

Министерство образования республики Беларусь
Учреждение образования
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 621.762

№ госрегистрации 2001394

Инв. № _____



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке УО «ВГТУ»

С.М. Литовский

12 2004 г.

ОТЧЕТ

о научно-исследовательской работе

**"Разработать научные и технологические основы экструзии
высокопластифицированных порошковых композиций"**

Этап 4

**Разработать технологию изготовления порошковых
шнуров для газотермического нанесения покрытий**

Заключительный

2001-Г/Б-292

Научный руководитель: к.т.н., доц.

В.В. Пятов


Начальник НИСа

С.А. Беликов

13.12.04

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель работы, к.т.н., доц.


13.12.2004

В.В. Пятов

Исполнители:

Аспирант

П.В. Станкевич


Аспирант

П.М. Фомин

Младший научный сотрудник

И.В. Пятова

Младший научный сотрудник


13.12.2004,

Т.А. Беликова



РЕФЕРАТ

Отчет заключительный 54 с., 17 рис., 10 таблиц, 77 источников. ШНУР ПОРОШКОВЫЙ, НАПЫЛЕНИЕ, ПОКРЫТИЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИЕ, ЭКСТРУЗИЯ, МУНДШТУЧНОЕ ПРЕССОВАНИЕ, НЕПРЕРЫВНОЕ ФОРМОВАНИЕ, ПЛАСТИФИЦИРОВАННАЯ ПОРОШКОВАЯ КОМПОЗИЦИЯ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ.

Объектом исследования являются порошковые шнуровые материалы для газотермического нанесения покрытий. Описаны основные методы получения таких материалов, их химический состав и технологические свойства, способы и устройства для формования шнуров, исследованы процессы мундштучного и шнекового формования пластифицированных порошковых композиций.

Цель работы — теоретическое и экспериментальное исследование процесса экструзии пластифицированных порошков и создание на этой основе технологии изготовления порошковых шнуров для газотермического нанесения покрытий.

В процессе выполнения работы был проведен аналитический обзор технологий изготовления порошковых шнуров, используемых в мировой практике. Отмечено, что в Республике Беларусь отсутствует промышленное производство шнуровых материалов и, в то же время, метод газотермического нанесения покрытий используется достаточно широко. Такая ситуация вынуждает либо применять для напыления менее эффективные материалы (обычную проволоку и порошки), либо покупать шнуровые материалы за рубежом.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработана новая экологически безопасная ресурсосберегающая технология, опирающаяся на ряд изобретений сотрудников УО «ВГУ». Эта технология может стать основой производства отечественных порошковых шнуровых материалов. Предложены оригинальные составы порошковых композиций, усовершенствованы методы формования и устройства для их реализации.

Изготовлена экспериментальная партия шнуров, прошедшая испытания на Витебском мотороремонтном заводе. Исследование свойств полученных покрытий позволяет утверждать, что они не уступают лучшим зарубежным аналогам и требуют значительно меньших затрат.

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ.....	2
РЕФЕРАТ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ И ДОСТИЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ ФОРМОВАНИЯ ПОРОШКОВЫХ ШНУРОВ.....	6
1.1. Способы экструзии порошковых материалов.....	6
1.1.1. Мундштучное прессование.....	6
1.1.2. Формование шнеком.....	7
1.1.3. Инжекционное прессование.....	13
1.1.4. Комбинированные способы экструзии.....	14
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ДЕФОРМАЦИИ МАТЕРИАЛА ПРИ ФОРМОВАНИИ ШНУРА МЕТОДОМ ЭКСТРУЗИИ.....	16
2.1. Допущения и ограничения.....	16
2.2. Уплотнение пластифицированного порошка.....	17
2.2.1. Уплотнение материала в канале.....	18
2.2.2. Распределение напряжений в поперечном сечении канала..	21
2.2.3. Уплотнение пластифицированного порошка в цилиндрической прессформе.....	23
2.3. Экструзия уплотненного материала.....	25
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМОВАНИЯ ПОРОШКОВЫХ ШНУРОВЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	30
3.1. Экспериментальная установка для исследования процесса экструзии шнуров.....	30
3.2. Исследование диапазона рабочих скоростей шнека.....	32
3.3. Измерение коэффициента окружного проскальзывания материала	37
ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ ШНУРОВ ДЛЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ.....	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	48

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 шнуры 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 порошок уплотняется в канале вращающегося диска, прижатого неподвижным башмаком, под действием сил трения.

