

## ПЛАЗМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА

Базальтовое волокно – тепло- и звукоизоляционный материал, полученный из природного сырья. Отличительной особенностью базальтового волокна является его низкая теплопроводность, что делает этот материал универсальным для применения в изоляции как внутренних, так и внешних строительных конструкций промышленного и жилого назначения.

Базальтовая теплоизоляция имеет высокий уровень сопротивляемости механическим воздействиям в течение длительного срока эксплуатации, что крайне важно для эффективного сохранения изолирующих свойств материала. Базальтовые изоляционные материалы обладают высокой степенью шумопоглощения. Этот эффект достигается за счет волокнистой структуры с воздушными прослойками. Эти материалы обладают хорошей стойкостью к действию органических веществ, таких как масла и растворители. Слабые кислые или щелочные вещества также не вызывают проблем. Это качество позволяет использовать базальтовую вату в агрессивных средах.

Преимуществами базальтового волокна по сравнению с изделиями из минеральной ваты, стекловаты, шлаковаты являются:

- нетоксичность;
- повышенные физико-механические характеристики;
- более высокая температура применения (до 900<sup>0</sup>С);
- экологическая чистота производства (отсутствуют вредные связующие – формальдегидные смолы, фенолы, битумы);
- очень большой срок службы (более 50 лет)
- однокомпонентность сырья;
- неограниченность сырьевой базы.

Эти свойства базальтовых волокон обусловили создание новых высокоэффективных строительных и технических материалов и изделий для различных отраслей промышленности, во многих случаях способных заменить асбест, металл, древесину, пластик.

На основе базальтового волокна возможен выпуск большого ассортимента различных тепло- и звукоизоляторов:

- рулонная теплоизоляция;
- прошивные маты
- плиты базальтоволокнистые теплоизоляционные,
- шнуры;
- картон огнестойкий и др.

Сущность плазменной технологии производства базальтового волокна показана на принципиальной схеме установки (рис.1).

