

УДК 666.193.2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БАЗАЛЬТОВЫХ РАСПЛАВОВ

Воронкович Е.Л., студентка гр.8, V курс
Научный руководитель: Папко Л.Ф., к.т.н., доцент
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск

Горные породы вулканического происхождения (базальты, андезитобазальты, диабазы, амфиболиты и др.) широко используются в производстве теплоизоляционных материалов на основе штапельного волокна (каменной ваты) [1].

В настоящее время все большее применение в качестве тепло- и звукоизоляционных материалов, а также в качестве наполнителей композиционных материалов находит непрерывное базальтовое волокно. Преимуществом базальтового волокна перед широко используемым алюмоборосиликатным волокном типа Е является более высокая прочность и химическая устойчивость, особенно по отношению к кислым средам, при относительно невысокой цене.

При всех преимуществах материалов на основе непрерывного базальтового волокна по эксплуатационным характеристикам при его производстве достаточно сложно обеспечить стабильность процесса формования. При многообразии составов пород различных месторождений далеко не все пригодны по химико-минеральному составу и технологическим свойствам для получения непрерывного волокна.

Целью работы является исследование технологических свойств расплавов на основе андезитобазальтов Подгорненского месторождения, предназначенных для производства непрерывного волокна одностадийным методом.

Важным показателем, характеризующим пригодность пород для получения непрерывных волокон, является вязкость расплава. Этот показатель оказывает влияние на весь технологический процесс, начиная от гомогенизации расплава и заканчивая формированием волокна. По вязкости расплавы горных пород делятся на четыре группы [2]:

– высоковязкие расплавы: вязкость при температуре 1450 °С составляет более 15 Па·с, 1300 °С – более 100 Па·с;

– вязкие расплавы с показателями вязкости при температуре 1450 °С 5–15 Па·с, 1300 °С – 20–100 Па·с;

– средневязкие расплавы: вязкость при температуре 1450 °С составляет 3–5 Па·с, 1300 °С – 10–20 Па·с;

– низковязкие расплавы: вязкость при температуре 1450 °С составляет менее 3 Па·с, 1300 °С – менее 10 Па·с.

Высоковязкие и вязкие расплавы пригодны для получения непрерывных волокон, низковязкие – для получения штапельного волокна.

Существенной технологической проблемой производства базальтового волокна является нестабильность химического состава породы. В таблице 1 представлены данные по химическому составу трех проб андезитобазальта Подгорненского месторождения (Украина). Химический анализ породы проводился на волновом рентгенофлуоресцентном спектрометре Axios (PANalytical, Нидерланды). По содержанию основных компонентов определен модуль кислотности базальта:

$$M_k = (SiO_2 + Al_2O_3)/(CaO + MgO).$$

Таблица 1 – Химический состав различных проб базальта

№ пробы	Содержание оксидов, мас.%							
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO+Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O+Na ₂ O	M _k
1	52,26	1,20	17,32	11,56	4,11	8,59	4,37	5,48
2	53,09	1,23	17,38	11,17	4,04	8,01	4,36	5,85
3	55,53	1,18	18,17	8,85	3,72	7,04	5,15	6,85

В связи со сложностью экспериментального определения высокотемпературной вязкости стеклообразных расплавов предпринимаются попытки разработать методы расчета вязкости по их химическому составу.

Предложено ряд методик расчета вязкости базальтовых расплавов. В результате экспериментальных работ по определению высокотемпературной вязкости расплавов горных пород на вискозиметре RSV-1600 фирмы Orton (США), проведенных на кафедре технологии стекла и керамики БГТУ, установлено, что предложенная в работе [3] математическая модель обеспечивает хорошую сходимость расчетных и экспериментальных данных.

Согласно работе [3] уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$\eta = 3,62(SiO_2)^{3,07}(Al_2O_3)^{-0,16}(CaO)^{-0,4}(FeO+Fe_2O_3)^{1,34}(M_k)^{1,25}(T - 1100)^{-2,58},$$

где SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃+FeO, CaO – содержание компонентов, мас.%; M_k – модуль кислотности, T – температура расплава, °С.

В таблице 2 приведены результаты расчета показателей вязкости в температурном интервале 1200–1400 °С. Графическое представление зависимости $\lg \eta = f(T)$ наглядно свидетельствует о существенном различии показателей вязкости для расплавов базальта различных проб (рисунок 1).

Таблица 2 – Расчет вязкости для расплавов базальтов

№ пробы	Вязкость, соответствующая температуре, °С									
	1400		1350		1300		1250		1200	
	η, Па·с	lgη	η, Па·с	lgη	η, Па·с	lgη	η, Па·с	lgη	η, Па·с	lgη
1	16,54	1,22	26,48	1,42	47,09	1,67	98,91	1,99	281,55	2,45
2	18,49	1,27	29,60	1,47	52,64	1,72	110,58	2,04	314,76	2,49
3	19,61	1,29	31,39	1,49	55,82	1,75	117,25	2,07	333,75	2,52

