

УДК 666.952.1

© Русских В.П.¹, Кравченко В.П.²**ПРОИЗВОДСТВО ШЛАКОВОЙ ВАТЫ ИЗ ДОМЕННЫХ ШЛАКОВ**

Шлаковая вата – ценный и самый дорогой продукт переработки доменных шлаков. В статье выделены факторы, влияющие на качество шлаковой ваты: химический состав, определяющий модуль кислотности, температура шлакового расплава и постоянство требуемой толщины струи шлака. Установлено, что для получения качественной ваты из шлаков металлургических комбинатов ММК им. Ильича и «Азовсталь» необходимо вводить добавки для уменьшения основности шлаков. В связи с подорожанием топливно-энергетических материалов для снижения себестоимости необходима разработка новой технологии получения шлаковой ваты с использованием огненно-жидких шлаков, а также удаление из шлакового расплава соединений железа и серы для повышения качества шлаковой ваты. Хорошие показатели по теплопроводности (0,03 ккал/м·ч·°C) и по другим показателям (огнестойкость, объемный вес) позволяют использовать материалы из шлаковой ваты (маты, жесткие и полужесткие плиты) в качестве тепло- и звукоизолирующих материалов.

Ключевые слова: доменные шлаки, шлаковая вата, химический состав, модуль кислотности, огненно-жидкие шлаки, теплопроводность.

Руських В.П., Кравченко В.П. Виробництво шлакової вати з доменних шлаків.

Шлакова вата – коштовний і найдорожчий продукт переробки доменних шлаків. У статті виділені фактори, що впливають на якість шлакової вати: хімічний склад, що визначає модуль кислотності, температура шлакового розплаву й сталість необхідної товщини струменя шлаків. Установлено, що для одержання якісної вати зі шлаків металургійних комбінатів ММК ім. Ілліча і «Азовсталь» необхідно вводити добавки для зменшення основності шлаків. У зв'язку з подорожчанням паливно-енергетичних матеріалів для зниження собівартості необхідна розробка нової технології одержання шлакової вати з використанням вогненно-рідких шлаків, а також видалення з шлакового розплаву з'єднань заліза й сірки для підвищення якості шлакової вати. Гарні показники по теплопровідності (0,03 ккал/м·год·°C) і за іншими показниками (вогнестійкість, об'ємна вага) дозволяють використовувати матеріали з шлакової вати (мати, тверді й напівтверді плити) у якості тепло- й звукоізолюючих матеріалів.

Ключові слова: доменні шлаки, шлакова вата, хімічний склад, модуль кислотності, вогненно-рідкі шлаки, теплопровідність.

V.P. Ruskikh, V.P. Kravchenko. Slag wool manufacturing from blast furnace slag.

Slag wool is the most expensive and valuable product of blast furnace slag processing. Slag wool is in great demand nowadays. The article highlights the factors influencing the mineral wool quality: chemical composition that determines the acidity of the module, the temperature of the molten slag and the required slag jet thickness consistency. Mineral wool is produced by blowing air or steam into a jet of molten slag. As a result of it the slag crushes into droplets stretching. The resulting wool contains 5% slag and 95% air. The quality of the obtained slag wool depends on the module acidity of the slag. The blast furnace slags of «Ilyich iron and steel works of Mariupol» and «Azovstal iron & steel works» are the main (short) slags – they give short fibers. To obtain high-quality long fiber wool it is necessary to add admixtures into basic blast furnace slag to reduce its basicity. As a result of the fuel and energy rising prices and the necessity to reduce the slag wool cost it is necessary to develop a new technology with fiery-liquid slag, with the re-

¹ канд. техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

² канд. техн. наук, гл. инженер, «Эра плюс», г. Мариуполь

removal of iron compounds and sulphur from the melts and the introduction of corrective additives to improve the quality of slag wool. Good thermal conductivity (about 0,03 kcal/m·h·°C) and other indicators (resistance, volume weight) make it possible to use the materials from slag wool (pads, rigid and semi-rigid plates) as heat and sound insulating materials.

Keywords: blast furnace slag, slag wool, chemical composition, module of acidity, fiery liquid slag conductivity.

Постановка проблеми. Шлаковая вата, лучшие сорта которой производят впечатление настоящей ваты, является ценным и наиболее дорогим продуктом, получаемым из доменных шлаков. Ее достоинствами, как материала, является гигиеничность, несгораемость и тепло-звукоизолирующие свойства, что позволяет использовать ее для бетонного и сталекаркасного жилищного строительства как тепло- и звукоизолирующий материал, который находит применение и для технических целей, таких как изоляция паропроводов, паровых котлов, водопроводных труб, ледников, холодильников, изотермических вагонов для перевозки пищевых продуктов и т. п. [1]. Но существующие технологии производства шлаковой ваты не обеспечивают получение качественной шлаковой ваты, например, из высокоосновных доменных шлаков металлургических комбинатов ММК им. Ильича и «Азовсталь».