В Республике Беларусь отсутствует промышленное производство шнуровых материалов и, в то же время, метод газотермического нанесения покрытий используется достаточно широко. Такая ситуация вынуждает либо применять для напыления менее эффективные материалы (обычную проволоку и порошки), либо покупать шнуровые материалы за рубежом.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили разработать технологию изготовления порошковых шнуров, заключающуюся в приготовлении связующего состава, заправке его необходимыми для напыления порошками, экструзии шнура на специально оборудованном шнековом прессе и сушке изделия. Было изготовлено оригинальное устройство для формования шнуров методом экструзии, конструкция которого признана изобретением [1]. Параллельно проведены исследования возможности использования местных природных ресурсов для наполнения шнуров необходимыми элементами [2] – [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пат. 4116 С2 ВУ, МПК В 22F 3/20. Устройство для формования порошковых шнуров / А.Н. Красновский, В.В. Пятов, О.Н. Ахтанин, К.С. Матвеев, В.В. Савицкий. — № а 19980683; Заявлено 20.07.98; Опубл. 30.09.01 // Официальный бюллетень Государственного патентного ведомства Республики Беларусь.— 2001.— № 3. — С. 111.
2. Разработка и исследование процессов изготовления композиционных материалов и изделий на основе сырьевых запасов РБ и отходов производства: Отчет о НИР 99-ВПД-013; № ГР 1999285 / С.С. Клименков, В.М. Ходьков, В.В. Пятов, О.Н. Ахтанин, В.В. Савицкий. — Витебск: ВГТУ, 1999.
3. Разработка технологии получения металлических порошков для восстановления деталей машин: отчет о НИР 187 / С.С. Клименков, В.В. Пятов и др. — ВГТУ, 1995.
4. А.с. 557875 СССР. Устройство для прокатки порошков / В.П. Северденко, А.В. Степаненко, Л.А. Исаевич. — 1977. — Бюл. № 18.
5. Виноградов Г.А., Радомысельский И.Д. Прессование и прокатка металлокерамических материалов. — М.-Киев: Машгиз, 1963. — 200 с.
6. Степаненко А.В., Исаевич Л.А. Непрерывное формование металлических порошков и гранул. — Мн.: Наука и техника, 1980. — 256 с.
7. Афенченко О.Г. Клиновое прессование металлических порошков // Порошковая металлургия. — 1964. — № 4.
8. А. с. 1627322 СССР, МКИ В 22 F 3/10. Устройство для получения спеченных порошковых изделий / С.С. Клименков, К.С. Матвеев, В.В. Пятов, А.Н. Красновский. — № 4477065/02; Заявлено 20.06.88; Опубл. 15.02.91, Бюл. № 6 // Открытия. Изобретения. — 1991. — № 6. — С. 35.
9. Степаненко А.В., Исаевич Л.А., Веремейчик А.А. Непрерывное формование труб из металлических порошков // Порошковая металлургия. — 1983. — № 11. — С. 12 — 17.
10. А.с. 664751 СССР. Способ формования трубных заготовок из порошков / В.П. Северденко, А.В. Степаненко, Л.А. Исаевич. — БИ. — 1979. — № 20.
11. А.с. 952439 СССР. Устройство для непрерывного формования труб из порошка / А.В. Степаненко, Л.А. Исаевич, А.А. Веремейчик. — БИ. — 1982. — № 31.
12. Wassink R.J. Klein. Continuous hot pressing of reactive materials. — High Temp. — High Pressure, 1971, 3. — № 4. — p. 411 — 418.
13. Okimoto Kunio, Shima Susumu, Oyane Moria. Соединение под давлением прессовок из металлических порошков. — Сосэй то како, J. Jap. Soc. Technol. Plast., 1977, 18. — № 195. — p. 319 — 324.
14. Груздев И.Э., Мирзоев Р.Г., Янков В.И. Теория шнековых устройств. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1978. — 144 с.
15. Дмитриев Л.М. Устройства для переработки пластических масс литьем под давлением. — М., 1964.

