

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
БЕЛАРУСЬ

Витебский государственный технологический  
университет

УДК 621.762

№ госрегистрации 1999285

Инв. № \_\_\_\_\_



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке ВГТУ

С.М. Литовский

\_\_\_\_\_ 1999 г.

ОТЧЕТ

о научно-исследовательской работе

*«Разработка и исследование процессов изготовления композиционных  
материалов и изделий на основе сырьевых запасов РБ и отходов  
производства»*

99-ВПД-013

(заключительный)

Научный руководитель

Начальник НИСа



КЛИМЕНКОВ С.С.

БЕЛИКОВ С.А

ВИТЕБСК  
1999

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель работы

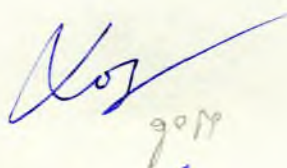
д.т.н., профессор



С.С. Клименков

Исполнители:

к.т.н., доцент



В.М. Ходьков

к.т.н., доцент



В.В. Пятов

старший преп.



О.Н. Ахтанин

старший преп.

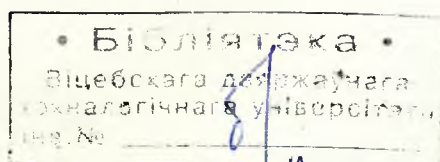


В.В. Савицкий

Нормоконтролер



Н.Н. Матвеева



Библиотека ВГТУ



## РЕФЕРАТ

Отчет 128 с., 43 рис., 2 фото, 11 табл., 97 источников.

ШНУР ПОРОШКОВЫЙ, НАПЫЛЕНИЕ, ПОКРЫТИЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИЕ, ЭКСТРУЗИЯ, МУНДШТУЧНОЕ ПРЕССОВАНИЕ, НЕПРЕРЫВНОЕ ФОРМОВАНИЕ, ПЛАСТИФИЦИРОВАННАЯ ПОРОШКОВАЯ КОМПОЗИЦИЯ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ, ОТХОДЫ ОБУВНОГО ПРОИЗВОДСТВА, ТЭП, ПВХ, ПОЛИУРЕТАН, ОБУВНОЙ ПЛАСТИКАТ, ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ДЕСТРУКЦИЯ, ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЬ, ЦИКЛОН, ВИНТОВОЙ ВОЗДУШНЫЙ ПОТОК, БИЕНИЕ, ВИБРАЦИЯ, ТРЕНИЕ, ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ.

Объектом исследования являются процессы изготовления композиционных материалов и изделий на основе сырьевых запасов РБ и отходов производства

Цель работы — предложить новые способы выделения и классификации частиц в процессе очистки воздушных выбросов; изучить влияние выделения тепла в зоне резания при шлифовании композиционных материалов на образование трещин (при наличии биения и вибрации кругов); теоретически исследовать процесс формования армированного порошкового шнура; разработать технологию формования армированного порошкового шнура для плазменной наплавки; разработать технологию формования композиционных материалов в виде полос из отходов производства.

Результаты данной работы предполагается использовать для разработки государственных бюджетных программ и хозяйственных договоров с предприятиями РБ.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>РАЗДЕЛ 1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМОВАНИЯ АРМИРОВАННОГО ПОРОШКОВОГО ШНУРА. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФОРМОВАНИЯ АРМСИРОВАННОГО ПОРОШКОВОГО ШНУРА ДЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ.....</i>		<i>05</i>
1.1.	СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ФОРМОВАНИЯ ПОРОШКОВЫХ ШНУРОВ.....	06
1.2.	ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ЭКСТРУЗИИ.....	16
1.3.	ЭКСТРУЗИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, АРМИРОВАННЫХ ДИСКРЕТНЫМИ ВОЛОКНАМИ.....	40
1.4.	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФОРМОВАНИЯ АРМИРОВАННОГО ШНУРА.....	69
1.5.	ЭКСТРУДЕР ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ПОРОШКОВОГО ШНУРА.....	69
 <i>РАЗДЕЛ 2. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФОРМОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВИДЕ ПОЛОС ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОВАНИЯ ПРОФИЛЕЙ ИЗ ОТХОДОВ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....</i>		<i>79</i>
2.1.	РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФОРМОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВИДЕ ПОЛОС ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА.....	79
2.2.	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМОВАНИЯ ПРОФИЛЕЙ ИЗ ОТХОДОВ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	89
 <i>РАЗДЕЛ 3. НОВЫЕ СПОСОБЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ ЧАСТИЦ В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ ВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ.....</i>		<i>98</i>
3.1.	УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА ОТ ПЫЛИ.....	98
3.2.	ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО.....	101
 <i>РАЗДЕЛ 4. ВЛИЯНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ТЕПЛА В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОБРАЗОВАНИЕ ТРЕЩИН.....</i>		<i>106</i>
4.1.	ТРЕНИЕ И ИЗНОС ФРИКЦИОННЫХ ПАР ПРИ ВИБРАЦИОННЫХ НАГРУЗКАХ.....	107
4.2.	НОРМАЛЬНО НАПРАВЛЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ, ВОЗБУЖДАЕМЫЕ ТРЕНИЕМ НЕСМАЗАННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ.....	107
4.3.	ВЛИЯНИЕ ВЫНУЖДЕННЫХ НОРМАЛЬНО НАПРАВЛЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ НА СИЛУ ТРЕНИЯ.....	109
4.4.	ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ.....	112
 <b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>		<b>120</b>

