

УДК 574.5

**И.В. Анциферова, А.И. Зенков**

**I.V. Antsiferova, A.I. Zenkov**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет  
Perm National Research Polytechnic University

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ АСПЕКТОВ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ  
ВЫСОКОПОРИСТОГО ПРОНИЦАЕМОГО ЯЧЕИСТОГО  
МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ХРОМАЛЯ**

**IDENTIFICATION OF POTENTIALLY DANGEROUS ASPECTS  
OF THE PROCESS OF OBTAINING HIGHLY POROUS  
PERMEABLE CELLULAR MATERIAL ON THE HROMAL BASIS**

С использованием техники менеджмента качества и техники по оценке риска с учетом специфики производства проведена идентификация технологических аспектов, приводящих к возникновению дефектов, брака при производстве высокопористого проницаемого ячеистого материала на основе хромалюминия, а также проведена оценка воздействия ультрадисперсных порошков на окружающую среду и персонал, в результате которой можно принять объективные управленческие решения, направленные на постоянное улучшение процесса.

**Ключевые слова:** менеджмент качества, ультрадисперсные порошки, функциональное моделирование, шликерный способ, диаграмма Парето, ранжирование.

The article shows how to use quality management techniques and technology of risk assessment, taking into account the specifics of the production were identified by the technological aspects that lead to the appearance of defects in the production of highly porous marriage permeable porous material based on hromal, and an assessment of the impact of ultrafine powders of environmental environment and staff, as a result of which it is possible to make objective management decisions to continually improve the process.

**Keywords:** quality management, ultrafine powders, functional modeling, slip way, Pareto chart, ranking.

Система всеобщего менеджмента качества в настоящее время практически неразрывно связывается в цивилизованных странах с качеством и экологической безопасностью продукции. Экологический менеджмент и менеджмент качества понимаются как составная часть всеохватывающей системы, всеобщего менеджмента качества (рис. 1).



Рис. 1. Области всеобщего менеджмента качества

Объем и содержание менеджмента качества, а также мероприятия по планированию, управлению, обеспечению и улучшению качества описаны в специальных руководствах по менеджменту качества. Внедрение менеджмента качества успешно осуществляется в рамках системы управления качеством окружающей среды. Важнейшими принципами этой системы являются:

- взаимосвязь всех действий по обеспечению качества;
- единодушное, целенаправленное планирование и проведение этих мероприятий и управление ими на предприятии.

Получить сертификат соответствия качества продукции экологическим стандартам можно лишь тогда, когда экологическим требованиям будет соответствовать вся технологическая цепочка ее изготовления, начиная с подготовки сырья и заканчивая последней технологической операцией. А для этого должна эффективно работать система экологического менеджмента [1].

В качестве основного фактора анализа выбираем внешние и внутренние требования к качеству процесса. Внешние требования устанавливаются, например, законами и нормативными документами, а также требованиями заказчика к сырью и материалам, эмиссии, производственной безопасности, возможности переработки отходов и экономичности.

Технологический процесс включает в себя прием в работу заготовок пенополиуретана, порошков, химических реактивов и материалов; подготовку щелочного раствора и щелочную обработку пенополиуретана; приготовление раствора поливинилового спирта; размол лигатуры X52A20 до необходимого размера и приготовление смеси металлических порошков лигатуры, железа и кобальта; приготовление суспензии смеси порошков лигатуры, железа

и кобальта; нанесение шликерного покрытия на поверхность пенополиуретановой подложки; сушку и термообработку заготовки со шликерным покрытием; удаление структурообразующей пенополиуретановой подложки и ВМС-связки; окончательное спекание заготовки; деформацию спеченной заготовки; механическую обработку, калибровку ВПЯМ-пластин.

Для получения ВПЯМ-сплавов сложного состава пригодны шликерный и комбинированный способы. Основные достоинства шликерного формования – возможность получения ВПЯМ с пористостью 85–96 % строго заданного состава с высокой гомогенностью и однородностью микроструктуры и макроструктурой, подобной структуре пенополиуретана, т.е. с диаметрами открытых ячеек от 0,6 до 5 мм. Состав матрицы ВПЯМ полностью определяется составом использованного порошка или смеси порошков. Недостатком способа является то, что существуют ограничения на размеры получаемых изделий. Связаны они с величиной неизбежной усадки заготовок при спекании и с возрастающими при увеличении габаритов короблениями и деформациями.

