

## Пути снижения себестоимости производства непрерывного базальтового волокна

д.э.н. проф. Секерин В.Д.

Университет машиностроения

8 (495) 683-99-30, bcintermarket@yandex.ru

**Аннотация.** В статье на основе анализа технологии производства непрерывного базальтового волокна направлений его применения в различных отраслях делается вывод о необходимости усовершенствования и стабилизации имеющихся технологических процессов. Предлагаются пути снижения себестоимости непрерывного базальтового волокна.

**Ключевые слова:** малое инновационное предприятие, технологи производства супертонкого и тонкого базальтового волокна для производства непрерывных волокон, модуль кислотности, опыт применения НБВ, утилизация промышленных отходов непрерывного базальтового волокна, снижение себестоимости волокна, производство гранул, рекуперация путем измельчение отходов с последующей термообработкой.

Одним из основных направлений стратегии Малого инновационного предприятия «РИТМ» является разработка и организация производства непрерывного базальтового волокна (НБВ) и новых материалов на его основе. Несмотря на то, что все мировые державы признают огромные перспективы НБВ и изделий из него, объемы до настоящего времени в мире составляют менее 10% от объемов производства стекловолокна. Казалось бы, запасы базальтовой породы в мире огромны, в том числе и на территории РФ. Однако не каждый состав базальта пригоден для получения непрерывного базальтового волокна.

С этой проблемой столкнулись многие страны, безуспешно пытавшиеся организовать производство НБВ на своих территориях с использованием местного сырья. Вначале разработчики пытались приспособить технологию производства супертонкого и тонкого базальтового волокна для производства непрерывных волокон. Один из мировых лидеров производства стекловолокна Owens Corning безуспешно потратил на разработку технологии НБВ и организацию производства в США более 100 млн. долларов.

Многие специалисты пытались внедрить эту технологию, поставляя недоработанные технологии, оборудование. Отсутствие тонкостей технологии для получения конкурентоспособной продукции с требуемыми характеристиками, однородности волокна, нестабильность технологического процесса, быстрый износ оборудования, отсутствие высококвалифицированных специалистов, привели к закрытию большинства фирм, пытавшихся наладить выпуск НБВ в промышленных масштабах.

Непрерывное базальтовое волокно содержит компоненты при следующем соотношении, масс. %:  $\text{SiO}_2$  45,0-55,0,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  12,0-15,0,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  9,0-12,0,  $\text{TiO}_2$  2,0-3,0,  $\text{CaO}$  5,0-8,0,  $\text{MgO}$  5,0-8,0,  $\text{K}_2\text{O}$  1,5-3,0,  $\text{Na}_2\text{O}$  2,0-3,5 и  $\text{ZrO}_2$  3,0-10,0.

По химическому составу определяют модуль кислотности ( $M_k$ )

$$M_k = \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{MgO}} \quad (1)$$

Модуль кислотности используется для предварительной оценки химического состава шихты. Для оптимального ее состава  $M_k > 4,5$ , в противном случае сырье непригодно для получения НБВ. Однако, для обеспечения нормальной работы плавильных агрегатов, а также формуемости качественного волокна при оперативном подборе шихты наряду с  $M_k$  следует учитывать и вязкостные свойства расплава, которые характеризуются модулем вязкости  $M_v$ :

$$M_v = \frac{\text{SiO}_2 + 2\text{Al}_2\text{O}_3}{2\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{CaO} + \text{MgO} + 2\text{Na}_2\text{O} + 2\text{K}_2\text{O} + \text{MnO} + \text{TiO}_2 + \dots} \quad (2)$$

Впервые технологию НБВ получили на Украине. Прочностные показатели базальтовых волокон оказались значительно выше стеклянных. Температурный режим базальтового волокна (БВ) составляет от -260°C до +900°C, тогда как у стекловолокна (СВ) диапазон рабочих

температур от - 60°C до +480°C. Коэффициент термического расширения БВ 5,4 Ррм/С против 8,0 у СВ. БВ имеет больший запас прочности по сравнению со СВ: БВ- 4,480 МПа, СВ – 3,450 МПа. Прочность на сжатие БВ -82%, СВ 52%. Потеря веса после 3-х часов кипячения в 2л HCL оставляет БВ-2,25%, СВ – 38,9%

Полученные результаты открыли перспективы использования НБВ во всех отраслях промышленности.

До сих пор многие элементы технологий украинских и российских ученых остаются секретом. Непрерывное базальтовое волокно стало той золотой серединой, когда стекловолокно не может работать при определенных условиях, а углеродные волокна очень дороги.

Есть опыт применения НБВ в строительстве для изготовления фибробетонов, армирования дорожных покрытий и бетонов, в качестве замены стальной арматуры, изготовления штукатурных сеток для систем утепления.

