

УДК 678.05

А. И. Шияев, соискатель, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова
П. Н. Мельников, аспирант, Воткинский филиал Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ФИЛЬЕРНОГО ПИТАТЕЛЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ВЫРАБОТКИ ВОЛОКНА

Работа посвящена экспериментальному исследованию влияния конструктивных особенностей многокомпонентного фильерного питателя из жаростойких материалов на производительность выработки волокна дуплексным способом. Приводится конструкция фильерного питателя и результаты исследования.

Ключевые слова: фильера, супертонкое волокно, производительность.

Известно, что основными параметрами расплавов базальтов при производстве базальтовых волокон являются: вязкость расплава, поверхностное натяжение, угол смачиваемости, скорость остывания и кристаллизации. При получении супертонкого волокна из минеральных расплавов дуплексным способом наиболее сложным элементом в технологическом цикле является фильерное устройство, определяющее во многом производительность и качество получаемых волокон. Анализ производительности системы «печь – фидер – фильерная пластина» показывает, что фильерная пластина является наиболее важным устройством, от которого зависит производительность процесса [1]. На основе проведенных исследований выполнены разработки фильерной пластины новой конструкции с более высокой производительностью и значительно более низкой стоимостью.

В отличие от классического способа вытягивания волокон через устройство из платинородиевого сплава процесс производства волокна производится через многокомпонентную фильерную конструкцию, представляющую композит из жаропрочной легированной стали, имеющих керамические вставки в отверстиях фильеры и термостойкое покрытие поверхности фильерной пластины карбонитридами титана. При использовании дорогостоящих платинородиевых сплавов стоимость производства базальтового волокна значительно возрастает в связи с безвозвратными потерями драгметалла, порядка 9...10 г на одну тонну продукции, что составляет 30...40 % себестоимости произведенного волокна. Стоимость базальтового сырья, напротив, составляет всего 3...5 % себестоимости производства. Применение жаростойких пластин в качестве фильерного питателя ограничивает срок его эксплуатации до 160...200 ч. Выход из строя достаточно дешевого питателя, который чаще всего происходит в результате механического разрушения, сопровождается значительными технологическими простоями при его замене. Для увеличения срока службы фильерной пластины предложено легировать сплав, из которого она изготовлена, незначительным, до 5 %, содержанием циркония.

Стали, легированные цирконием, не теряют необходимой вязкости в широком интервале температур, они хорошо сопротивляются ударным нагрузкам. Первым потребителем металлического циркония была черная металлургия. Цирконий оказался хорошим раскислителем. По раскисляющему действию он превосходит даже марганец и титан [2]. Одновременно цирконий уменьшает содержание в стали газов и серы, присутствие которых делает ее менее пластичной. Поэтому цирконий добавляют при изготовлении жаростойких сплавов и броневых плит. При этом, вероятно, учитывается и тот факт, что добавки циркония положительно сказываются и на прочности стали. Если образец стали, не легированной цирконием, разрушается при нагрузке около 900 кг, то сталь той же рецептуры, но с добавкой всего лишь 0,1 % циркония выдерживает нагрузку уже в 1600 кг. Незначительные добавки циркония повышают теплостойкость алюминиевых сплавов, а многокомпонентные магниевые сплавы с добавкой циркония становятся более коррозионно устойчивыми. Цирконий повышает стойкость титана к действию кислот. Коррозионная стойкость сплава титана с 14%-м Zr, в 5%-й соляной кислоте при 100 °С в 70 раз выше, чем у технически чистого титана. Иначе влияет цирконий на молибден. Добавка 5 % циркония удваивает твердость этого тугоплавкого, но довольно мягкого металла [3].

Расплавы базальтов, пригодные для производства базальтового волокна, имеют достаточно высокую вязкость. Расплав в фильерах переходит из жидкого купруго-вязкому состоянию, и его вязкость резко изменяется в сторону существенного увеличения. Проведены исследования по оценке производительности фильерных пластин на 300 фильер при различных уровнях расплава, температурах расплава на входе в фильерный питатель, различных температурах самого фильерного поля. Данные этих исследований свидетельствуют, что уровень расплава не является одним из определяющих факторов для оценки производительности фильеры. Но в то же время уровень расплава базальтов влияет на температуру расплава и его вязкость на входе в фильерную пластину [4].

