Министерство высшего и среднего специального образования БССР

ВИТЕБСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 658.52.011.56
№ Гос.регистрации 0187.0013016
Инв. №_____

Для служебного пользования
Экз. № 1

02.80 034787

СОГЛАСОВАНО

Главный инженер НПО "Оргстанкинпром"

_____ А.А.ОГАНЯН
"20" 12 1987 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе ВТИЛП

_____ В.Е.ГОРБАЧИК
"20" января 1988 г.

# О Т Ч Е Т

по научно-исследовательской работе

"РАЗРАБОТАТЬ И ВНЕДРИТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И СРЕДСТВА ГИБКОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕМЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОСНАСТКИ"

(промежуточный)

х/д 193

Начальник научно-исследовательского сектора И.Е.ПРАВДИВЫЙ

Зав.кафедрой "Технология машиностроения", научный руководитель темы, к.т.н. В.И.ГОРЮШКИН

Зав.ОНИЛ ГАП СО, к.т.н. А.Ф.АВЕРЧЕНКО

Библиотека ВГТУ
0 0 2 1 9 1 1 3

Витебск-1987

# СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

| | |
|---|---|
| I. Научный руководитель к.т.н., доцент | В.И.ГОРЮШКИН (раздел I) |
| 2. Зав. ОНИЛ ГАП СО к.т.н. | А.Ф.АВЕРЧЕНКО (разделы I,2,3) |
| 3. Ответственный исполнитель к.т.н. | М.И.ЖЕМЧУЖНЫЙ (разделы I,2,3,5) |
| 4. Зав. кафедрой, к.т.н., доц. | П.И.СКОКОВ (раздел 4) |
| 5. Доцент, к.т.н. | В.П.ПИСКУНОВИЧ (раздел 4) |
| 6. Доцент, к.т.н. | О.С.МУРКОВ (раздел I) |
| 7. Доцент, к.ф.-м.н. | С.И.ПРИМАКОВА (раздел 4) |
| 8. Ст.преподаватель | А.П.БАТАЛКО (раздел 4) |
| 9. Ассистент | Б.Ф.АЛЕЩЕНКО (разделы 2,3) |
| I0.Ведущий инженер | Э.П.СПИРИДОНОВ (разделы 2,5) |
| II.Мл.научный сотрудник | Т.Г.ФЕДОТОВА (раздел 4) |
| I2.Ст.научный сотрудник | П.Е.КОНСТАНТИНОВ (разделы 2,3) |
| I3.Инженер | Н.Э.ФАДЕЕВ (разделы I,5) |
| I4.Инженер | Г.Г.ГОДОВКИН (раздел 5) |
| I5.Инженер | Т.В.СТРЕЛЬНИК (раздел 5) |
| I6.Инженер | О.Н.ДРОЗДОВА (раздел I) |
| I7.Инженер | А.А.БОЛЬШАКОВА (раздел I) |
| I8.Инженер | Г.М.ШАХСТЬКО (Раздел 4) |
| I9.Инженер | С.П.КУЧИНСКИЙ (раздел 2) |

# С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

ВВЕДЕНИЕ..... 8

I. РАЗНОВИДНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОСЛОЙНОГО СИНТЕЗА МЕТОДОМ СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ ИЗ ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК (ТПС-I)..... 10

I.I. Описание укрупненных технологических схем для различных модификаций процесса послойного синтеза..... 10

I.2. Систематизация методов обработки композиционных материалов..... 21

I.2.I. Механическая обработка КМ с гранулометрическими заполнителями..... 22

I.2.2 Механическая обработка КМ с волокнистыми заполнителями..... 23

I.2.3. Механическая обработка полимерных КМ (ПКМ). 25

I.2.4. Матричная обработка КМ..... 26

I.3. Аналитический обзор методов управления реологическими свойствами материала..... 41

I.3.I. Комплекс требований к материалу..... 41

I.3.2. Классификация и характеристика модельных составов..... 43

I.3.3. Приготовление модельных составов..... 53

I.3.4. Охлаждение моделей..... 53

I.3.5. Способы удаления моделей..... 54

I.3.5.I. Способы выплавления во внешнем теплоносителе..... 54

I.3.5.2. Способы выплавления электромагнитным полем..... 57

I.3.5.3. Растворение моделей..... 61

I.3.5.4. Выжигание моделей..... 62

I.3.5.5. Электромагнитное удаление моделей..... 62

I.3.6. Выводы по составу поддерживающего материала и способам отверждения, охлаждения и удаления его применительно к процессу ТПС-I.3... 64

