

При увеличении количества добавок ашарита и борной кислоты скорость перерождения кварца футеровочных масс в модификации малой плотности замедляется. При добавке гидробората в количестве 1–2% количество  $\beta$ -кварца составляет 65 и 62%, соответственно.

Тем не менее действие бора, как свидетельствуют петрографические и рентгенографические исследования, остается достаточно сильным для образования связей Si-O-B вместо Si-O-Si, которые, по литературным данным, снижают тридимитизацию материала. Данные рентгеноструктурных и петрографических исследований были подтверждены результатами термографического анализа.

После термообработки при 1450 °С с 4-часовой выдержкой в образцах с различными добавками наблюдается эндоэффект в интервале температур 220–280 °С, что говорит о переходе кристобалита

из  $\beta$ - в  $\alpha$ -модификацию. Следующий эндоэффект соответствует превращению  $\beta$ -кварца в  $\alpha$ -кварц и находится в пределах температур 560–580 °С.

Как показывает анализ деформации под нагрузкой, при введении добавок боратов происходит повышение строительной прочности материала футеровки при высоких температурах, а замена борной кислоты при футеровке печей боратами кальция и магния возможна и поэтому нами рекомендуется. Снижение расслоения наполнителя и спекающей добавки при футеровке тигля способствует увеличению плотности тигля, снижению его пористости и улучшению металло- и шлакоустойчивости. При этом улучшение свойств происходит благодаря отличиям в химическом составе добавки, снижению летучести при применении боратов с парами воды при сушке и обжиговой плавке, а также за счет большей близости удельного веса боратов и кислой футеровочной массы.

1. *Баблюс В. В., Малисов Л. З., Жельнис М. В. и др.* Футеровка индукционных печей из кварцевого песка // Литейное производство. 1968. № 4. С. 16–18.

2. *Кайбичева М. Н.* Свойства кварцитных масс, применяемых для футеровки индукционных печей большой емкости // Огнеупоры. 1971. № 4. С. 31–34.

## СНИЖЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ УДАЛЕНИЯ СТЕРЖНЕЙ ИЗ ОТЛИВОК МЕТОДОМ ВВЕДЕНИЯ В СОСТАВ СМЕСЕЙ ДОБАВОК ГОРНЫХ ПОРОД КАРЕЛИИ

*А. С. Заверткин, В. И. Тяганова*

Институт геологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск

В настоящей работе обобщены результаты проведенных в разное время исследований влияния добавок горных пород разного состава на физико-механические и технологические свойства формовочных смесей, а также рассмотрен механизм их разупрочняющего действия при заливке форм металлом.

Выбиваемость характеризуется способностью стержней удаляться из внутренних полостей при выбивке и очистке литья. Значение выбиваемости зависит главным образом от природы и количества связующего материала в смеси, от интенсивности температурного и силового воздействия металла отливок на стержень. Смеси с неорганическим связующим, например с жидким стеклом, имеют затрудненную выбиваемость вследствие их прочного спекания в период затвердевания отливки в форме.

Для облегчения выбивки стержней в смеси вводят различного рода разупрочняющие добавки, например, графит, каменноугольную пыль, древесный пек, горючие сланцы, сажи, глины, сахаросодержащие добавки и др. Нами были опробованы добавки шунгитсодержащих пород разрабатываемых в настоящее время м-й Нигозеро и Зажогоино разного минералогического состава и с

разным содержанием углерода (шунгитового вещества). Кроме этого были опробованы добавки горных пород, не содержащих углерода, но в их состав входят минералы, температурный интервал дегидратации которых соответствует или близок температурному интервалу прогрева формовочной смеси при заливке формы металлом. К ним относятся тальк-хлоритовая порода м-я Костомукша, порфирит (м-е Хавчозеро), габбродиабаз (м-я Береговое и Голодай Гора), серпентин (антигорит и лизардит-хризотилловый), перлит. Для сравнения были исследованы смеси с добавками графита, древесного пека, широко используемые в металлургии, а также традиционные смеси (без добавок). Дериватограммы минеральных добавок приведены на рис. 1. Разупрочняющий эффект добавок горных пород исследовался на модельных жидкостекольных смесях постоянного состава: кварцевый песок 2К02Б – 90%; минеральная добавка – 10%; жидкое стекло ( $d = 1470 \text{ кг/м}^3$ ); едкий натр ( $d = 1300 \text{ кг/м}^3$ ) – 1% (табл. 1).