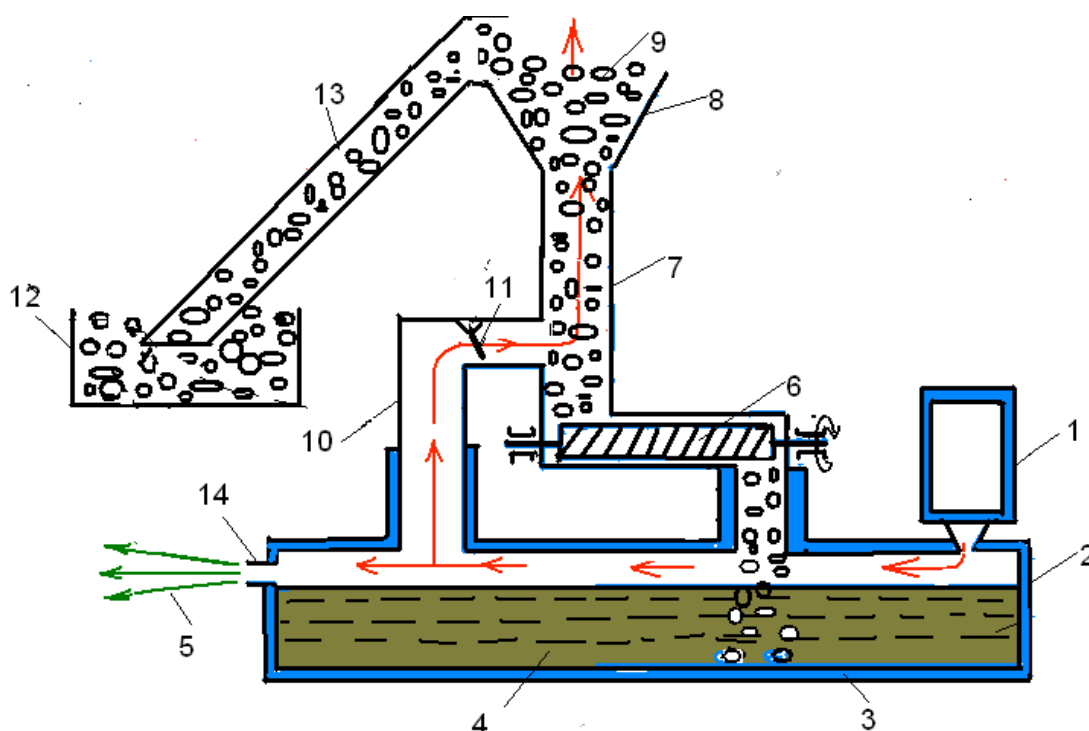


Рис.1.Схема установки

Основным узлом плазменной установки является плазматрон 1, который нагревает рабочий газ (воздух) до высокой температуры, достигающей  $4000^{\circ}\text{C}$ . Этот горячий газ поступает в пристыкованный к плазматрону тигель 2, охлаждаемый водой 3. Одновременно в тигель с помощью шнекового питателя 6 подается базальтовая шихта 9 в виде мелких камней (щебенка фракцией 5-20мм). Горячий газ плавит шихту и перегревает образовавшийся расплав 4 на  $300-500^{\circ}\text{C}$  (температура плавления базальта составляет примерно  $1400^{\circ}\text{C}$ ), что обеспечивает устойчивость технологического процесса. При этом температура газа понижается до примерно  $2200^{\circ}\text{C}$ . Затем смесь, состоящая из газа и расплава в виде пленки и капель, поступает в сопло 14. В сопле и прилегающей к нему области газ и жидкость интенсивно взаимодействуют, что приводит к образованию мелких капель (эффект пульверизатора). Под действием потока газа эти капли делятся на все более мелкие фрагменты. Наконец наступает момент, когда размер капель достигает некоторого критического значения, зависящего от величины поверхностного натяжения и интенсивности газового потока. Капли не могут больше делиться и начинают вытягиваться под действием газового потока, образуя жидкие нити. Одновременно с вытягиванием нитей их диаметр

уменьшается. Затем нити застывают и получаются базальтовые волокна 5 очень малого диаметра (микрометры и даже десятки нанометров).

Таким образом, вытекающий из плазмотрона горячий газ выполняет четыре функции: расплавление базальтовой шихты, перегрев расплава, его дробление на капли и формирование волокон. Очевидно, что описанная технология позволяет управлять процессом образования волокон путем изменения параметров газа, таких как температура, давление и расход шихты.

Схема подачи шихты в тигель выглядит следующим образом. Из резервуара 12 шихта подается транспортером 13 в бункер 8. Из бункера шихта по трубе 7 попадает на шнек 6. Далее шнек подает шихту в тигель.

Горячий газ выходит из тигля по двум каналам – через сопло и через байпасный канал 10, трубу 7 и бункер (красные стрелки). Байпасный канал снабжен шибером (заглушкой) 11, с помощью которой можно перераспределять потоки газов в нужном соотношении. Это необходимо, во-первых, для получения волокон требуемой толщины и, во-вторых, для достижения минимального удельного энергопотребления за счет предварительного нагрева шихты отходящим газом.

Мы провели ряд теоретических и экспериментальных исследований, которые подтвердили основные принципы описанной плазменной технологии. Фотографии базальтовых волокон, полученные с помощью электронного микроскопа, показывают, что почти все волокна прямые, имеют малый диаметр (менее 10мкм) и цилиндрическую форму. Одна из таких фотографий показана на рис.2.

Минимальный диаметр волокна, измеренный с помощью электронного микроскопа, составил 28нм. Что касается длины волокон, то выполнить непосредственные измерения было невозможно из-за малого поля зрения электронного микроскопа. Однако оценки показывают, что длина волокон достигает нескольких см. Видно также, что базальтовая вата содержит очень малое количество неволоконистых включений. Полученные результаты открывают новые перспективы применения нанотехнологий.

Преимущества описанной плазменной технологии получения базальтового волокна следующие:

- Плазмотрон обеспечивает значительно более высокую температуру газа по сравнению с газовыми или мазутными горелками. Это позволяет более эффективно осуществлять процессы раздува и диспергирования расплава базальта, что дает возможность получать более тонкие волокна (менее 1мкм для базальта).

- Плазмотрон позволяет варьировать температуру газа в широких пределах и тем самым создавать оптимальные условия для получения базальтового волокна.
- Предложенная технология позволяет значительно снизить удельную мощность производства базальтового волокна (до  $1\text{кВт}\cdot\text{час}/\text{кг}$ ) по сравнению с существующими технологиями.