I.4. Основные тенденции использования лазерных технологических установок..... 66

2. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТПС-I.I..... 76

2.I. Определение технологических параметров процесса лазерного раскроя полистирола..... 76

2.I.I. Описание методики исследования..... 76

2.I.2. Методика обработки экспериментальных данных..... 82

2.I.3. Исследование зависимости геометрических параметров реза от скорости резки и положения фокуса лазерного луча..... 86

2.2. Обоснование технологических режимов сборки листов в монолит..... 93

2.2.I. Выбор клея для склеивания листов полистирола..... 93

2.2.2. Выбор способа нанесения адгезива на склеиваемые поверхности..... 94

2.2.3. Определение удельного давления при склеивании полистирола..... 100

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕНЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПО ТПС-I..... 101

3.I. Описание методики эксперимента..... 101

3.2. Исследование зависимости изменения высоты образцов от времени..... 107

3.3. Исследование влияния режимов термофиксации листов полистирола на свойства материала..... 137

3.3.I. Описание методики и экспериментальной установки..... 137

3.3.2. Результаты дилатометрических испытаний образцов..... 144

4. РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ МАШИННОЙ ГРАФИКИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ФАЙЛОВ СЕЧЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ ПЕРВОЙ СТЕПЕНИ СЛОЖНОСТИ..... 148

4.I. Входной язык кодирования деталей..... 148

4.I.I. Каркас как математическая модель поверхности..... 149

4.I.2. Звено как элемент описания поверхности..... 150

4.I.3. Контур..... 152

4.I.4. Поверхность..... 152

4.I.5. Пример описания поверхности изделия..... 156

4.2. Структура выходных файлов..... 163

4.3. Описание программ и порядок работы с ними..... 163

4.3.I. Описание программ..... 163

4.3.2. Порядок работы с программами..... 167

4.3.2.I. Работа с объектом, описываемым впервые..... 167

4.3.2.2. Работа с объектом, описанным ранее..... 170

5. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ИЗДЕЛИЯ МЕТОДОМ ФОТОПОЛИМЕРИЗАЦИИ..... 172

5.I. Описание конструкции установки..... 172

5.2. Описание последовательности операций при изготовлении изделия..... 175

ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... 180

Л И Т Е Р А Т У Р А..... 183

ПРИЛОЖЕНИЕ I. Блок-схемы алгоритмов программ машинной графики..... 189

# Р Е Ф Е Р А Т

Технический отчет 202 стр., 42 рис., 35 табл., 4 фотогр., 66 источников, 1 приложений.

Объект исследования - технологические процессы и средства производства деталей модельной оснастки методом послойного синтеза (ТПС-I).

Цель работы - определение основных технологических режимов процессов послойного синтеза изделий; разработка методики и алгоритмов подсистемы машинной графики для получения плоских сечений деталей модельной оснастки.

В процессе исследований проведен анализ различных модификаций ТПС-I. Проведено исследование технологических операций ТПС-I: лазерного раскроя листа из полистирола, сборки листов в монолитное изделие. Исследовано влияние технологических режимов процесса сборки на изменения во времени размеров изделий. Разработаны алгоритмы подсистемы машинной графики. Исследована возможность послойного синтеза деталей заданной геометрической конфигурации методом фотополимеризации. Разработаны и изготовлены экспериментальные стенды для исследований.

В результате исследований определены скоростные режимы резания листов полистирола при заданной плотности мощности лазерного излучения. Определены технологические параметры процесса сборки в монолит изделий с определенными ограничениями по точности и по длительности их использования в производстве. На примере изготовления макета изделия показана принципиальная возможность послойного синтеза изделий заданной конфигурации методом фотополимеризации.

Реализованы на ЭВМ в виде программ языка ПАСКАЛЬ алгоритмы

построения геометрической модели трехмерных объектов и генерации набора плоских сечений.

# I. РАЗНОВИДНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПОСЛОЙНОГО СИНТЕЗА МЕТОДОМ СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ ИЗ ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК (ТПС-I)

## I.I. Описание укрупненных технологических схем для различных модификаций процесса послойного синтеза

Для реализации гибкого автоматизированного производства (ГАП) изделий сложной пространственной формы предложена технология послойного синтеза ТПС-I. Технология содержит три модификации: ТПС-I.I, ТПС-I.2, ТПС-I.3. Каждая модификация направлена на решение определенного круга задач в общем технологическом процессе ГАП деталей общемашиностроительного применения.

ТПС-I.I представляет собой разновидность технологии послойного синтеза, заключающейся в изготовлении деталей из листовых заготовок методом сборки.