16. Ильинский Д.Я. Расчет и конструирование червячных машин для легкой промышленности. — М., 1965.
17. Королев К.М. Исследование ленточных шнековых прессов пластического формования керамических изделий. — М.: Машиностроение, 1960. — 210 с.
18. Геррман Х. Шнековые машины в технологии. — Л.: Химия, 1975. — 230 с.
19. Каплун Я.Б. Формующее оборудование экструдеров. — М.: Машиностроение, 1969.
20. Лукинов М.И. Производство керамических дренажных труб. — М.: Стройиздат, 1981. — 216 с.
21. Производство керамических канализационных труб / Зайонц Р.М. и др. — М.: Стройиздат, 1971.
22. Производство электрических кабелей и проводов с резиновой и пластмассовой изоляцией / О.Ш. Бабицкий и др. — М.: Высшая школа, 1972. — 400 с.
23. Сторож Б.Д., Грабчук Б.Л., Заверуха О.В. Формование многослойных изделий из материалов на основе тугоплавких соединений на вакуумном прессе // В кн.: Развитие методов формования изделий из порошков. — Киев: Наук. Думка, 1976. — С. 151 — 155.
24. Сторож Б.Д., Кислый П.С. Исследование особенностей процесса формования пластифицированной порошковой шихты на вакуумном червячном прессе // Развитие методов формования изделий из порошков. — Киев: изд-во АН УССР, 1976. — С. 142 — 150.
25. Исследование особенностей процесса формования ППМ на вакуумном червячном прессе / Б.Д. Сторож, П.С. Кислый // В кн.: Развитие методов формования изделий из порошков. — Киев: Институт проблем материаловедения АН УССР. — 1976. — С. 142 — 151.
26. Алексеев И.С. Разработка процесса непрерывного формования пористых длинномерных изделий из порошковых материалов методом экструзии шнеком: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.16.05. — Мн., 1985.
27. Кулагин В.И. Разработка теории и технологии непрерывного формования сплошных профилей: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.16.05.— Мн., 1985.
28. Жемчужный М.И. Разработка способов и технологии формования из порошковых композиций изделий с переменными свойствами: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.16.05. — Мн., 1986.
29. Пятов В.В. Разработка процесса непрерывного формования пористых изделий сложного профиля экструзией порошков на шнековом прессе: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.16.06. — Мн., 1988. — 187 с.
30. Красновский А.Н. Разработка технологии непрерывного формования изделий из порошковых материалов и композиций: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.16.05. — Мн., 1990.
31. А. с. 1671414 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Устройство для непрерывного формования порошковых материалов / С.С. Клименков, В.В. Пятов, А.М. Лапшин. — № 4680557/02; Заявлено 18.04.89; Опубл. 23.08.91, Бюл. № 31 // Открытия. Изобретения. — 1991. — № 31. — С. 37 — 38.
32. А.с. 1199447 СССР, МКИ В 22 F 3/02. Устройство для непрерывного прессования порош-

ков / А.В. Степаненко, С.С. Клименков, И.С. Алексеев, В.И. Кулагин. — БИ. — 1987 — № 47.

33. А. с. 1577924 СССР, МКИ В 22 F 3/02; В 30 В 15/02. Устройство для непрерывного пресования порошков / А.Н. Красновский, А.В. Карпушко, В.В. Савицкий, В.В. Пятов, В.В. Петухов // БИ. — 1990. — № 26.

34. А. с. 1176695 СССР, МКИ В 22 F 3/02. Устройство для исследования внешнего и межчастичного трения порошка / С.С. Клименков, В.В. Пятов, К.В. Шульков. — № 3716890/22-02; Заявлено 29.03.84. — ДСП.

35. А. с. 1374566 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Устройство для прессования порошков / С.С. Клименков, В.В. Пятов, В.В. Петухов, А.Н. Красновский. — № 4038867/31-02; Заявлено 18.03.86. — ДСП.

36. А. с. 1548946 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Устройство для экструзии пластифицированных порошковых материалов / А.Н. Красновский, В.В. Петухов, В.В. Пятов, В.В. Савицкий, А.В. Карпушко, К.С. Матвеев. — № 4414017/31-02; Заявлено 21.04.88. — ДСП.

37. А. с. 1555966 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Устройство для экструзии непластифицированных металлических порошков / А.Н. Красновский, В.В. Пятов, В.В. Савицкий, А.В. Карпушко, К.С. Матвеев. — № 4486633/31-02; Заявлено 26.09.88. — ДСП.