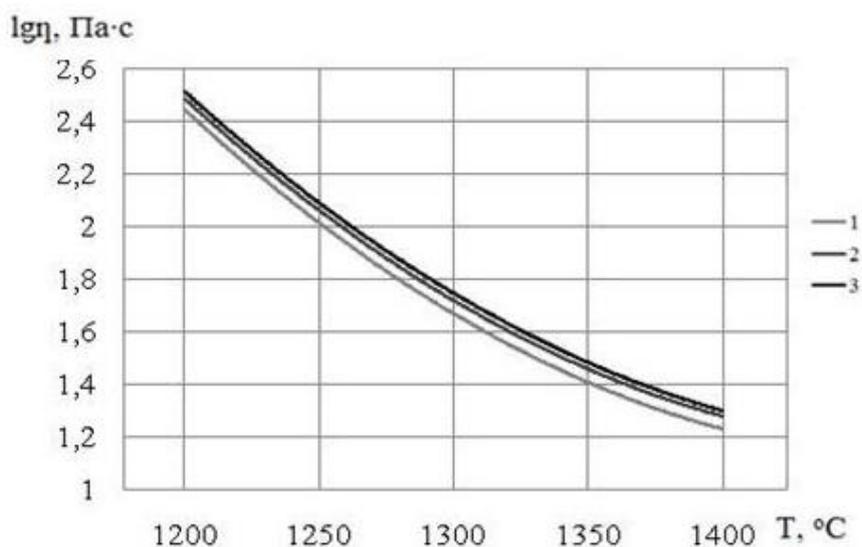


Рисунок – Температурная зависимость вязкости базальтовых расплавов

Существенные отклонения в показателях вязкости базальтовых расплавов требуют обеспечения условий для гомогенизации расплава, а при необходимости – проведение корректировки температурного режима формования волокна.

Температура выработки волокна зависит от показателей вязкости расплава, а также от верхней температурой кристаллизации, которая определяется по данным градиентной термообработки [4].

Кристаллизационная способность базальтовых стекол определялась по результатам термообработки в электропечи SP30/13 в интервале температур 800–1300 °C с выдержкой 1 ч. При термообработке в интервале температур 850–1220 °C происходит объемная кристаллизация стекол, в интервале температур 1220–1300 °C – поверхностная. Верхняя температура кристаллизации достигает 1300 °C и несколько снижается с повышением содержания оксида кремния в составе породы. Температура выработки волокна должна быть выше верхней температуры кристаллизации на 50–70 °C для исключения кристаллизации в зоне выработки.

По данным рентгенофазового анализа минеральный состав андезитобазальта Подгорненского месторождения представлен твердыми растворами анортита и альбита – плагиоклазами, твердыми растворами на основе диоксида, магнетитом. В отдельных пробах имеются включения тугоплавких оливина и кварца. Наличие тугоплавких включений в породе приводит к появлению в расплаве нерасплавившихся кристаллических включений, вызывающих обрывность волокна.

Высокое содержание оксидов железа в расплаве обуславливает его низкую теплопрозрачность. В связи с этим создается большой градиент температур по глубине расплава в плавильной печи. Повышение содержания оксидов железа, а также изменение соотношения FeO и Fe₂O₃ приводит к изменению

температуры базальтового расплава, что также сказывается на стабильности процесса формования волокна.

Для регулирования технологических свойств базальтового расплава проводилась подшихтовка базальтов такими материалами, как мел, доломит и борат кальция. Количество модифицирующих добавок в композициях составляло от 5 до 20 мас.ч. на 100 мас.ч. андезитобазальта Подгорненского месторождения.

Установлено, что введение модифицирующих компонентов приводит к снижению вязкости базальтового расплава. В наибольшей мере это проявляется при использовании бората кальция. Введение данного компонента приводит также к снижению верхней температуры кристаллизации на 50 °С. В случае подшихтовки карбонатными породами эффекта снижения кристаллизационной способности не наблюдается.

Следовательно, при получении базальтового волокна на основе композиции базальт – борат кальция возможно существенное снижение температуры выработки.

Стекло на основе андезитобазальта Подгорненского месторождения характеризуется достаточно высокими показателями кислото- и водостойкости, что связано с повышенным содержанием оксида кремния в его составе. В отношении влияния модифицирующих компонентов на химическую устойчивость базальтовых стекол установлено снижение водо- и кислотостойкости в стеклах на основе композиций базальт – мел и базальт – доломит.

Таким образом, технологические свойства расплава андезитобазальта Подгорненского месторождения при его использовании в производстве непрерывного волокна могут быть улучшены путем введения модифицирующих компонентов. Лучшие показатели достигнуты при использовании композиции базальт – борат кальция.

Список литературы:

1 Джигирис, Д.Д. Основы производства базальтовых волокон и изделий / Д.Д. Джигирис, М.Ф. Махова. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 412 с.

2 Базальто-волокнистые композиционные материалы и конструкции: сборник научных трудов Института прикладных проблем механики и математики / под ред. Я.С. Подотригач. – Киев: Наукова думка, 1980. – 244 с.

3 Татаринцева, О.С. Зависимость вязкости базальтовых расплавов от химического состава исходного минерального сырья / О.С. Татаринцева, Н.Н. Ходакова, Т.К. Углова // Стекло и керамика. – 2011. – №10. – С.11–14.

4 Новицкий, А.Г. Технологические аспекты пригодности горных пород различных месторождений для получения базальтового непрерывного волокна / А.Г. Новицкий, М.В. Ефремов // Стекло и керамика. – 2012. – № 12. – С.22–26.