Выбиваемость лабораторных образцов смесей определялась по методике ЦНИИТМАШа [1]. Нами была несколько изменена форма для испыта-

ний лабораторных образцов (рис. 2). Наличие нескольких разъемных форм позволяет испытывать образцы смесей с разным коэффициентом объемного расширения. Методика определения работы выбивки смеси состоит в следующем. Образцы смеси, подготовленные на лабораторном копре модели 2M030 и продутые CO<sub>2</sub> в течение 30 с, об-

рабатываются при соответствующей температуре в печи, а после охлаждения устанавливаются в форму и пробиваются бойком на том же копре. Работа выбивки (Дж) определяется по формуле:

$$A = 0,98 \cdot n \cdot G \cdot h, \quad (1)$$

где n – число ударов бойка; G – масса падающего груза, кг; h – высота падения груза, м.

Таблица 1  
Работа выбивки и коэффициент разупрочнения жидкостекольных смесей

Показатель смеси	Без добавок	Разупрочняющая добавка					
		Древесный пек	Тальк-хлоритовый сланец	Нигозерский сланец	Шунгитовая порода (м-е Загогино)	Черный графит	Перлит
Работа выбивки, Дж исходного образца	159	9	358	200	83	37	211
термообработанного при							
600 °С	96	3	63	56	45	9	68
900 °С	431	6	220	105	26	5	40
1100 °С	116	10	62	41	14	6	48
1350 °С	26	5	144	81	9	3	23
Коэффициент разупрочнения, % при							
600 °С	-40	-67	-82	-72	-46	-76	-68
900 °С	+171	-33	-38	-48	-69	-87	-81
1100 °С	-27	+11	-83	-79	-83	-84	-77
1350 °С	-84	-44	-60	-59	-89	-92	-89

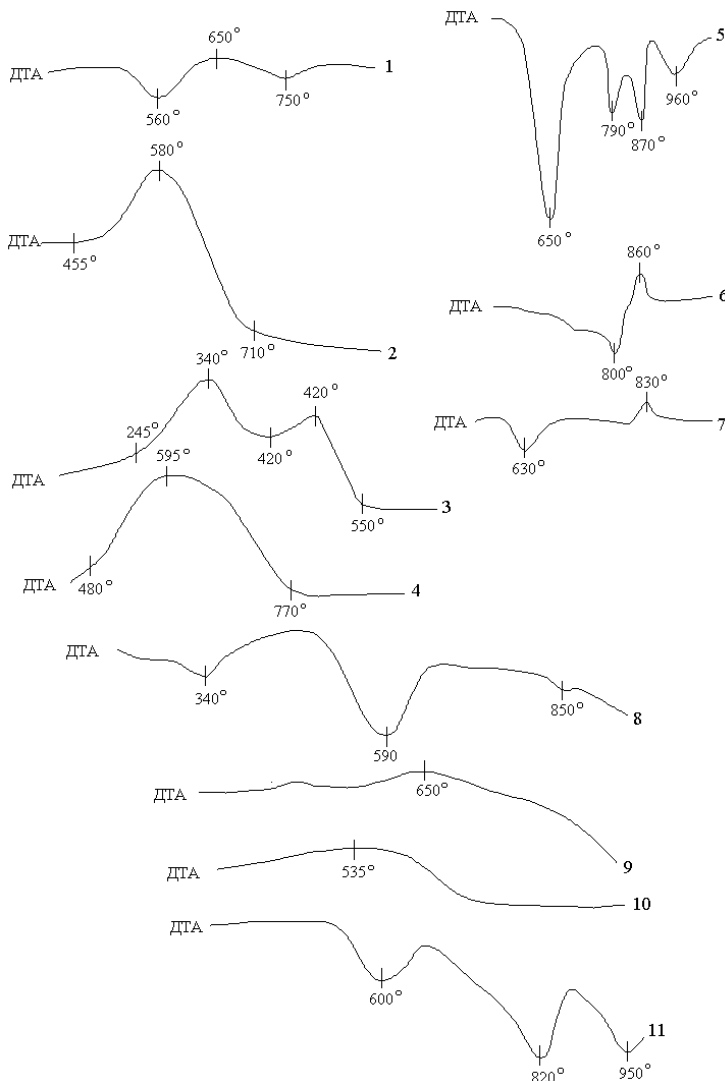
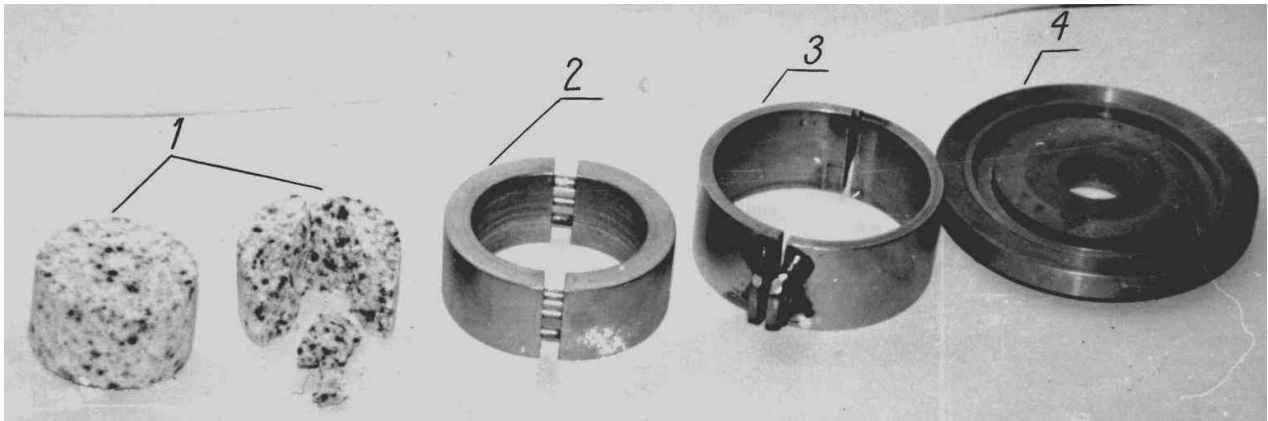