38. А. с. 1694350 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Способ непрерывного формования изделий из порошковых материалов / В.В. Пятов, К.С. Матвеев, А.Н. Красновский, В.В. Савицкий, А.В. Карпушко. — № 4427339/02; Заявлено 16.05.88; Опубл. 30.11.91, Бюл. № 44 // Открытия. Изобретения. — 1991. — № 44. — С. 42.

39. А. с. 1619567 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Устройство для непрерывной экструзии порошковых материалов / В.В. Пятов, В.В. Савицкий, К.С. Матвеев, А.Н. Красновский, А.С. Шандриков, А.В. Карпушко. — № 4705357/02; Заявлено 15.06.89. — ДСП.

40. А. с. 1341034 СССР, МКИ В 22 F 3/20; В 30 В 15/02. Устройство для экструзии порошка / А.В. Степаненко, С.С. Клименков, В.В. Пятов, В.В. Петухов. — № 4059263/31-02; Заявлено 21.04.86; Опубл. 30.09.87, Бюл. № 36 // Открытия. Изобретения. — 1987. — № 36. — С. 91.

41. А. с. 1659179 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Устройство для экструзии порошковых композиций / А.Н. Красновский, К.С. Матвеев, В.В. Пятов, А.Л. Коваленко, А.М. Лапшин. — № 4719618/02; Заявлено 14.07.89; Опубл. 30.06.91, Бюл. № 24 // Открытия. Изобретения. — 1991. — № 24. — С. 53.

42. А. с. 1806898 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Устройство для непрерывного формования порошковых материалов / В.В. Пятов, А.Н. Красновский, К.С. Матвеев, А.Л. Коваленко, А.М. Лапшин. — № 4795708/02; Заявлено 26.02.90; Опубл. 07.04.93, Бюл. № 13 // Открытия. Изобретения. — 1993. — № 13. — С. 61.

43. А. с. 1823288 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Устройство для непрерывного формования изделий из порошков / В.В. Пятов, К.С. Матвеев, В.В. Савицкий, А.Н. Красновский, А.М. Лапшин, А.С. Шандриков. — № 4827638/02; Заявлено 21.05.90. — ДСП.

44. А. с. 1785143 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Устройство для экструзии пластифицированных порошковых материалов / В.В. Пятов, К.С. Матвеев, А.Н. Красновский, В.В. Савицкий, А.М. Лапшин, А.С. Шандриков. — № 4795709/02; Заявлено 26.02.90. — ДСП.