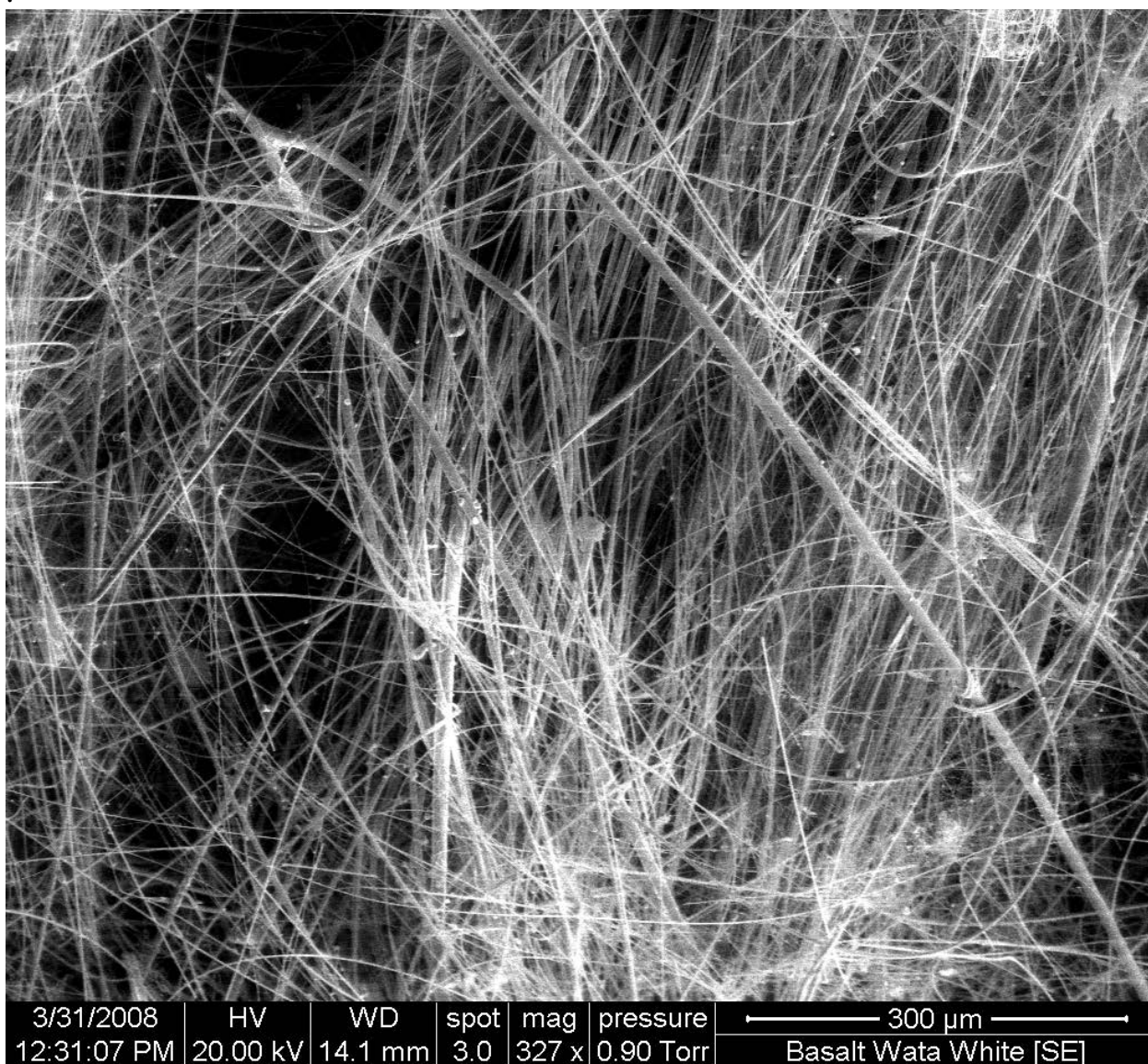


Рис.2. Электронная фотография базальтовых волокон

- Предложенная технология дает возможность изменять в широких пределах диаметр базальтового волокна.
- Используемый в данной технологии плазмотрон «Звезда» питается непосредственно от промышленной трехфазной сети без применения выпрямителя или иного преобразователя, что повышает его надежность и

удобство эксплуатации. Время непрерывной работы плазмотрона до замены электродов превышает 500час, процесс замены электродов занимает не более 15мин.

- Объем тигля значительно меньше, чем объем дуговой печи с графитовыми электродами, обычно используемой для расплавления базальтовой шихты, что позволяет существенно уменьшить тепловые потери и в несколько раз сократить время выхода установки на рабочий режим.
- Вследствие высокой температуры рабочего газа появляется возможность применить описанную технологию для производства волокон из более тугоплавких минералов по сравнению с базальтом, таких как кремнезем, корунд и др.