Рис. 1. Дериватогаммы разупрочняющих добавок в жидкостекольных смесях:

1 – нигозерский сланец (ппп – 4,1%); 2 – шунгитсодержащая порода, м-е Загогино (С – 28,5%); 3 – древесный пек (С – 95,8%); 4 – черный графит (С – 67%); 5 – тальк-хлоритовая порода, м-е Костомукша (ппп – 7,3%); 6 – серпентин (антигорит, ппп – 9,5%); 7 – серпентин лизардит-хризотилловый (ппп – 4,4%); 8 – габбродиабаз, м-е Береговое (ппп – 4,0%); 9 – габбродиабаз, м-е Голодай Гора (ппп – 0,8%); 10 – перлит (ппп – 3,9%); 11 – порфирит, м-е Хавчозеро (ппп – 3,9%)



**Рис. 2. Форма для определения выбиваемости формовочных смесей:**

1 – образец до и после выбивки; 2 – вкладыш; 3 – обойма вкладыша; 4 – основание формы

Исследования показали, что величина работы, затрачиваемой на выбивку (точнее пробивку) образца, является недостаточной сравнительной характеристикой выбиваемости смеси, так как не дает представления о такой важной характеристике, как исходная прочность смеси. Нами дополнительно предложено ввести коэффициент разупрочнения (К) [2].

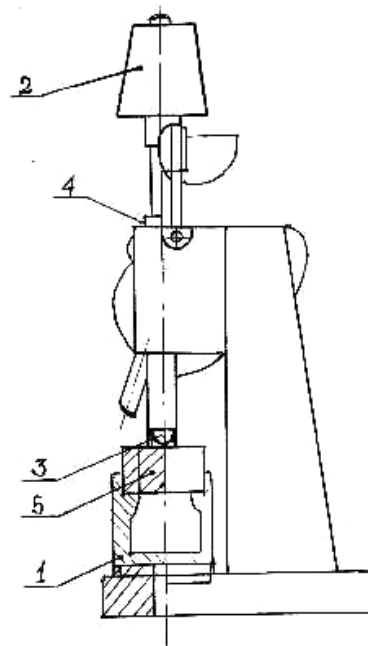
$$K = \frac{A_t - A_0}{A_0} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где  $A_0$  и  $A_t$  – работы, затраченные на выбивку опытного образца смеси в исходном и обработанном при соответствующей температуре состоянии.

Этот коэффициент связан с работой выбивки образца в исходном состоянии, а следовательно, с исходной прочностью смеси. Знак К указывает на направление изменения прочности смеси в процессе термической обработки: положительный – на упрочнение смеси (при  $A_t > A_0$ ), отрицательный ( $A_t < A_0$ ) – на снижение прочности. В случае  $A_t = A_0$  коэффициент разупрочнения равен нулю. Сравнение коэффициентов с отрицательным знаком следует производить по модулю.

Определение выбиваемости технологических образцов смесей заключается в заливке жидким чугуном двух стержней в полости песчаной формы. Стержни диаметром 50 мм формуют на лабораторном копке той же модели. Выбивку стержней после заливки чугуном производят на приборе LVW-C (рис. 3). Основные технические характеристики прибора – номинальный груз – 3,334 кг, высота падения груза – 0,05 м. Работа выбивки рассчитывается по формуле 1. Результаты исследований лабораторных и технологических образцов смесей с разупрочняющими добавками приведены в табл. 1 и 2. Из табл. 1 следует, что работа выбивки смеси с добавкой перлита при 600 и 900 °С больше, чем у смеси с добавкой шунгитовой породы (ШП), однако коэффициент разупрочнения при этих температурах у перлита выше. Разупрочняющий эффект смеси с ШП при

600 °С такой же, как у смеси без добавки. Абсолютные значения К соответственно равны 46 и 40%, т. е. можно сделать вывод, что добавка ШП не оказывает существенного влияния на выбиваемость при этой температуре, а более низкий показатель работы выбивки смеси с этой добавкой обусловлен более низким показателем начальной прочности смеси ( $A_0$  соответственно равны 83 и 159 Дж). Эффективно данная добавка работает в высокотемпературной области (>600 °С), о чем свидетельствует значительный рост К. К перспективным по выбиваемости можно отнести смеси с перлитом, тальк-хлоритовым и нигозерским сланцами, а также ШП Загогинского м-я. Данные технологических испытаний подтверждают результаты лабораторных исследований (табл. 2).



