{MgFe})(\text{Si}_2\text{O}_6)$ и други.

Базалтът, подходящ за производство на минерална вата трябва да е хомогенен, дребнозърнест, с ниско съдържание на TiO_2 , MgO , FeO и високо съдържание на алкалии.

Базалтите се характеризират с това, че в процеса на тяхното образуване от магмата са се отделили газообразните включения и са протекли химичните реакции, характерни за силикатообразуването. Топенето на базалт при получаването на базалтови влакна преминава през следните стадии: стъклообразуване, дегазация, хомогенизация и охлаждане до работна температура.

Важно условие при процеса на топене на базалта е да се осигури окисление на двувалентното желязо в тривалентно, тъй като при изтеглянето на равновесието към тривалентното желязо съществено се намалява вискозитета на стопилката. Стъклообразуването се характеризира с отсъствие на твърди частици в стопилката и се осъществява при температура $1200\text{--}1400\text{ }^\circ\text{C}$. За дегазиране и хомогенизиране на стопилката температурата трябва да се повиши до $1450\text{ }^\circ\text{C}$. За да се създаде работния вискозитет за получаване на базалтови влакна е необходимо след завършване на хомогенизацията температурата да се понижи със $100\text{--}120\text{ }^\circ\text{C}$, т.е. на $1330\text{--}1350\text{ }^\circ\text{C}$.

Базалтите се разделят на следните видове: високо-вискозни, вискозни, средно-вискозни и ниско-вискозни. Към групата на високо-вискозните се отнасят тези базалти, които при температура $1450\text{ }^\circ\text{C}$ имат вискозитет по-голям от 150 P , а при $1300\text{ }^\circ\text{C}$ – повече от 1000 P . Високият вискозитет се определя от SiO_2 и Al_2O_3 . Групата на вискозните базалти се използва за получаване на непрекъснати базалтови влакна. Вискозитета на стопилката на скалите от тази група при температура $1450\text{ }^\circ\text{C}$ е $50\text{--}150\text{ P}$, а при температура $1300\text{ }^\circ\text{C}$ е от 200 до 1000 P . Средно- и ниско-вискозните базалти се използват за получаването на супер тънки влакна и базалтова вата.

Находище „Болярка“

Проведено беше проучване за установяване на най-подходящия химичен и зърнометричен състав на базалтовите скали, използвани в страни от ЕС за производство на базалтова вата. Данните са представени в таблица 2.

Таблица 2.

Химичен и зърнометричен състав на базалтови скали за производство на базалтова вата

Химичен състав	
Съединения	Съдържания, %
SiO_2	50.0 - 53.0
Al_2O_3	14.0 – 18.0
CaO	7.0 – 12.0
Fe_2O_3	8.0 – 13.0
MgO	3.5 – 8.0
TiO_2	0.8 – 1.5
Зърнометричен състав	
Класа, mm	%
+ 150	max 4
- 150 + 100	max 10
- 120 + 60	min 80
- 60 + 30	max 5
- 30	max 1

При избора на находище, от което да се извършва добив на желана суровина значение имат и различни съображения от общ характер, осигуряващи висока ефективност на проучвателните и експлоатационни работи. Необходимо е находището да бъде с достатъчно запаси на суровина със сравнително постоянен химичен и минераложки състав, да бъде удобно за кариерна експлоатация и в близост до пътища, енергийни източници и потребителя.

Въз основа на извършено проучване на перспективни райони в България за добив на габродиоритови порфирити и базалтоидни дайки, с характеристики близки до посочените в таблица 2, беше установено, че проявленията на магмените скали в района на община Болярково, находище „Болярка“ са най-подходящи. Изследваната площ има и следните предимства: не е обработваема, не е горски фонд и е в близост до асфалтиран път от Републиканската пътна мрежа.

Находище Болярка е изградено от габродиоритов порфирит и базалтови дайки. Двете скални разновидности имат сходен минерален и химически състав. Структурата е порфирна до гломеропорфирна по плагиоклаз и пироксен. Същите минерали образуват и субпорфирна генерация. Минерален състав: плагиоклаз, клинопироксен, цялостно изменен ромбичен пироксен, кафяво зелен амфибол, кварц. Акцесорни минерали: титаномagnetит, magnetит, апатит, титанит. Вторични минерали – актинолит, тремолит, биотит, хлорит, албит, серицит. Обемното тегло на скалата е от 2.92 до 3.08 g/cm³, средно 3.0 g/cm³. В определената перспективна площ на находището бяха прокарани 14 броя сондажи с обща дължина 414.6 линейни метра. Таблица 3 представя резултатите от химичните анализи на сондажните проби.