Анализ последних исследований и публикаций. Как известно из источников [1, 2], получение шлаковой ваты производится продуванием жидкого шлака струей воздуха и пара при определенном давлении для дробления шлака на множество мелких капелек, которые преобразуются (вытягиваются) в более или менее тонкие волокна. При малом давлении образуется граншлак, при высоком – волокна. В результате этого процесса объем массы увеличивается в 13 раз и получающаяся вата содержит 5% шлака и 95% воздуха. Однако в то время как часть капелек при продувании вытягивается в тонкие волокна (каждая капля дает одно волокно), в других капельках этот процесс может не доходить до конца, и они дают волокна с висящими на концах преждевременно застывшими шариками (корольками). А часть капелек вовсе не вытягиваются в волокна и присутствуют в шлаковой вате в виде «корольков» (см. рис. 1). Чем меньше «корольков», тем выше качество ваты (см. рис. 2).

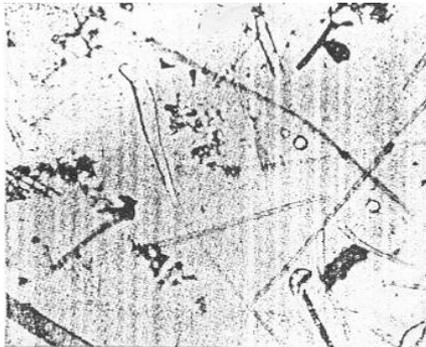


Рис. 1 – Обычная шлаковая вата (×50) [2]

Рис. 2 – Качественная шлаковая вата (×50) [2]

Обычные сорта состоят, как видно на рис. 1, из стеклянных волокон и «корольков», лучшие сорта - почти из очень тонких волокон (рис. 2).

Следовательно, для получения качественной шлаковой ваты является важным установить факторы, влияющие на волокнообразование.

Цель статьи – исследовать факторы, влияющие на производство качественной ваты из высокоосновных доменных шлаков.

Изложение основного материала. Проанализировав литературные источники [1, 2] и опыт работы Мариупольского завода изоляционных материалов (ЗИМ), работающего на шлаках ММК им. Ильича, можно выделить следующие основные факторы, влияющие на волокнообразование: химический состав шлаков, температура шлакового расплава, постоянство требуемой толщины струи шлака.

Химический состав шлаков имеет большое значение для процесса волокнообразования. Основным показателем, определяющим пригодность сырья для образования минеральной (шлаковой) ваты, служит модуль кислотности, определяемый по формуле [1]:

$$m_k = \frac{SiO_2 + Al_2O_3}{CaO + MgO} \geq 1,2. \quad (1)$$

Минеральная (шлаковая) вата лучшего качества получается при модуле кислотности 1,4÷1,5. Химический состав и модуль кислотности доменных шлаков комбинатов ММК им. Ильича и «Азовсталь» приведены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав и модуль кислотности доменных шлаков комбинатов ММК им. Ильича и «Азовсталь»

Доменные шлаки	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	FeO	S	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	Модуль кислотности, m _k
ЧАО «ММК им. Ильича»	39,44	6,88	44,78	7,63	0,23	0,33	0,88	0,29	0,54	0,41	0,88
ЧАО «МК «Азовсталь»	38,16	7,65	47,17	6,11	0,26	0,48	1,68	-	-	-	0,86

Из таблицы 1 следует, что доменные шлаки комбинатов ММК им. Ильича и «Азовсталь» являются основными шлаками и их модули кислотности не соответствуют требованиям стандартов (1).

Исправление богатых известью и магнезией шлаков, которые обычно содержат вредные для потребителя шлаковой ваты сернистые соединения, возможно путем присадки материалов, богатых кремнеземом. Несмотря на то, что точка плавления таких материалов высока, получение в результате высококачественной шлаковой ваты экономически оправдано.

Образование волокон происходит только до известной температуры. При правильном ведении процесса длина волокон достигает 3 метров. Использованный вместо холодного воздуха подогретый воздух или перегретый пар, как показали эксперименты на Мариупольском ЗИМе, положительных результатов не дали, что вполне коррелирует с изысканиями Lang'a, который установил, что процесс не поддается правильному тепловому расчету [2].

Экспериментально установлено, что при слишком низкой температуре, даже при присадке богатых кремнеземом материалов, волокна получаются короткими, при слишком высокой температуре шлаковая вата получается твердой и ломкой. Хорошие результаты были получены при температуре расплава 1100±20°C.

