

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УО «ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 621.762

№ ГР 2002579

Инв. N \_\_\_\_\_



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе ВГТУ

С.М. Литовский

\_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

## О Т Ч Е Т

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

№ 2001-Г/Б-535

*"Исследовать техпроцесс изготовления формообразующего инструмента со сложной конфигурацией внутреннего канала".*

(окончательный)

Научный руководитель,  
зав. кафедрой МТВПО УО «ВГТУ», д.т.н., проф. \_\_\_\_\_

С.С. Клименков

Начальник НИС УО «ВГТУ» \_\_\_\_\_

С.А. Беликов

Витебск, 2002



## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель проекта, г.н.с

д.т.н., проф. Клименков С.С.

М.н.с.

Голубев А.Н.

Нормоконтролер

Матвеева Н.Н.



## РЕФЕРАТ

Отчет 84 с., 34 рис., 12 табл., 44 ист.

**ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ, ФОРМООБРАЗУЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, КВАЗИИЗОСТАТИЧЕСКОЕ ПРЕССОВАНИЕ, РАВНОПЛОТНОСТЬ, УСАДКА ПРЕССОВОК, ПЛАСТИФИКАТОР.**

Объектом исследования является технология изготовления формообразующего инструмента со сложной конфигурацией внутреннего канала методами порошковой металлургии.

В ходе выполнения выполнен обзор порошковых изделий со сложной конфигурацией внутреннего канала. Разработаны новые способы повышения равномерности изделий сложной формы, получаемых прессованием в условиях объемного квазиизостатического сжатия. Способы позволяют расширить технологические возможности прессования, в частности, за счет увеличения показателя длинномерности изделий.

Разработана математическая модель оптимизации профиля канала формообразующего инструмента.

Разработана методика размерного расчета формообразующей полости при изготовлении инструмента со сложной конфигурацией внутреннего канала, позволяющая повысить размерную точность изделий.

Построена модель пластификации поверхностных слоев прессовки.

Проведен обзор способов спекания и разработана технологическая оснастка и методика прессования экспериментальных образцов.

Изготовлены экспериментальные образцы.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	6
<b>1. ОБЗОР ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ СО СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ ВНУТРЕННЕЙ ПОЛОСТИ</b> .....	7
1.1. ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ.....	7
1.2. ЛИТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ.....	9
1.3. ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ВОЛОЧЕНИЯ.....	10
1.4. ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ЭКСТРУЗИИ И ГИДРОЭКСТРУЗИИ .....	11
1.5. ЧЕЛНОКИ.....	14
1.6. КАЛИБРУЮЩИЙ ИНСТРУМЕНТ .....	14
<b>2. ОБЗОР СПОСОБОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ МЕТОДАМИ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ</b> .....	16
2.1. ПРЕССОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ПРЕСС-ФОРМАХ .....	16
2.2. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫХ ЗАГОТОВОК .....	17
2.3. ПРЕССОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ ПРОСТОЙ ФОРМЫ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКОЙ ...	17
2.4. МУНДШТУЧНОЕ ПРЕССОВАНИЕ .....	18
2.5. КВАЗИИЗОСТАТИЧЕСКОЕ ПРЕССОВАНИЕ В ПЛАСТИФИЦИРОВАННОМ ПОРОШКЕ .....	18
<b>3. РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ</b> .....	24
<b>4. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОФИЛЯ КАНАЛА ФОРМООБРАЗУЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА</b> .....	25
<b>5. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ И МЕТОДИКИ ПРЕССОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ</b> .....	28
5.1. ПОДГОТОВКА ПОРОШКОВ .....	28
5.2. ПОДГОТОВКА ПЕРЕДАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	28
5.3. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОСНАСТКИ.....	29
5.4 ПРОЦЕСС ПРЕССОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ .....	31
5.5. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕССОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ .....	32
5.6. ВЫВОДЫ.....	35
<b>6. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАЗМЕРНОГО РАСЧЕТА ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ПОЛОСТИ</b> .....	36
6.1. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ РАСЧЕТА ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ПОЛОСТИ ПРИ ПРЕССОВАНИИ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ .....	36
6.2. ВЫВОД ОСНОВНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ, СВЯЗЫВАЮЩИХ ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ ФОРМООБРАЗУЮЩЕЙ ПОЛОСТИ И ПРЕССОВКИ .....	38
6.3. СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТОВ .....	41
6.4. НЕКОТОРЫЕ ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ РАСЧЕТА.....	42
6.5. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ .....	44
<b>7. ИССЛЕДОВАНИЕ УПЛОТНЯЕМОСТИ ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ В УСЛОВИЯХ ОБЪЕМНОГО КВАЗИИЗОСТАТИЧЕСКОГО СЖАТИЯ</b> .....	46
7.1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ .....	46
7.2. ТЕОРИЯ ПЛАСТИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ПРЕССОВКИ.....	46
<b>8. РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ РАВНОПЛОТНОСТИ ПРЕССОВОК СЛОЖНОЙ ФОРМЫ</b> .....	58
8.1. УСТРОЙСТВО ДЛЯ КВАЗИИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ .....	58
8.2. СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ .....	62
<b>9. ОБЗОР СПОСОБОВ И РЕЖИМОВ СПЕКАНИЯ ПОРОШКОВЫХ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ</b> .....	67
9.1. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА СЛОЖНОЙ ФОРМЫ .....	67
9.2. ОБЗОР ПРОЦЕССОВ СПЕКАНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	69
9.3. РЕЖИМЫ СПЕКАНИЯ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ И БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ.....	71