45. А. с. 1671413 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Устройство для непрерывного прессования порошка / А.В. Степаненко, А.Н. Красновский, В.В. Пятов, К.С. Матвеев, А.Л. Коваленко. — № 4659627/02; Заявлено 06.03.89; Опубл. 23.08.91, Бюл. № 31 // Открытия. Изобретения. — 1991. — № 31. — С. 37.
46. А. с.1600142 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Устройство для экструдирования изделий из порошков / В.В. Пятов, А.Н. Красновский, К.С. Матвеев, В.В. Савицкий, А.В. Карпушко. — № 4635863/31-02; Заявлено 12.12.88. — ДСП.
47. А. с. 1577924 СССР, МКИ В 22 F 3/02 ; В 30 В 15/02. Устройство для непрерывного прессования порошков / А.Н. Красновский, А.В. Карпушко, В.В. Савицкий, В.В. Пятов, В.В. Петухов. — № 4387905/31-02; Заявлено 09.03.88; Опубл. 15.07.90, Бюл. № 26 // Открытия. Изобретения. — 1990. — № 26. — С. 48.
48. А. с. 1656773 СССР, МКИ В 22 F 3/02. Устройство для формования длиномерных заготовок из порошка / В.В. Пятов, А.Н. Красновский, К.С. Матвеев, А.М. Лапшин, А.Л. Коваленко. — № 4767825/02; Заявлено 09.11.89. — ДСП.
49. А. с. 1323234 СССР, МКИ В 22 F 3/20; В 30 В 12/00. Устройство для экструдирования полых изделий из порошка / П.А. Витязь, С.С. Клименков, И.С. Алексеев, В.В. Пятов, В.В. Савицкий. — № 4017331/22-02; Заявлено 22.01.86; Опубл. 15.07.87, Бюл. № 26 // Открытия. Изобретения. — 1987. — № 26. — С. 50.
50. Остапчук Ю.Г., Язловицкий М.Л. Дисковые экструдеры. — Киев: Наукова думка, 1972.
51. Патент США № 4552520, МКИ В 22 F 3/02, 1985.
52. А. с. 1683235 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Устройство для непрерывного прессования порошков / В.В. Пятов, О.Н. Ахтанин, И.С. Алексеев, К.С. Матвеев, А.Н. Красновский. — № 4731636/02; Заявлено 25.08.89. — ДСП.
53. А. с. 1623836 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Устройство для непрерывного формования изделий из порошков / С.С. Клименков, И.С. Алексеев, В.В. Пятов, О.Н. Ахтанин, А.С. Шандриков, В.В. Савицкий. — № 4666197/02; Заявлено 23.03.89; Опубл. 30.01.91, Бюл. № 4 // Открытия. Изобретения. — 1991. — № 4. — С. 41.
54. А. с. 1219253 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Способ непрерывного формования порошков / С.С. Клименков, И.С. Алексеев, В.В. Пятов, О.Н. Ахтанин. — № 3821938/22-02; Заявлено 15.10.84; Опубл. 23.03.86, Бюл. № 11 // Открытия. Изобретения. — 1986. — № 11. — С. 63.
55. А. с. 1400779 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Способ непрерывного формования порошка / С.С. Клименков, И.С. Алексеев, В.В. Пятов. — № 4017330/31-02; Заявлено 22.01.86; Опубл. 07.06.88, Бюл. № 21 // Открытия. Изобретения. — 1988. — № 21. — С. 57.
56. А. с. 1671410 СССР, МКИ В 22 F 3/02. Устройство для формования порошковых материалов / А.В. Карпушко, В.В. Савицкий, К.С. Матвеев, В.В. Пятов, А.Н. Красновский, А.С. Шандриков. — № 4704237/02; Заявлено 14.06.89; Опубл. 23.08.91, Бюл. № 31 // Открытия. Изобретения. — 1991. — № 31. — С. 37.
57. А. с. 1804021 СССР, МКИ В 22 F 3/02. Способ получения изделий из труднодеформируемых порошковых материалов / В.В. Пятов, К.С. Матвеев, А.Н. Красновский, В.В. Савицкий, А.Л. Коваленко, А.М. Лапшин. — № 4824067/02; Заявлено 10.05.90. — ДСП.

