

## ГРАНИТОИДНЫЕ ПОРОДЫ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НЕПРЕРЫВНОГО ВОЛОКНА

**Терещенко И.М., Войтов И.В., Шетько С.В.**

*БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

+375 29 751-13-56

Использование магматических горных пород и, прежде всего, базальтов, приобрело особое значение для производства непрерывного волокна (НВ) с повышенными физико-механическими характеристиками. Получаемое из минерального сырья непрерывное волокно и материалы на его основе имеют повышенную прочность, обусловленную природой породы, стойкость к влиянию влаги и агрессивных сред, высокие температуры эксплуатации, хорошие электро- и термоизоляционные характеристики, экологически безопасны, что обуславливает возрастающий интерес со стороны рынка композитных материалов. Подобные волокна рассматриваются в настоящее время как один из наиболее перспективных армирующих материалов, обладающий уникальным сочетанием свойств при относительно невысокой стоимости [1].

Спрос на базальтовое непрерывное волокно (БНВ) и материалы на их основе растет год от года, однако предложение на рынке существенно отстает от спроса. Причина сложившейся ситуации заключается в следующем: базальты, обеспечивая высокий уровень свойств непрерывного волокна, в сравнении со стеклами или шлаками, в то же время являются весьма сложными объектами с точки зрения технологии, использование которых сопряжено с большими энергетическими затратами и нестабильностью технологических процессов на стадиях гомогенизации расплава и выработки волокон.

При этом далеко не все базальты пригодны для получения волокон [2]. Как правило, используют так называемые «длинные» базальты с малым градиентом температурной зависимости вязкости  $dn/dT$  в области температуры выше 1350 °С со следующим химическим составом, мас. %: SiO<sub>2</sub> 43,0–48,0; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 11,0–14,0; FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> более 10,0; CaO 1,0–10,0; MgO 4,0–7,0; R<sub>2</sub>O 4,0–5,0.

В Республике Беларусь имеются разведанные месторождения базальтовых пород, которые, однако, пока не разрабатываются. В то же время имеется мощное месторождение гранитоидных пород, на базе которого функционирует РУПП «Гранит» – предприятие, специализирующееся на получении щебня для строительных нужд.

Химико-минералогический состав пород Микашевичского месторождения характеризуется доминанцией диорита (до 80 % породы) с включением до 15 % гранита. Породообразующие минералы: плагиоклаз и калиевый полевой шпат 65–70 %, свободный кремнезем (кварц) – 13–16 %, темноцветные минералы (биотит, роговая обманка и др.) – 10–15%, содержание железа – 7–8 %. В сравнении с базальтами гранитоиды характеризуются отсутствием цепочечных структур типа авгита, но повышенным содержанием кремнезема, который находится как в связанном (полевошпатовые и темноцветные минералы), так и в свободном состоянии (кварц). Последний, будучи тугоплавким минералом, осложняет решение задачи создания материал- и ресурсосберегающих технологий производства минерального волокна на основе исходного гранитоидного сырья.

В то же время, при промышленной переработке гранитоидов (получение щебня) в большом количестве образуются отходы (фракция < 5 мм). Эта переизмельченная порода отделяется от щебня, составляя до 40–45 % исходной породы и, практически, не вовлекается в оборот, являясь мощным источником загрязнения почвы и воздушного бассейна.

Проведенным изучением химико-минералогического состава отсевов гранитоидов Микашевичского месторождения выявлена важная закономерность, заключающаяся в том, что по мере увеличения степени измельчения исходной породы происходит ее обогащение полевошпатовыми минералами и темноцветными минералами при снижении содержания

свободного кремнезема (кварца), очевидно, за счет разницы в прочности зерен кварца и остальных минералов породы. Таким образом, в дисперсной части отсевов (фракция < 0,16 мм) свободный кремнезем практически отсутствует, а ее химический состав характеризуется следующим содержанием оксидов, мас. %: SiO<sub>2</sub> 53,10–53,56; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13,50–13,81; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+FeO 10,12–10,34; CaO 7,05–7,20; MgO 4,25–4,35; R<sub>2</sub>O 6,65–6,77; ППП 1,05–1,10.

Важно, что по химическому составу порода, прошедшая измельчение, соответствует требованиям, предъявляемым к горным породам, в принципе пригодным для производства минерального волокна, что подтверждается изучением свойств расплавов, полученных в лабораторных условиях на основе пылевидной фракции отсевов дробления гранитоидов.

Проведенными в условиях ОАО «Полоцк-Стекловолокно» с целью получения непрерывного волокна полупромышленными испытаниями фракции < 0,16 мм, выделенной из отсевов дробления, подтверждена возможность получения качественного НВ. Из расплава породы, полученного в газовой печи при температуре  $T_{\max} = 1490$  °С, произведена вытяжка волокон в стеклоплавильном агрегате с 208 фильерами с диаметром 1,4 мм. Характеристики полученного НВ приведены ниже: линейная плотность, текс – 25,67; средний диаметр элементарного волокна, мкм – 7,77; удельная разрывная нагрузка, гс/текс – 59; модуль упругости, МПа · 10<sup>3</sup> – 87,0.

В полученном акте испытаний отмечаются:

– достижение расплавом гомогенного состояния (степень аморфности выше 90 %) при температуре в печи не выше 1510 °С (степень аморфности расплава рассчитывалась по методике, предложенной Джигирисом Д.Д.);

– широкий (более 120 °С) интервал волокнообразования ввиду отсутствия цепочечных структур в минеральном составе породы;

– значение краевого угла смачивания расплавом породы платиновых сплавов составляет 25–27 ° при 1350 °С, в результате чего явление затекания фильерных пластин питателя не наблюдается;

– достигаются высокие показатели свойств получаемого тонкого непрерывного волокна.

На основании проведенных промышленных испытаний сделан вывод, что для плавления отсевов гранитных пород целесообразно использование обычных ванн печей, функционирующих в экономическом режиме при температурах не выше 1510 °С, отсутствует необходимость применения специальных устройств для высокотемпературной гомогенизации расплава, а технологические стадии (плавление породы, гомогенизация расплава и вытяжка волокон) осуществляются последовательно в ванной печи и в выработочном канале, где устанавливаются фильерные питатели.

Таким образом, доказана возможность использования пылевидных фракций отсевов дробления гранитоидных пород в производстве продукта с высокой прибавочной стоимостью, а именно – непрерывного волокна. При этом достигается экономическая целесообразность использования отходов производства щебня из плотных горных пород – типичного местного материала.

## Литература

1. Джигирис, Д.Д. Основы производства базальтовых волокон и изделий / Д.Д. Джигирис, М.Ф. Махова. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 412 с.
2. Пат. RU 2102342 С1 37/06, опубл. 20.01.1998 г.