В процессе получения базальтового волокна происходит нежелательное явление – растекание расплава по фильерному полю фильерной пластины. На платинородиевых пластинах это явление выражено слабо. Однако при использовании фильерных пластин из жаростойких сплавов заплывание поля пластины протекает очень интенсивно и зачастую приводит к приостановке процесса вытягивания нитей. Из этого следует, что при производстве волокна очень важен такой показатель, как угол смачиваемости расплавом базальта поверхности фильерного питателя. Расплав нейтрального стекла, в составе которого отсутствуют соединения железа, характеризуется практически одинаковым значением краевого угла смачиваемости, тогда как значение этого показателя для базальтов, имеющих в своем составе до 15 % соединений железа, с увеличением температуры от 1250 до 1350 °С уменьшается практически в пять раз, что способствует интенсивному растеканию расплава по пластине (рис. 1).

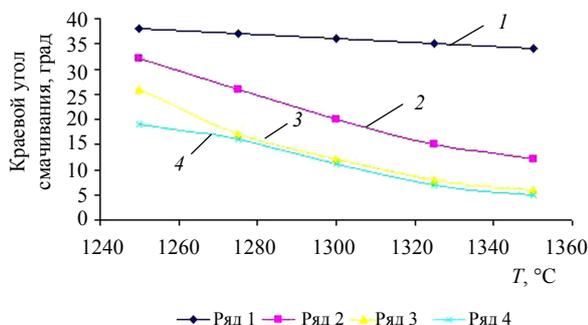


Рис. 1. Зависимость краевого угла смачивания материала пластины расплавом от температуры: 1 – стекло; 2 – андезитобазальт; 3 – базальт; 4 – диабаз

Это подтверждается и результатами промышленных экспериментов. Кроме того расплав базальта представляет из себя значительно более агрессивную среду, чем нейтральное стекло, что приводит к увеличению диаметра отверстий при прохождении расплава. Рекомендуется к применению фильерный питатель новой конструкции, изображенный на рис. 2.

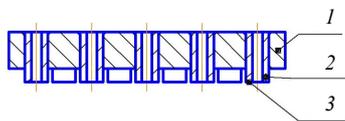


Рис. 2. Конструкция питателя, оснащенного жаростойкими вставками: 1 – корпус; 2 – керамическая вставка; 3 – покрытие

Данный питатель имеет керамические вставки из диоксида циркония, полностью стабилизированного оксидом иттрия (марка ДС-1, ТУ 95 2782-2001), который устойчив при повышенной температуре (2680 °С) к действию агрессивных сред [5, 6, 7, 8]. Вставки имеют цилиндрическую форму с наружным диаметром 5 мм, внутренним диаметром 2,2 мм и длиной 11 мм. С целью соблюдения технологии

изготовления керамики стенки вставки имеют небольшую конусность с углом 30°. Для снижения угла смачивания поверхность фильерной пластины рекомендуется защитить покрытием из карбонитрида титана. Такое покрытие обеспечивает низкий угол смачивания, около 50°, что влияет на стойкость к заплыванию фильерного поля пластины. Этот факт был подтвержден экспериментально: покрытие обеспечило стабильность вытягивания нитей до тех пор, пока не произошло полного разрушения поверхности покрытия из нитрида титана или нитрида циркония.

Для обеспечения большей стойкости к окислению на воздухе поверхности покрытия, которое начинается с температуры, превышающей 700 °С, рекомендуется производить карбонизацию покрытия при температуре 2000 °С плазменным способом [9]. Это обеспечит стойкость покрытия на период механического разрушения пластины из жаропрочного сплава увеличивая ресурс ее работы в 2...4 раза.

Производительность 300-фильерного питателя составляет 12,0...20,0 кг волокна в час. Основным фактором, влияющим на производительность фильерной пластины, является количество одновременно и стабильно работающих отверстий фильеры. Образование крупных капель на 10 % отверстий не только снижает пропорционально производительность, но и приводит к заплыванию части фильерного поля в результате смачивания его расплавом базальта, и процесс вытягивания приостанавливается до механической прочистки этого поля. Прочистка отверстий производится вручную стеклянными палочками до образования новых капель и вытягивания вручную новых нитей. Применение нового фильерного питателя показало, что снижение смачиваемости значительно увеличило время до заплывания, что, в свою очередь, увеличило суточную производительность на 35...40 % и снижение трудоемкости процесса производства операторов. Применение керамических вставок позволило иметь на весь период работы фильерной пластины не только неизнашиваемые откалиброванные отверстия необходимого диаметра, обеспечивающие стабильность диаметра вытягиваемых нитей и, следовательно, более высокое качество производимой продукции, но и сохранить на более длительный срок нитрид-титановое покрытие пластины. Общее время работы многокомпонентной пластины составило 550 часов, что незначительно увеличило ресурс жаростойкого питателя из жаропрочной стали, но позволило увеличить качество и количество выпущенной продукции за тот же период с 2369 до 3638 кг супертонкого базальтового волокна.