58. А. с. 1783691 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Способ экструзии порошковых материалов / А.Н. Красновский, В.В. Пятов, А.Л. Коваленко, К.С. Матвеев, В.В. Савицкий. — № 4658863/02; Заявлено 06.03.89. — ДСП.
59. А. с. 1555965 СССР, МКИ В 22 F 3/20. Способ прессования изделий из порошковых материалов / А.В. Степаненко, С.С. Клименков, В.В. Пятов, А.Н. Красновский, К.С. Матвеев. — № 4484044/31-02; Заявлено 19.09.88. — ДСП.
60. А. с. 1601883 СССР, МКИ В 22 F 7/04. Способ изготовления тепловых труб / А.В. Карпушко, А.Н. Красновский, К.С. Матвеев, В.В. Пятов, В.В. Савицкий. — № 4607546/31-02; Заявлено 21.11.88. — ДСП.
61. А. с. 1547949 СССР, МКИ В 22 F 3/02; В 30 В 15/02. Устройство для нанесения покрытий на внутреннюю поверхность труб / А.В. Карпушко, К.С. Матвеев, В.В. Пятов, В.В. Савицкий, А.Н. Красновский. — № 4419666/31-02; Заявлено 03.05.88; Опубл. 07.03.90, Бюл. № 9 // Открытия. Изобретения. — 1990. — № 9. — С. 54.
62. Пятов В.В., Алексеев И.С., Карпушко А.В. Теоретический анализ процесса ротационного прессования // *Tendencje rozwojowe w technologii maszyn*: Сб. ст. — Zielona Gora, 1991. — С. 50 — 55.
63. Пятов В.В., Ковчур А.С. Теоретический анализ процесса непрерывного формования порошков // *Вестник Витебского государственного технологического университета*: Сб. ст. — Витебск: ВГТУ, 1995. — С. 62 — 64.
64. Пятов В.В., Ковчур А.С. Анализ напряженно-деформированного состояния при формовании пластифицированного порошкового материала // *Сборник научных трудов ВГТУ: Ч.2.* — Витебск: ВГТУ, 1995. — С. 31 — 34.
65. Исследование геометрии очага деформации при формовании материалов вращающимся шнеком / А.В. Степаненко, С.С. Клименков, А.Н. Красновский, В.В. Пятов // *Витебск. технол. ин-т легк. пром.* — Витебск, 1988. — 6 с. — Деп. в ЦНИИЭИ № 4960 // РЖ: *Металлургия.* — 1989. — № 2. — С. 153.
66. Пятов В.В., Ковчур А.С. Динамика экструзии изотропного материала // *Сборник научных трудов ВГТУ: Ч.2.* — Витебск: ВГТУ, 1995. — С. 37 — 39.
67. Витязь П.А., Клименков С.С., Пятов В.В. Установка для формования изделий из порошковых материалов / *Витебск. технол. ин-т легк. пром.* — Витебск, 1986. — 6 с. — Деп. в ВИНТИ № 4034 // РЖ: *Металлургия.* — 1987. — № 8. — С. 173.
68. Пат. 4116 С2 ВУ, МПК В 22F 3/20. Устройство для формования порошковых шнуров / А.Н. Красновский, В.В. Пятов, О.Н. Ахтанин, К.С. Матвеев, В.В. Савицкий. — № а 19980683; Заявлено 20.07.98; Опубл. 30.09.01 // *Официальный бюллетень Государственного патентного ведомства Республики Беларусь.* — 2001. — № 3. — С. 111.
69. Разработка и исследование процессов изготовления композиционных материалов и изделий на основе сырьевых запасов РБ и отходов производства: Отчет о НИР 99-ВПД-013; № ГР 1999285 / С.С. Клименков, В.М. Ходьков, В.В. Пятов, О.Н. Ахтанин, В.В. Савицкий. — Витебск: ВГТУ, 1999.
70. Разработка технологии получения металлических порошков для восстановления деталей

машин: отчет о НИР 187 / С.С. Клименков, В.В. Пятов и др. — ВГТУ, 1995.

71. Разработка и исследование процессов изготовления композиционных материалов и изделий на основе сырьевых запасов РБ и отходов производства: Отчет о НИР 99-ВПД-013; № ГР 1999285 / С.С. Клименков, В.М. Ходьков, В.В. Пятов, О.Н. Ахтанин, В.В. Савицкий. — Витебск: ВГТУ, 1999.

72. Пятов В.В., Ахтанин О.Н., Мисурагина А.Я. Шнуровые порошковые материалы // Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении: Сб. ст. — Витебск: ВГТУ, 1998. — С. 162–163.

73. Пат. 5109 С1 ВУ, МПК С 08L 29/04, С 08К 5/053. Связующее для экструзии порошковых материалов / О.Н. Ахтанин, К.С. Матвеев, В.В. Пятов, В.В. Савицкий, А.Н. Красновский. — № а 19980022; Заявлено 06.01.98; Опубл. 30.06.03 // Официальный бюллетень Государственного патентного ведомства Республики Беларусь. — 2003. — № 1.

74. Разработать научные и технологические основы экструзии высокопластифицированных порошковых композиций: Отчет о НИР № 292; № ГР 2001394 / В.В. Пятов, О.Н. Ахтанин, А.С. Ковчур, Т.А. Беликова, И.В. Пятова. — Витебск: ВГТУ, 2001. — 99 с.

75. Пятов В.В., Ахтанин О.Н. Технология изготовления порошковых шнуров // Материалы, технологии, инструменты. — 2004. — Т. 9. — № 1. — С. 87–89.

76. Порошковые шнуровые материалы для газотермического нанесения износостойких покрытий / В.В. Пятов, О.Н. Ахтанин, В.В. Савицкий, К.С. Матвеев // Современные энергоресурсосберегающие и экологически безопасные технологии в машиностроении и легкой промышленности: Сб. ст. — Витебск: ВГТУ, 1998. — С. 268–271.

77. Пятов В.В., Ахтанин О.Н., Мисурагина А.Я. Шнуровые порошковые материалы // Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении: Сборник докладов международной научно-технической конференции. — Витебск: ВГТУ, 1998. — С. 162–163.