**Рис. 3. Прибор для определения выбиваемости стержней:**

1 – подставка, 2 – груз, 3 – пятка, 4 – резиновая накладка, 5 – модель образца

Таблица 2

**Влияние минеральных добавок осадочных и вулканических пород на выбиваемость технологических образцов стержневых смесей**

Состав смеси, мас. %	Минеральная добавка	Выбиваемость, Дж	Интервал дегидратации, °С	Содержание дегидрат. воды, %
Кварцевый песок – 94,5	Без добавки	1383	–	–
Жидкое стекло – 5,5	Нигозерский сланец	60	465–660	3,5
Минеральная добавка – 10	Тальк-хлоритовая порода (м-е Костомукша)	30	540–960	6–10
	Перлит	67	5–700	3,9
	Порфирит (м-е Хавчозеро)	147	520–660	1,8
	Габбодиабаз м-е Береговое	150	480–660	2,5
	м-е Голодай Гора	868	20–400	<1

Исследование механизма взаимодействия силиката натрия с водосодержащими минералами, входящими в состав минеральной основы Нигозерского сланца и ШП м-я Загогино, показало, что в процессе нагрева смеси происходит перераспределение силиката натрия в системе за счет активации поверхности водосодержащих минералов в результате их дегидратации [3]. Предложенный

механизм разупрочняющего действия добавок этих пород позволяет прогнозировать возможность использования в качестве добавок широкий круг горных пород, содержащих дегидратирующие минералы, что в конечном счете позволяет расширить их ассортимент, обеспечить литейное производство местными добавками и эффективно утилизировать отходы горной промышленности.

1 Лясс А. М. Быстротвердеющие формовочные смеси. М., 1965. 329 с.

2. Тяганова В. И., Заверткин А. С. Метод оценки выбиваемости стержневых и формовочных смесей: Информационный листок. № 86. ЦНТИ, Петрозаводск, 1988. 4 с.

3. Калинин Ю. К., Китаев Ю. С., Заверткин А. С., Тяганова В. И. Шунгитсодержащие разупрочняющие добавки в жидкостеклянных смесях // Шунгиты – новое углеродистое сырье. Петрозаводск, 1984. С. 157–164.

## МИНЕРАЛЬНЫЕ АССОЦИАЦИИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПРОЯВЛЕНИЙ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ СВЕКОФЕННСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА

*В. И. Иващенко*

Институт геологии Карельского НЦ РАН, Петрозаводск; [ivashche@krc.karelia.ru](mailto:ivashche@krc.karelia.ru)

Свекофеннский складчатый пояс (домен) Фенноскандинавского щита (рис.) сформировался в результате рифтинга архейского Карельского кратона по оси Раахе – Ладога (от северной Швеции до Ладожского озера) с новообразованием океанической коры и последующим их конвергентным взаимодействием с генерацией офиолитовых, островодужных и окраинно-континентальных комплексов и их аккрецией и коллизией во время свекокарельского орогенеза [1].

К настоящему времени в его пределах выявлено большое число золоторудных месторождений и проявлений (рис.), многие из которых имеют промышленное значение. Часть из них разрабатывалась или разрабатывается и поныне. Характеристика отдельных золоторудных объектов приведена в многочисленных публикациях [2–5 и др.]. Однако вопросам минералогии в них, в особенности касающихся продуктивных на золо-

то минеральных ассоциаций и их прогнозно-металлогенического значения, уделялось недостаточно внимания. Вследствие этого представляется целесообразным рассмотреть данные вопросов с большей детальностью, основываясь на относительно минералогически наиболее хорошо изученных свекофеннских золоторудных проявлениях Ю. Финляндии и Ю. Карелии. Вне зависимости от геологической позиции золоторудные месторождения и проявления этих территорий относятся к нескольким генетическим типам (табл. 1), впервые в систематизированном виде выделенным для Свекофеннского складчатого пояса применительно к золоторудным объектам Финляндии [2]. Ведущим генетическим типом золоторудной минерализации в свекофеннидах, как и в других докембрийских регионах [6, 7], является орогенический мезозональный в зонах сдвиговых дислокаций.