9.4. Усадка при спекании .....	72
9.5. Выводы.....	73
<b>10. РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА .....</b>	<b>74</b>
10.1. Подбор передающих сред .....	74
10.2. Исследование прессуемости твердосплавной смеси в квазиизостатических условиях.....	75
10.3. Усадка твердосплавной смеси при прессовании .....	76
10.4. Учет искажений формы и размеров изделия при прессовании .....	77
10.5. Влияние различных факторов на процесс формования порошков .....	78
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>81</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>82</b>

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в промышленности широко используются порошковые изделия сложной формы, в том числе со сложной конфигурацией внутренней полости. К числу таких изделий относится формообразующий инструмент, в том числе твердосплавный, который применяется для таких высокопроизводительных методов непрерывной обработки, как экструзия полимеров и пластифицированных порошковых смесей, гидроэкструзия и волочение высокоточных металлических профилей, калибрование полимерных профилей и других аналогичных процессов. Совершенствование способов изготовления такого инструмента во многом определяется тем, насколько эффективно развиваются способы формования порошковых изделий сложной формы.

Изготовление изделий сложной формы методами порошковой металлургии сопряжено с рядом трудностей, в числе главных из них -- неравноплотность длинномерных изделий; появление в них расслойных трещин; недопрессовка и выкрашивание порошка в области острых углов изделия. Можно выделить следующие схемы прессования, отличающиеся друг от друга способом приложения давления и формообразующим инструментом.

1. Прессование в жестких пресс-формах. Усилие для создания необходимого давления прессования прикладывается только в одном направлении. Главные затруднения вызывает получение изделий с протяженными в направлении прессования размерами и с наличием поверхностей, перпендикулярных этому направлению. Основные дефекты, возникающие в ходе прессования -- неравноплотность изделий и появление в них расслойных трещин.

2. Изостатическое прессование, реализующее схему всестороннего равномерного сжатия порошка. Геометрия изделия оказывает меньшее влияние на качество прессовок из-за малого внешнего трения и лучших условий течения порошка. Однако, усложнение геометрии повышает трудоемкость изготовления формообразующей оболочки под засыпку порошка, что заметно снижает технологические возможности способа.