Используется НБВ в производстве базальтопластиков в виде холстов для армирования, рубленного волокна для напыления, изготовления профилей методом пултрузии, труб методом намотки. Широко известен опыт применения НБВ в композитах. В автомобилестроении НБВ используется в производстве глушителей, высокотемпературной изоляции двигателей и газопроводящих путей. В производстве корпусных деталей автомобилей [1].

Одним из перспективных направлений является применение НБВ, тканей в оборонной промышленности, МЧС. Полученные опытным путем образцы базальтовых тканей с напылением алюминия показали перспективы использования материала для одежды пожарников, МЧС в интервалах температур от -20 °С.С до 900 °С. Сотовые материалы из базальтовых тканей в перспективе найдут широкое применение в ракетостроении, радарных установках. Они не горят, не подвержены внешним воздействиям.

Технология производства НБВ имеет свою тонкую специфику, сильно зависящую от состава базальта (модуля кислотности, модуля вязкости), от конструктивных решений оборудования, подбора технологических параметров для каждого состава вновь поступающего сырья, конструкции платинового фильерного питателя и подфильерного холодильника и многих других факторов.

К сожалению, перспективные материалы на основе НБВ не находят широкого применения в полном объеме в отраслях РФ из-за ограниченного объема производства. Некоторые предприятия не развиваются на полную мощность, или закрываются вообще. При открытии таких предприятий преобладающим фактором служила и служит коммерческая составляющая. На рынке базальтовых технологий появилось много лжеученых, теоретиков. Кроме того, не каждый карьер РФ по добыче сырья (базальта) соответствует для выпуска непрерывного волокна. Результатом может быть получение нестабильности качества нити, низкие выработочные свойства. Также, одним из основных факторов является высокая себестоимость непрерывного базальтового волокна.

Предприятия, имеющие производство НБВ, сталкиваются с проблемой реализации НБВ и изделий из него из-за высокой стоимости по сравнению со стекловолокном. Цена на базальтовые ровинги вдвое выше, хотя ниже на порядок, чем углеродное.

Общаясь с потенциальными потребителями НБВ выяснилось, что интерес к волокну огромен. Но в связи с высокой ценой на продукцию, а также нестабильностью характеристик, покупательская способность НБВ пока невелика.

Изучив многолетний опыт производств НБВ, МИП «РИТМ», при участии опытных высококвалифицированных специалистов, предлагает на российский рынок новые технологические и конструктивные решения производства НБВ. Применения данных решений вплотную приблизят себестоимость БВ к себестоимости стекловолокна.

Вулканической породы в мире несметное количество. Перспектива применения НБВ расширяется постоянно. Однако, имеющиеся технологии необходимо усовершенствовать, стабилизировать для экономического эффекта производств и отраслей, использующих НБВ и изделий на его основе.

Одной из наиболее актуальных проблем в настоящее время является утилизация про-

мышленных отходов непрерывного базальтового волокна, представляющих серьезную экологическую угрозу [2].

Необходимо заниматься проблемой утилизации и переработки отходов производства не только с позиции охраны окружающей среды, но и с точки зрения экономической выгоды. Это одно из основных направлений для реального снижения себестоимости волокна.

В производстве базальтового и стеклянного волокна отходы достигают 30%. Пути утилизации отходов базальтового и стеклянного волокна очень похожи, но технологии зависят от специфики каждого из волокон. Проблемы утилизации мягких отходов волокна в РФ практически решены на всех предприятиях. Путем переработки получают новую товарную продукцию. Неоднородный состав грубых волокон, присутствие замасливателя создают большие трудности для повторного использования в качестве вторичного сырья.

Чтобы обеспечить рациональный рециклинг стекловолокна, европейский союз индустрии GFK (GPRMC) разработал концепцию Green Label, которая предполагает, что в Европе будет налажен замкнутый цикл первичной обработки, утилизации и повторного использования стекловолокна в соответствии с директивами Европейского Союза. Программа принята в 2002 году сроком на 15 лет.

На постсоветском пространстве Полоцкий завод стекловолокна получает в виде отходов более 2,5 тыс. т в год материалов следующего состава (% по массе):  $\text{SiO}_2$  -- 53,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -- 15,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  -- 0,4,  $\text{CaO}$  -- 17,  $\text{MgO}$  -- 4,  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  -- 0,5,  $\text{B}_2\text{O}_3$  - 10,3. Отходы стекловолокна используются в производстве кирпича. Производимые на предприятиях строительных материалов кирпичи имеют более высокие показатели прочности, чем стандартные изделия.

В настоящее время в Полоцке (Беларусь) работает печь, которая переплавляет отходы стекловолокна в стекломассу (экрлез). Измельченный экрлез используют в качестве вторичного сырья для шихты. Еще 20 лет назад отходы стекловолокна вывозились на свалки вокруг Полоцка и закапывались.

Московским государственным машиностроительным университетом в 2014 году проведены испытания и разработаны две технологии рекуперации грубых отходов неоднородного состава.