## **РАЗДЕЛ 1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОВАНИЯ АРМИРОВАННОГО ПОРОШКОВОГО ШНУРА. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФОРМОВАНИЯ АРМИРОВАННОГО ПОРОШКОВОГО ШНУРА ДЛЯ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ**

### **ВВЕДЕНИЕ**

Прогрессивной ресурсосберегающей технологией является восстановление деталей машин нанесением на изношенные поверхности нового металлического слоя вместо замены всей детали. После такой операции деталь восстанавливает свои размеры и форму, а эксплуатационные свойства ее могут даже улучшиться. Восстановление проводят наплавкой или напылением нового слоя.

Наиболее распространенным является газотермический метод напыления, при котором материал подают в зону нагрева, диспергируют струей газа и осаждают на обрабатываемой поверхности. В зависимости от источника теплоты различают электродуговую металлизацию, газопламенное, детонационное и плазменное напыление.

В зону нагрева распыляемый материал подают в виде проволоки, порошка или специально изготовленного порошкового шнура. Последний способ наиболее универсален и постепенно вытесняет остальные. Порошковый шнур представляет собой органическую связку, заправленную частицами необходимого для напыления материала. При распылении органика сгорает, а частицы наполнителя попадают на восстанавливаемую поверхность, упрочняя ее.

Порошковые шнуровые материалы формуют методами, основанными на экструзии: мундштучным прессованием или с использованием специализированных устройств. Из последних наибольшее распространение получили устройства, реализующие т. н. conform-метод, при котором порошковый материал уплотняется в канале вращающегося диска, прижатого неподвижным башмаком, под действием сил трения.

К сожалению, это технологии зарубежного происхождения. На Беларуси производство порошковых шнуров отсутствует, приходится их покупать за валюту. В странах ближнего зарубежья есть только одно Российско-Французское совместное предприятие «Технокорд», производящее конкурентоспособную продукцию. В связи с этим, разработка отечественной

технологии изготовления порошковых шнуров для газотермического нанесения покрытий представляется весьма актуальной.

## 1.1. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ФОРМОВАНИЯ ПОРОШКОВЫХ ШНУРОВ

Порошковые шнуровые материалы изготавливают методом экструзии, причем наиболее прогрессивные технологии основаны на высокопроизводительных непрерывных методах формования. При непрерывных методах формования порошков используют один из двух приемов, увеличивающих их пластичность: нагрев или пластификацию. Горячая экструзия используется для высокопластичных металлических порошков, в производстве шнуровых материалов не применяемых. В то же время метод пластификации, при котором хрупкие порошки, используемые для упрочнения деталей машин, смешиваются с пластичным связующим, представляется весьма эффективным и находит все более широкое применение в мировой практике. Такая композиция, обладающая высокой пластичностью, легко формуется и высушивается, приобретая необходимую прочность и гибкость.

### 1.1.1. Теория непрерывного формования пластифицированных порошковых композиций

В порошковой металлургии пластифицированные материалы применяют сравнительно недавно и теория их деформации практически неразвита. Такие материалы плохо описываются уравнениями, используемыми при описании процессов прессования непластифицированных порошков, так как обладают совсем непохожими реологическими и триботехническими свойствами. В связи с этим разработка теории формования пластифицированных порошковых материалов, позволяющая грамотно проектировать экструзионный инструмент, представляется весьма актуальной.

Пластифицированный порошок принципиально отличается от обычного тем, что состоит из двух существенно различающихся по своим свойствам составляющих: твердых и прочных частиц и мягкого пластификатора. На