Сказанное выше определяет необходимость в разработке и исследовании новых способов и технологий формования, которые, с одной стороны, обеспечивают прессование порошка в условиях всестороннего объемного сжатия, что дает высокое качество изделий, с другой стороны, позволяют при этом эффективно получать изделия сложной формы при невысоких трудоемкости и стоимости технологической оснастки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Басов Н.И. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов. – М.: Химия, 1991.
2. Сахаров Г.Н., Арбузов О.Б., Боровой Ю.Л. и др. Металлорежущие инструменты. - М.: Машиностроение, 1989.
3. Когос А.М. Механическое оборудование волочильных и лентопрокатных цехов. – М.: Metallургия, 1980.
4. Часовников Л.Д. Передачи зацеплением, зубчатые и червячные. – М.: Машиностроение, 1969.
5. Яковлев А.Д. Технология изготовления изделий из пластмасс. – Л.: Химия, 1972.
6. Равин А.Н., Суходрев Э.В. Формообразующий инструмент для прессования и волочения профилей. – Минск: Наука и техника, 1988.
7. Каплун Я.Б., Ким В.С. Формующее оборудование экструдеров. - М.: Машиностроение, 1969
8. Береснев Б.И. Процесс гидроэкструзии. – М.: Наука, 1976
9. Червяков Ф.И., Николаенко А.А. Швейные машины. – М.: Машиностроение, 1976.
10. Заявка ФРГ №3045838, кл. В 22 F 3/16, 1982. Патент Японии №47-30487, кл. 10A603, 1972. Способ прессования изделий из порошков.
11. Третьяков В.И. Основы металловедения и технологии спеченных твердых сплавов. — М.: Metallургия, 1976.
12. Самойлов В.С. Инструмент с монолитными твердосплавными вставками (Обзор).—М.: ЦНИИТЭИлегпищемаш, 1969.
13. Отчет по НИР СИ-22-97 (г/б 404). Разработать безотходную технологию производства цельного твердосплавного инструмента сложной формы. - Витебск, ВГТУ, 1998.
14. Техника и технология бурения разведочных скважин на нефть и газ в БССР.
15. Либенсон Т.А. Производство порошковых изделий. –М.: Metallургия, 1990.
16. Феодосьев В.И. Соппротивление материалов. –М.: Наука, 1986.
17. Справочник. Порошковая металлургия. –Киев: Наукова думка, 1985
18. Павлов В.А., Кипарисов С.С. Обработка металлов давлением. –М: Metallургия, 1977.
19. С.С. Кипарисов, Г.А. Либенсон. Порошковая металлургия. --М.: Metallургия, 1991. -- с. 305.
20. Процессы изостатического прессования/Под ред. Джеймса П.Дж.: Пер. с англ. -- М.: Metallургия, 1990.
21. Уманский А.М. Изостатическое прессование [Обзор]. -- М.: 1971.
22. А.с. № 1217576. Способ изостатического прессования изделий.

23. А.с. № 808203. Способ изготовления ступенчатых изделий сложной формы.
24. В. Lynn Ferguson. Emerging alternatives to hot isostatic pressing. P. 201...218.
25. Патент США № 3356496.
26. В.В. Соколовский. Теория пластичности. -- М.: Высшая школа, 1969.
27. В.Е. Перельман. Анализ уплотнения порошковых материалов в условиях всестороннего равномерного нагружения // Порошковая металлургия, 1977, № 9, с. 15-20.
28. В.М. Горохов, О.В. Михайлов, Г.П. Устинова, Е.В. Штефан. Система физического и геометрического моделирования процессов получения порошковых изделий с применением методов пластического деформирования // Порошковая металлургия. Респ. межвед. сб. научных трудов. Спец. выпуск 20. -- Гомель, ИММС НАНБ, 1997, т.2, № 4, с. 5-10.
29. Shape distortion under isostatic pressing/Olevsky E., Maximenko A., Ivlev Y. // I. Mater. Sci. Lett. -- 1997-16, № 15 -- p. 1270 -- 1273.
30. Powder Metallurgy // Mater + Manuf. -- 1998. -- 15, № 9. P.10.
31. Попильский Р.Я., Пивинский Ю.Е. Прессование порошковых керамических масс. -- М.: Металлургия, 1983. -- 176 с.
32. А.с. 1621285 СССР, МКИ В22F 3/12, 3/26. Способ изготовления пористых изделий/ И.С. Алексеев, К.С. Матвеев (СССР).- № 4658380/02; Заявлено 03.03.89.
33. SU 1724437 A1, 1992.
34. DE 3045838 A, 1982.
35. RU 2062682 C1, 1996.
36. Анциферов В.В. Свойства сплавов на основе порошкового титана. -- М.: Химия, 1979.
37. Степанчук А.Н. и др. Технология порошковой металлургии. -- М.: Металлургия, 1991.
38. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения: Справочник / И.М. Федорченко, И.М. Францевич и др. -- Киев: Наукова думка, 1985.
39. В. Шатта. Порошковая металлургия. Спеченные и композиционные материалы. -- М.: Металлургия, 1983.
40. Роман О.В., Габриелов И.П. Справочник по порошковой металлургии. -- Мн: Беларусь, 1988.
41. Бондаренко В.П. Прессование заготовок из твердосплавных смесей. -- М.: Металлургия, 1978.
42. Витязь П.А., Шелег А.Н. Пористые порошковые материалы и изделия из них. -- М.: Металлургия, 1981.
43. Раковский В.С. Спеченные материалы в технике. -- М.: Химия, 1978.
44. Панов Д.С., Бондарчук В.И., Кац Ю.Ф. Природа жидкой фазы, образующейся при спекании стали Р6М5 // Порошковая металлургия, №11, 1985.