Выводы

Для замены дорогостоящих платинородиевых пластин при производстве супертонкого базальтового волокна необходимо использовать жаропрочные сплавы, легированные 5 % циркония. Применять в отверстиях вставки из низкопористой высокотемпературной керамики на основе диоксида циркония. Поверхность пластины, покрытую нитридами титана, необходимо упрочнять покрытием из карбосили-

цида. Нанесение защитных покрытий необходимо производить на установках УНИП 700 ДК магнетронного ионоплазменного напыления, толщина защитных пленок 1...5 мкм.

Библиографические ссылки

1. Шильяев А. И. Определение рациональных условий вытягивания первичных нитей при производстве волокна из базальтового сырья дуплекс-способом // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2011. – № 3(31). – С. 174–179.
2. Цирконий и гафний России: современное состояние, перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы / Л. З. Быховский [и др.] // Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая. – 2007. – № 23.

3. Архипова Н. А. 2002 (ИМГРЭ). – URL: <http://n-t.ru/ri/ps/pb040.htm>
4. Шильяев А. И. Исследование вихревого датчика уровня расплава // Современные проблемы машиностроения : Тр. V Междунар. науч.-техн. конф. – Томск : Изд-во Том. политех. ун-та, 2010. – С. 513–516.
5. Самсонов Г. В. Нитриды. – Киев, 1969.
6. Том Л. Карбиды и нитриды переходных металлов : пер. с англ. – М., 1974.
7. Самсонов Г. В., Винницкий И. М. Тугоплавкие соединения : справочник. – 2-е изд. – М., 1976.
8. Левинский Ю. В. Свойства, получение и применение тугоплавких соединений : справочник / под ред. Т. Я. Косолаповой. – М., 1986.
9. Асанов Б. У., Макаров В. П. Нитридные покрытия, полученные вакуумно-дуговым осаждением. – URL: <http://www.krsu.edu.kg/vestnik/2002/v2/a01.html>

A. I. Shilyaev, Applicant, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
P. N. Melnikov, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Votkinsk branch

Investigation of Influence of Bushing Feeder Structural Features on Fiber Production Rate

The paper is devoted to experimental investigating the influence of multi-component bushing feeder structural features on the fiber production rate. The parameters that determine the performance of the die are: characteristics and the level of melt viscosity and temperature of the melt directly at the entrance to the feeder plate, the temperature of the feeder field, the degree of cooling of the melt and feeder field refrigerator, the parameters of the drum (diameter, length and resistance to the passage of the melt through the Spinneret), the diameter of produced fibers and speed drawing of fibers.

Key words: bushing, super thin fibers, production output rate.

УДК 621.9.06

С. С. Кугаевский, кандидат технических наук, доцент, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ЗАДАЧЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Рассмотрен процесс формирования конструктивно-технологических элементов (КТЭ) при обработке машиностроительной детали на металлорежущих станках. Эти элементы образуют текущее состояние заготовки на данной технологической операции.

Ключевые слова: техническая система, конструктивно-технологический элемент, состояние заготовки, технология механической обработки.

Основным направлением конструкторского моделирования изделий машиностроения в последние годы является массовый переход от разработки 2D электронных моделей чертежей деталей к проектированию объемных 3D-моделей. Наибольшее распространение получили твердотельные модели, которые охватывают более 75 % конструкций машиностроительных деталей. При технологическом проектировании также используются компьютерные модели деталей, но объединение поверхностей в группы производится по другим принципам, учитывающим особенности технологии изготовления.

В работе [1] введено понятие модуля поверхностей (МП), под которым понимается сочетание поверхностей, предназначенных выполнять соответствующую служебную функцию детали и придавать детали кон-

структивную форму, обусловленную требованиями эксплуатации и изготовления. Если рассматривать служебное назначение поверхностей детали, то сочетание этих поверхностей можно объединить в модули поверхностей: базисные (МПБ), рабочие (МПР), связующие (МПС). Деталь, в которую модули поверхностей включены как структурные элементы, может рассматриваться как сложная техническая система, для которой применимы методы системного анализа. Такой подход весьма полезен при конструкторском проектировании, но выделенные модули поверхностей не могут быть использованы в качестве структурных элементов технологического процесса.

Структура технологического процесса

Технологический процесс изготовления детали как объект проектирования также можно рассматривать как сложную техническую систему. Многое