Исходя из полученных экспериментальных результатов на заводе ЗИМ, можно сделать вывод, что необходимые условия для получения качественной шлаковой ваты не могут быть выполнены, если вести продувание непосредственно у доменных печей, где невозможно проводить соответствующие добавки для корректировки химического состава, не соответствует температура выпускаемой из печи струи шлака, равномерность и постоянство ее необходимой толщины.

Установлено, что с увеличением содержания соединений железа в шлаке увеличивается количество «корольков», а при предельном содержании, зависящем от степени кислотности шлака, а также от исходной температуры и давления воздуха при продувке, образование волокон прекращается. Решающее значение для образования волокон с точки зрения химического состава шлака имеет влияние различных его составных частей на вязкость шлака. Установлено экспериментально, что температура спекания тонких волокон была намного ниже, чем у образцов с более толстым волокном, а температура плавления была наивысшей, и разница температур спекания и плавления составила 500°C (см. табл. 2).

Причина здесь не только в химическом составе, но и в структуре (тонкое волокно). Чем больше температурный интервал между точкой размягчения и точкой плавления, тем больше область пластичности и тем длиннее образующиеся волокна. Это обуславливает получение ваты хорошего качества. Чем тоньше волокна, тем длиннее они вытягиваются, а, следовательно, уменьшается вероятность образования «корольков».

Более длинные волокна образуются у «кислых» шлаков. Поэтому у основных (коротких) шлаков комбинатов ММК им. Ильича и «Азовсталь» волокна толще (см. табл. 2). Следовательно, существует связь между химическим составом шлаков и процессом волокнообразования. Анализируя влияние химического состава шлака на волокнообразование, можно заключить, что кислые шлаки «длинные» более пригодны для производства шлаковой ваты, чем основные «короткие», которые вследствие их повышенной температуры плавления требуют большего расхода топлива или добавок, понижающих точку плавления. Следовательно, для производства шлаковой ваты из основных доменных шлаков мариупольских комбинатов с целью снижения энергозатрат требуется разработка новой технологии получения шлаковой ваты, в которой также необходимо предусмотреть удаление из шлакового расплава соединений железа и серы, что позволит уменьшить образование «корольков» и предотвратит при отсыревании ваты выделение неприятного запаха сероводорода.

Таблица 2

Характеристики доменных шлаков комбинатов ММК им. Ильича и «Азовсталь»

Показатели		Доменные шлаки металлургических комбинатов		Из источника [2]	
		ММК им. Ильича	«Азовсталь»	a ₁	s
Химический состав	SiO ₂	39,44	38,16	32,31	33,95
	Al ₂ O ₃	6,88	7,65	19,02	13,63
	CaO	44,78	47,17	39,69	44,37
	MgO	7,63	6,11	5,01	2,50
Модуль кислотности		0,86	0,88	1,15	1,02
Толщина нитей, мкм		6,5	7,0	3,8	11,0
Огнестойкость	Температура спекания, °С	1100	1110	830	950
	Температура плавления, °С	1280	1280	1350	1230
Разница между t _{сп.} и t _{пл.} , °С		180	180	500	280
Поглощение воды сухой шлаковой ватой % за 24 ч		0,50	0,50	0,59	0,51

Большое значение имеет теплопроводность шлаковой ваты. Для сравнения укажем, что коэффициент теплопроводности воздуха составляет $0,2 \frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}}$, а других теплоизолирующих материалов см. рис. 1.

Из рис. 3 видно, что шлаковая вата (наряду с древесными опилками) обладает наименьшим коэффициентом теплопроводности (0,03) из всех теплоизоляционных материалов, причем ряд органических теплоизоляторов (войлок, пробковые материалы, торфяные материалы и др.) имея меньший объемный вес, обладают большей теплопроводностью, чем шлаковая вата, которая при этом еще отличается от них огнестойкостью и малой гигроскопичностью (см. табл. 2).

Шлаковая вата с тонкими волокнами является не только самым лучшим теплоизолирующим материалом, но и наилучшим антикоррозийным материалом из всех теплоизоляторов [2].

Дальнейшим развитием технологии шлаковой ваты является производство теплоизолирующих плит (полужестких, жестких) путем смешивания с вяжущими веществами, минеральными или органическими, и последующим прессованием в плиты. При этом должно соблюдаться условие: чтобы плиты имели хорошие теплоизоляционные свойства, волокна ваты не

должны быть при прессовании разрушены (сломаны), и плита должна состоять из мелких замкнутых ячеек.