Одна из технологий - производство гранул производительностью 10 тонн/сутки. Данная технология с использованием гранул в качестве вторичного сырья позволяет снизить расход топлива на 40%, увеличить производительность в 2,5-3 раза. Экономия сырья составляет 30%.

Второй способ – рекуперация путем измельчение отходов с последующей термообработкой. По данной технологии производительность увеличивается в 1,4-1,7 раза, экономия электроэнергии на 32-43%. Экономия сырья до 45%.

Это реальные пути снижения себестоимости непрерывного базальтового волокна. Для утилизации грубых отходов непрерывного базальтового волокна данные технологии вполне приемлемы после их доработки с учетом специфических свойств НБВ.

Кроме того, на основе переработанных отходов базальтового волокна можно получить новые материалы и изделия: строительные кирпичи, облицовочную плитку, микрошарики, базальтовую чешую, антикоррозийные покрытия и многое другое.

### Выводы

Таким образом, правильный подбор сырья, прорывные технологические и конструктивные решения оборудования, оснастки, изменение конструкции фильерного питателя, высококвалифицированный персонал, использование грубых отходов в качестве вторичного сырья, переработка мягких отходов в новые изделия позволит организовать новое в РФ перспективное производство с низкой себестоимостью.

### Литература

1. Секерин В.Д., Бузук О.В. Композиционные материалы: экономическая составляющая их применения в машиностроении. Экономические аспекты развития российской индустрии в условиях глобализации 2/2014 / Материалы Международной научно-практической кон-

ференции кафедры «Экономика и организация производства». – М.: Университет машиностроения, 2014. – 421 с.

2. Секерин В.Д., Новикова Е.Н. Проблемы и пути решения утилизации отходов базальтового и минерального волокна. Экономические аспекты развития российской индустрии в условиях глобализации 5/2015, том 1 / Материалы Международной научно-практической конференции кафедры «Экономика и организация производства». – М.: Университет машиностроения, 2015. – 296 с.

### **Основы возникновения составляющих человеческого капитала**

Курицын А.В.

Университет машиностроения

8 (915) 027-77-83, jazz-monster@rambler.ru

*Аннотация.* В данной статье автор попытался систематизировать имеющуюся информацию о человеческом капитале и выделить главные его составляющие.

*Ключевые слова:* интеллектуальный капитал, человеческий капитал

Поводом для рассмотрения данной темы, стала проблема связанная с адаптацией человеческого капитала к быстроизменяющимся условиям высокотехнологичных отраслей хозяйства, вслед за развитием которых повысились и требования к квалификации кадров. На основе этого возникает необходимость в эффективном управлении человеческими ресурсами, как в интересах традиционных отраслей хозяйства так и в интересах инновационного развития. В свою очередь, для всестороннего изучения такого сложного объекта как человеческий капитал, необходимо проследить тенденцию развития, выделить главные его составляющие и дать определение.

Экономическая наука уделяла много внимания определению места человека в системе экономических отношений, прежде всего в процессе производства жизненных благ, их распределения и потребления. Известно, что производственный процесс основан на использовании способностей человека к трудовой деятельности, т. е. умение обращаться со средствами производства. По мере совершенствования орудий труда повышались и требования к базовым способностям работника, его знания и интеллект. С учетом этих обстоятельств рассматривались отношения, складывающиеся между предпринимателем и наемным работником. В совокупности эти факторы стали основой теории человеческих отношений, которая впоследствии трансформировалась в теорию человеческого капитала.

Историческое развитие концепции человеческого капитала явилось закономерным результатом мировой экономической и философской мысли. У истоков ее формирования стояли такие классики экономической мысли как: У. Петти, А. Смит, Д. Рикардо, Дж. С. Милль, К. Маркс, и др. Так, У. Петти в своих трудах отмечал «представляется разумным, чтобы то, что мы называем богатством, имуществом или запасом страны и что является результатом прежнего прошлого труда, не считалось бы отличным от живых действующих сил, а оценивалось одинаково». Таким образом, У. Петти считал, что «живые действующие силы, являются не только частью природного дара, но и результатом деятельности общества [4].

А. Смит в своей работе «Исследования о природе и причине богатства народа» отмечал, что ведущая роль при производстве богатства принадлежит навыкам и способностям работника, а увеличение производительности труда зависит от его ловкости и умения и только впоследствии от улучшения машин и инструментов. Опыт людей, по его мнению включался в основной капитал общества: «такой элемент производства, который приносит прибыль или доход не поступая в обращение и не меняя владельца» [4, 8].

Представитель английской школы Дж. С. Милль рассматривал человека как цель, во имя которой существует богатство. «... Всякий продукт, который сочетает в себе и полезность, и способность к накоплению может выступать в качестве богатства. Мастерство, энергия и настойчивость рабочих страны в такой же мере считаются её богатством как их инструменты