Идентификация потенциальных несоответствий в процессе производства и выделение проблемных вопросов в работе по контролю качества с помощью методологии функционального моделирования представлены в виде функциональной модели. В моделях (рис. 2, 3) описан процесс производства изделий методом порошковой металлургии.

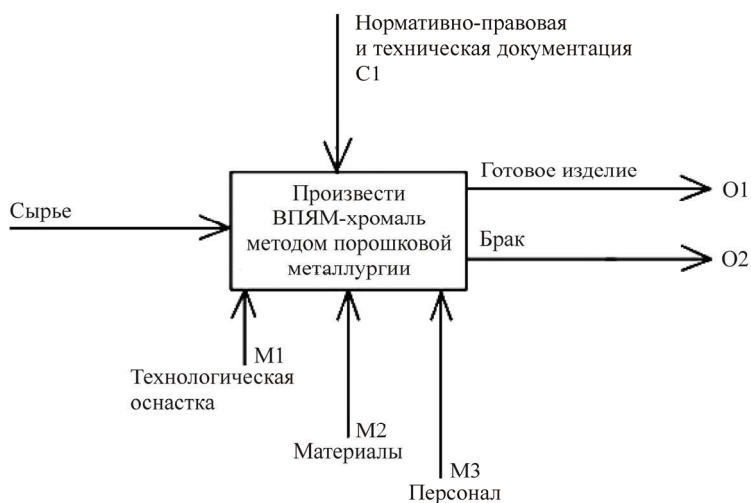


Рис. 2. Модель А-0

Ввиду того, что основное количество брака наблюдается на стадии спекания, детально будет рассмотрен только узел операции спекания порошков (рис. 4).



Рис. 3. Модель А-1

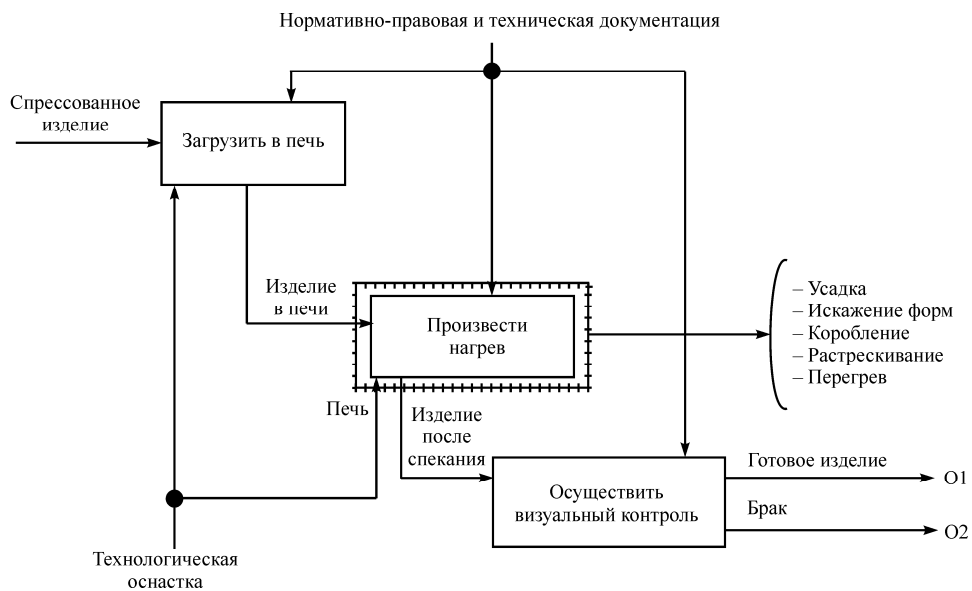


Рис. 4. Модель узла спекания порошков

Спекание – термическая обработка, которой подвергаются изделия из порошков. Операция спекания состоит в нагреве и выдержке при  $T = (0,7 - 0,8)T_{\text{плав}}$ . Спекание изделий, спрессованных из порошка, проводится в среде защитного газа или в вакууме. Применение защитных атмосфер предохраняет спекаемые материалы от окисления в процессе термической обработки, а также приводит к восстановлению оксидных пленок, имеющих на поверхности частиц. Окисление при спекании нежелательно, так как процесс уплотнения и упрочнения спекаемых брикетов тормозится при образовании на поверхности частиц оксидных пленок.