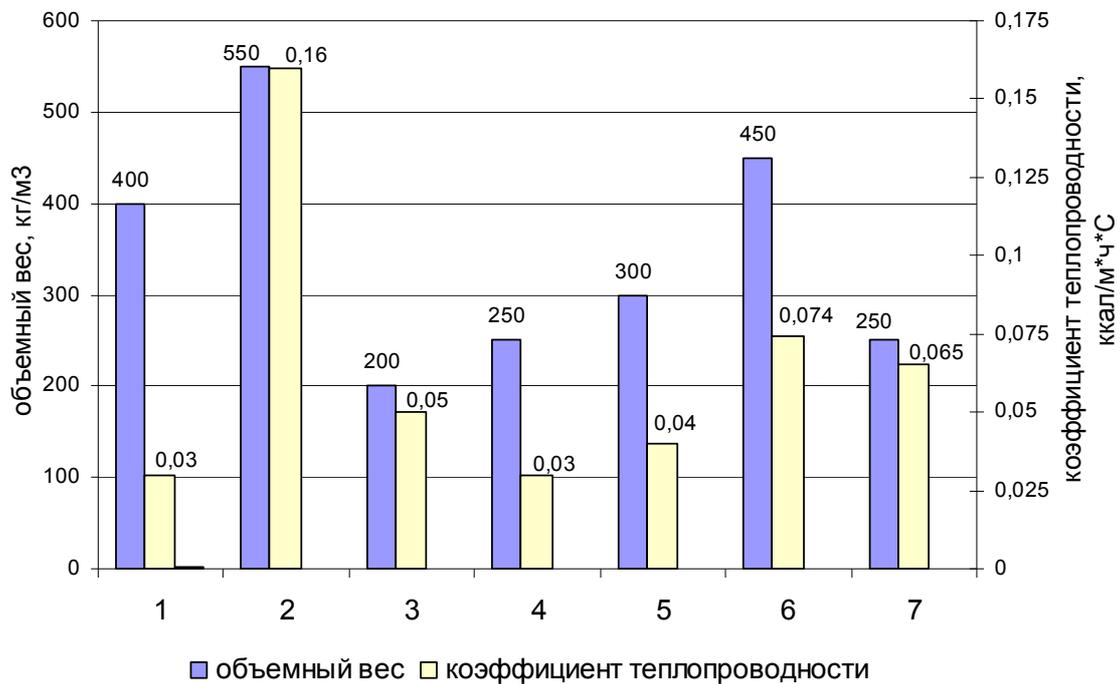


Рис. 3 – Гистограммы величин объемного веса и коэффициента теплопроводности стандартных термоизоляционных материалов: 1 – шлаковая вата, 2 – пенза, 3 – торфоплиты, 4 – опилки древесные, 5 – войлок строительный, 6 – асбовойлок, 7 – пробковая плита

Выводы

1. Шлаковая вата является ценным и самым дорогим продуктом переработки доменных шлаков.
2. На качество шлаковой ваты влияют следующие факторы: технологические - температура шлакового расплава и постоянство требуемой толщины струи шлака; химический состав, который определяет модуль кислотности шлака. Шлаковая вата лучшего качества получается из кислых шлаков с модулем кислотности 1,4÷1,5.
3. Для основных шлаков комбинатов ММК им. Ильича и «Азовсталь» требуются корректирующие добавки (бой красного кирпича, бой силикатного кирпича, керамический бой) для повышения модуля кислотности шлакового расплава.
4. Количество получаемой шлаковой ваты зависит не только от химического состава, определяемого модулем кислотности, но и от структуры волокна (ее толщины). Чем тоньше волокно, тем оно качественнее и меньше вероятность образования «корольков».
5. Длина образующегося волокна зависит от температурного интервала между точками размягчения и плавления. Чем больше этот интервал, тем длиннее получаются волокна.
6. Для производства качественной шлаковой ваты из основных доменных шлаков металлургических комбинатов ММК им. Ильича и «Азовсталь» с целью снижения энергозатрат требуется разработка новой технологии получения шлаковаты путем использования огненножидких шлаков и удаление из расплава оксидов железа и серы.

Список использованных источников:

1. Сухарев М.Ф. Производство теплоизоляционных материалов и изделий / М.Ф. Сухарев. – М. : Высшая школа, 1973. – 304 с.
2. Гуттман А. Применение доменных шлаков : пер. со 2-го нем. изд. / А. Гуттман; под ред. и с доп. М.М. Борок, М.Я. Латаш. – Харьков ; Киев : ОНТИ Гостехиздат Украины, 1935. – 326 с.

Bibliography:

1. Sukharev M.F. Production of heat-insulating materials and products / M.F. Sukharev. – М. : Vysshaya shkola, 1973. – 304 p. (Rus.)
2. Guttman A. Application of blast furnace slag: trans. from the 2nd german ed. / A. Guttman; ed. and ext. M.M. Borok, M.J. Latash. – Kharkiv ; Kiev: ONTI Gostekhizdat Ukraine, 1935. – 326 с. (Rus.)

Рецензент: В.А. Маслов
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 05.05.2016