Таблица 3.
Химичен анализ на базалтовите скали от находище „Болярка“

Изследвани окиси	Съдържание, %	
	Находище „Болярка“	Изисквания за производство на каменна вата
Fe ₂ O ₃	9.09 – 10.13	8 - 13
MnO	0.16 – 0.21	-
TiO ₂	0.79 – 1.15	0.80 - 1.50
CaO	7.85 – 8.68	7 - 12
K ₂ O	0.78 - 0.88	-
P ₂ O ₅	0.09 - 0.12	-
SiO ₂	51.16 – 52.78	50 - 53
Al ₂ O ₃	16.08 – 17.60	14 - 18
MgO	3.50 – 3.80	3.5 - 8
Na ₂ O	3.59 – 3.87	-
ЗПН	3.15 – 3.34	-

Лабораторни изследвания за установяване на възможностите за получаване на базалтови влакна

Изходен материал за изследванията са проби от базалтоидните дайки и габродиоритовите порфирити от находище „Болярка“. Пробите са натрошени на челюстна

трошачка. При първия стадий на трошене максималният къс след натрошаване е 30 mm, при втория стадий - 10 mm. Нагриването на пробите е извършено във високотемпературни пещи в Института по металознание при БАН.

Всяка проба се стапя поотделно в корундова ладийка за установяване температурата на стапяне. Получена бе стопилка с хомогенен състав. Пробите от базалт се стопиха до добра течливост в температурния интервал 1435-1440 С⁰, а пробите от габродиоритовите порфирити в интервала 1415-1425 С⁰. И при двете проби стопилката бе с хомогенен състав. След преустановяване на нагриването пробите се изваждат на стайна температура и с пирометър се отчита момента на увеличаване на вискозитета. Нарастването на вискозитета на пробите настъпва съответно: за базалтовите проби при температурата 1345-1350 С⁰, а за габродиоритовите порфирити – 1320-1325 С⁰.

Получените резултати при стопяване на базалтите и габродиоритовите порфирити от находище „Болярка“ в лабораторни условия показаха, че и двата вида скали отговарят на изискванията за обработка на магмени скали до стопилка, след която може да се изтеглят базалтови влакна и произведе каменна вата.

Промишлени изследвания

Експериментите бяха проведени в Центромет АД, Враца, поделение на Metal Technology Group, София. Пещта с помощта на която са извършени изследванията е производство на Group, Германия. Работна температура на пещта – 1800 С⁰. Обем на работна камера – 3.5 m³. Пещта има възможност да работи при зададена температура, която се отчита посредством термодвойки платина-родий. Скоростта на температурата се регулира плавно. Температурата от 1600 С⁰ се достига за около 5 часа.

Изследвана е базалтова проба с тегло 1450 кг, която е предварително натрошена на челюстна трошачка с размери 10 - 50 mm.

Скоростта на загриване на пещта бе зададена за 5 часа. Температурата бе определена на 1450 С⁰. След 240 минути при температура 1260 С⁰ бяха наблюдавани първите гнезда на стапяне. При температура 1360 С⁰ масата на стопилката потече, но с голям вискозитет. С повишаване на температурата вискозитетът намалел и се увеличи течливостта на стопената маса. При температура 1435 С⁰ стопилката потече с нормална скорост. Стопеният материал беше излят в стандартни форми на блокчета, изработени от леярски пясък и бентонит, използвани при отливане на железни сплави с размери 150x75x35 mm.

Получените блокчета бяха оставени в равновесие с въздуха достатъчно време за да нормализират температурата си без охлаждане. Температурата беше измервана с пирометър. Беше установено, че при температура около 1290-1300 С⁰, стопилката е трудно подвижна (започва процес на кристализация). Появяват се

повърхностни центрове на твърди фази. При температура 950 – 980 С⁰ изделието придоби форма и твърдост. В резултат на бавното навлизане в равновесие с въздушната среда беше възпрепятствано образуването на центрове на вътрешно напрежение, при което се появяват пукнатини и изделието може да се напука. Охлаждането на блокчетата продължи 18 часа. В изделията липсват пукнатини.

Втора проба от 1600 kg, с размер на фракциите +50 mm беше обработена по същата методика, като първата. Резултатите от изследването бяха идентични на тези, получени при нагряване на суровината с размер на фракциите 10 - 50 mm.

Изводи

Лабораторните и промишлени изследвания определено доказват, че базалтовата суровина от находище „Болярка“ е подходяща за получаване на базалтови изделия. Суровината позволява стапяне в електродъгова пещ до течлива маса, като процесът на стапяне започва при температура 1280-1290 С⁰, при която се образуват гнезда на стопилки. При температура от 1260

С⁰ се появяват първите зони на кристализация. При температура от 1310-1330 С⁰ стопилката е силно вискозна, а при 1420-1430 С⁰ стопилката е течлива и позволява отливане в желани форми и получаване на базалтови изделия. Охлаждането на базалтовото изделие при стайна температурата се извършва за 16-18 часа. По повърхността на остъклените изделия не се наблюдават пукнатини.

Литература

- Каназирски, М. 1989. Базалти и диабази за петрургията. Неметални полезни изкопаеми в България, Том II, Техника, С., 49-50.
- Sheldon, G. 1977. Forming fibres from basalt rock. Platinum Metals Rev., 21, (1), 18-20.
- Sim, J, Park C, Moon D. 2005. Characteristics of basalt fiber as a strengthening material for concrete structures, Composites Part B: Engineering, Vol. 36, 6-7, 504-512.
- INFOMINE Research Group, www.infomine.com.

*Препоръчана за публикуване от катедра
„Обогатяване и рециклиране на суровини“, МТФ*