Визуальный контроль изделий производят на предмет наличия следующих типов брака: расслоение деталей, искажение формы, перегрев, растрескивание, крошение, усадка и др.

По результатам функционального моделирования технологического процесса составлен перечень технологических аспектов:

Функциональный блок	Воздействие
Наименование	
Произвести спекание	Усадка
	Искажение формы
	Растрескивание
	Пористость покрытия
	Перегрев
	Разрушение структуры материала

При выполнении рекомендованных условий спекания состав и свойства ВПЯМ полностью определяются составом использованного порошка или смеси порошков, поэтому более подробно была рассмотрена операция смешивания.

Для приготовления смеси использовали порошки карбонильного железа марки Р-20, кобальта и лигатуры, окончательно размолотой на вибрационной мельнице до фракции 1,1–1,2 мкм. Порошки карбонильного железа марки Р-20, кобальта и лигатуры смешивались в процентном соотношении 68,5:1,5:30. Смешивание порошков производили в конусном смесителе с добавлением перемешивающих тел. Использовались перемешивающие тела в виде Г-образных пластин, изготовленных из нержавеющей стали, толщиной 1–2 мм с размерами заготовок 10–15 мм на 40–50 мм. Заполнение смесителя порошками осуществлялось на 1/4 его рабочего объема. Перемешивающие тела добавлялись до заполнения смесителя на 1/3 его объема.

Были проведены исследования по оптимизации времени смешивания в зависимости от плотности утряски, оно составило 26 ч, при этом достигается плотность утряски 4,4 г/см<sup>3</sup>. При меньшем времени смешивания не проис-

ходит выравнивания концентрации легирующих элементов по объему, а при увеличении времени смешивания происходит седригация с последующим уменьшением плотности утряски. После смешивания порошков отделяли мелющие тела, смесь просеивали на сите 50 мкм и контролировали плотность утряски (ГОСТ 25279–82).

Равномерность смешивания контролировали на микроанализаторе MAP. Для этого определяли концентрацию хрома и кобальта у пяти проб, взятых из различных объемов смесителя. В случае отличия концентраций более чем на 5 % смешивание повторяли.

Использование анализа Парето дает нам представление о том, при каких операциях наблюдаются наибольшее число дефектов. Вторым основным инструментом управления качеством является причинно-следственная диаграмма Ишикавы.

Выделим наиболее существенные факторы, влияющие на протекание процесса производства ВПЯМ:

- наличие инородных тел в порошке;
- неполно определены требования к порошкам по дисперсности и морфологии;
- неправильно установлены режимы обработки порошков;
- нет обеспечения седиментационно устойчивой суспензии на стадии получения заготовки, а также диффузии элементов в получении однородного материала на стадии спекания;
- опыт и трезвость исполнителя.

Для исследования влияния ультрадисперсных порошков на окружающую среду и персонал используем новый технический отчет ISO/TR 13121 [2]. Пошаговый характер оценки риска, изложенный в проекте ISO/TR 13121, в сжатом виде может быть представлен следующим образом:

Шаг № 1. Описание материала и его ожидаемого применения. Описывается воздействие материала на объекты на различных стадиях его жизненного цикла (изготовление, использование и утилизация). В этой части проект ISO/TR 13121 рекомендует применять уже принятые стандарты ISO 14040:2006 и ISO 14044:2006, касающиеся методологии «оценка жизненного цикла».

Шаг № 2. Описание профилей материала. Этот шаг определяет процесс, позволяющий пользователю разработать набор из трех профилей:

- 1) физические и химические свойства;
- 2) опасные факторы воздействия наноматериала на окружающую среду, здоровье и безопасность в целом;
- 3) характер потенциального воздействия на человека и окружающую среду на всем его жизненном цикле.

Шаг № 3. Оценка риска. На этом этапе полученная при изучении и разработке профилей информация подлежит оценке, чтобы охарактеризовать природу рисков.