Для создания промышленной установки по производству базальтового волокна предполагается использовать плазмотрон «Звезда» мощностью 5МВт (см. фотографию на рис.3) , который был разработан и испытан в Центре Келдыша Этот плазмотрон сможет обеспечить объем производства волокна до 40тыс.т/год.

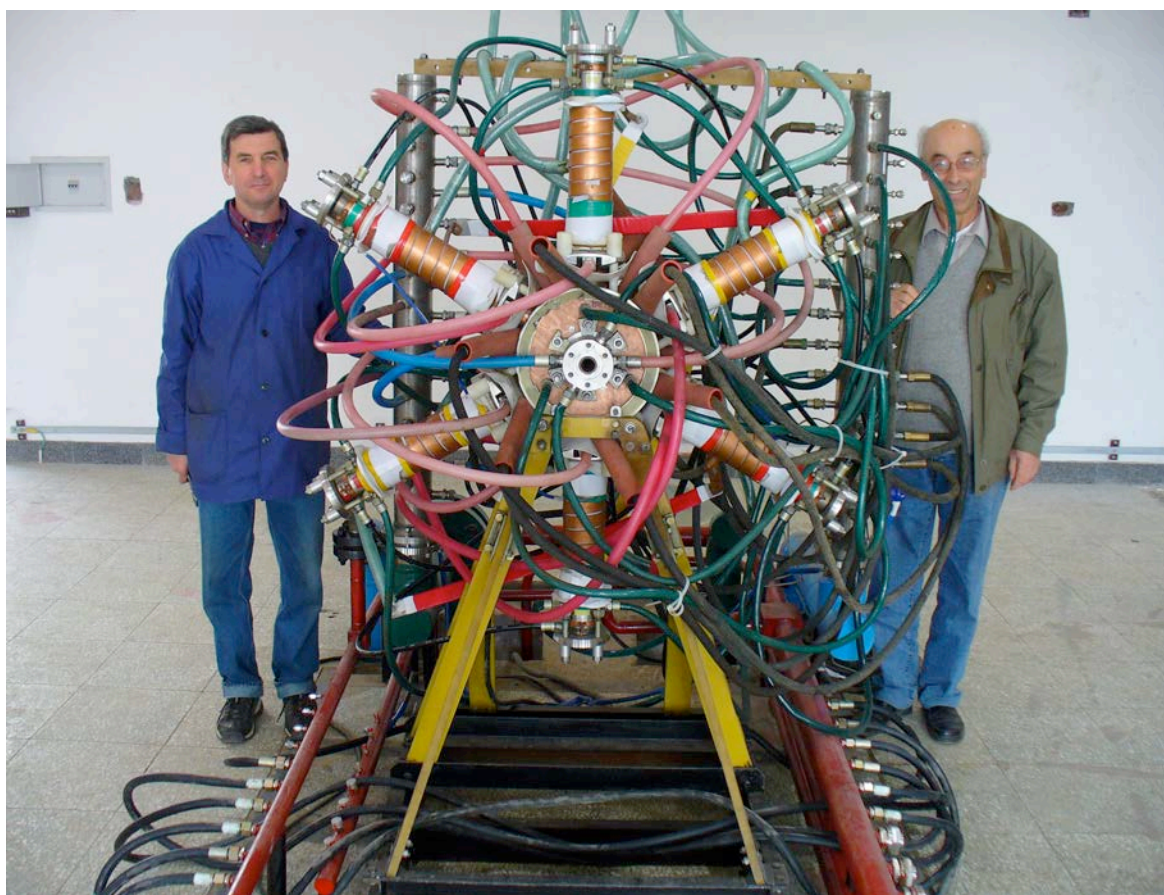


Рис.3.Плазмотрон 5МВт

Показанную на рис.1 установку можно также использовать для производства базальтовой ваты методом центробежного диспергирования.

Согласно этому методу параметры установки подбираются так, чтобы из отверстия в тигле выливалась струя расплавленного базальта, которая падает на быстровращающиеся валки. Образовавшиеся капли летят с большой скоростью и вытягиваются в волокна

Fig1. Schematic of the facility

1 – plasmatron 2 – crucible 3 – water cooling 4 – melt  
5 – basalt fibres 6 – helix 7 – tube 8 – bunker  
9 – basalt charge 10 – bypass 11 – slide valve  
12 – charge storage 13 – transporter 14 - nozzle