Шаг № 4. Оценка вариантов управления рисками. Пользователь оценивает, как следует управлять найденными в шаге № 3 рисками, и выбирает возможные варианты действий, которые могут включать в себя, например, замену материала, мероприятия по контролю рисков на стадии проектирования изделия, применение защитного оборудования, модификацию продукта или процесса.

Шаг № 5. Принятие решения и документирование. На этом этапе решается вопрос, следует ли продолжать разработку (производство) данного материала.

Шаг № 6. Обзор и адаптация. В результате регулярно планируемых обзоров, а также обзоров, выполнение которых инициировано внеплановыми событиями, возможен пересмотр результатов сделанной ранее оценки риска.

В хромале присутствует дисперсный порошок железа (порядка 17–30 %). Железо обладает слабой токсичностью, но в больших дозах может вызвать нарушение системы свертывания крови. Хром, присутствующий в хромале (23–27 %), является высокотоксичным элементом: его ПДК в воздухе рабочей зоны 3 мг/л.

Действие кобальта на организм сопровождается раздражением кожи или слизистой оболочки, поражаются верхние дыхательные пути, легкие, глаза. Установлено, что порошки имеют средний уровень потенциальной опасности, поэтому на данной стадии проводились некоторые виды специальных исследований [3].

Было исследовано влияние нанопорошков кобальта на функциональные системы организма человека. В ходе исследования проведены:

- опрос по системам органов при помощи специальной анкеты,
- исследование по системам органов,
- консультации окулиста, невропатолога, отоларинголога, рентгенолога,
- лабораторные исследования: общий анализ крови, титр антител к нор-адреналину на мембранах лимфоцитов.

Изучение заболеваемости и состояния функциональных систем организма сотрудников, имеющих постоянный контакт с ультрадисперсными порошками, подтверждают предположение о преимущественном воздействии этих порошков на респираторную и сердечно-сосудистую системы. Эпизодический контакт с порошками металла вызывает лишь некоторое увеличение количества случаев вегетососудистой дистонии, поражения бронхиального дерева не наблюдается.

Также хромаль пожаро- и взрывоопасен при контакте со многими органическими веществами, поэтому нельзя допускать попадания этого химического вещества в окружающую среду.

В процессе сухого измельчения частиц, просеве в воздух попадает большое количество пыли, поэтому необходимо осуществлять мокрое измельчение. В процессе мокрого измельчения хром попадает в сточные воды, следовательно, необходимо ставить фильтры. Зависимость токсичных свойств связана с pH среды. ПДК хрома в атмосферном воздухе не должна превышать 0,0015 мг/м<sup>3</sup>.

Если потенциальная опасность не может быть уменьшена, необходимо внедрение инженерного контроля. Тип контроля должен учитывать информацию о потенциально опасных свойствах рассматриваемого материала, его продуктов и полупродуктов. Основу таких инженерных мероприятий составляет изоляция источника образования частиц от рабочих и установка локальных систем вентиляции.

В основе приобретения трудовых навыков лежит знание о потенциальных опасностях на рабочем месте и действий, направленных на их предотвращение. Такие процедуры должны периодически пересматриваться и обновляться. Действия, предпринимаемые для улучшения условий работы, должны постоянно доводиться до сведения работников.

### **Список литературы**

1. Трошин В.И. Интегрированные системы менеджмента – что это такое // Стандарты и качество. – 2002. – № 11. – С. 10–13.
2. Хохлявин С. Стандартизация – поддержка исследований в нанотехнологиях // Наноиндустрия. – 2010. – № 2. – С. 12–18.
3. Методологические проблемы изучения и оценки био- и нанотехнологии // Материалы пленума Научного совета по экологии человека и окружающей среды РАН и Миндравсоцразвития Российской Федерации / под редакцией академика РАН Ю.А. Рахманина. – М., 2009. – С. 45–49.

Получено 3.09.2012

**Анциферова Ирина Владимировна** – доктор технических наук, профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: iranciferova@yandex.ru).

**Зенков Алексей Игоревич** – аспирант, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: zenkov362@mail.ru).



**Antciferova Irina Vladimirovna** – Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av.,  
29, e-mail: Iranciferova@yandex.ru).

**Zenkov Alexey Igorevich** – Postgraduate Student, Perm National Research  
Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail:  
Zenkov362@mail.ru).