Сущность метода состоит в следующем.

Из чертежа информацию о форме и размерах детали вводят в ЭВМ (рис.I.I) и преобразуют в объемное изображение. Затем выбирают оптимальное направление синтеза, исходя из точностных ограничений, возможности базирования, критериев устойчивости и функционального назначения детали.

Перпендикулярно направлению синтеза деталь разбивают на сечения с шагом, равным толщине листового материала.

Информацию о контурах сечений передают в узел раскроя (2), где из листового материала вырезают элементы изделия.

Транспортирующим устройством (3) элементы изделия последовательно укладывают в направлении синтеза и фиксируют между собой. Процесс фиксации осуществляется в модуле сборки (4), В резуль-

# Л И Т Е Р А Т У Р А

I. Горюшкин В.И. Основы гибкого производства деталей машин и приборов.-Мн.:Наука и техника, I984 - 222 с.

2. "Разработать и внедрить гибкий производственный комплекс изготовления опытных образцов деталей".Отчет по НИР - Витебск: ВТИЛП, I986.

3. Weck,Laube.Hochleistungsgetriebe mit Polymerbetongehäuse VDI-Z Bd.128(1986)N13,s.529-534.

4. Применение полимеров в станкостроении. Обзорная информация. Серия 6-3, вып.II, М.:,I985.

5. Schulz,Reimann.Bearbeiten von Werkstücken aus kohlefaserverstärkten Kunststoffen bei hohen Schnittgeschwindigkeiten.Werkstatt und Betrieb 119(1986)6,s.489-493.

6. Матусевич А.С. Композиционные материалы на металлической основе. Мн.: Наука и техника. I978, - 2I6 с.

7. Titzschkou K.Fur Vielfalt gesorgt.Industrie-Anzeiger,N87(1986) 108,s.22-24.

8. Schulz H.,Nicklau R.:Werkzeugmaschinengestelle aus kunstharzgebundenen Zuschlagsstoffen.VDM-Forschungsberichte A5256.Januar,1984.

9. Werkzeugmaschinen-bestelle aus Reaktionsharzbeton.Werkstatt und Betrieb 119(1986) 11.

I0. Informationsschrift der Firma ADM,Brüggen.

II. Кржечковский П.Г., др. Моделирование на ЭВМ процесса разоуше-ния среды с польми сферическими включениями.-Механика композиционных материалов, I987, №I, с.77...83.

I2. Липатов Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров.- М.; I977, - 304 с.

I3. Lipatov Yu.S,Babich V.F.,Rosvizky V.F.Some analogies in the mechanical behavior of filled polymers.-T.Appl.Polymer Sci.,1974, vol.18,p.1213-1224.

I4. Липатов Ю.С., Бабич В.Ф. Вязкоупругие свойства межфазных слоев и законометности их влияния на механические свойства полимерных композиционных материалов.-Механика композиционных материалов, I987, №I, с I7...23.

I5. Басин В.Е., Об одном из эффектов упрочнения полимерных пленок.- Механика полимеров, I97I, №4, с. 73I...733.

I6. Липатов Ю.С. Межфазные явления в полимерах. Киев, I980, - 260 с.

I7. В мире науки, № I2, I986, с. 29...90.

I8. Кореньков Г.Л. и др. Современное состояние и преспективы развития производства и потребления наполнителей и наполненных пластмасс в капиталистических странах.-Обзорная информация. Сер.Химическая промышленность за рубежом.- М., I982, вып.I (229), с.I...I03.

I9. Balow M.J.,Tuccella D.C.Hybridization of reinforcement to optimize part performance and molding in reinforced thermoplastics.- Polym.-Plast.Technol.Eng.,1983,vol.20,N1,p.23-33.

20. Бабаевский П.Т. Влияние типа отвердителя на характер роста трещин в отвержденных эпоксидных полимерах.- Механика композиционных материалов, I987, №I, с.I0...I6.

2I. Вишняков Л.Р. Композиционные материалы.-М.: Наука, I985, - 250 с.

22. Современные композиционные материалы. Пер. с англ./ред. Л.Браутмана и Р.Крокка/ - М.:Мир, I970, т.I, - 672 с.

23. Хитеревич М.И. и др. Строительные материалы.-М.: Стройиздат, 1970, - 367 с.

24. Бабаевский П.Т. и др. Влияние минеральных дисперстных наполнителей на деформационно-прочностные свойства.-Механика композиционных материалов, 1987, № 5, с. 819...824.

25. Суворов Ю.В. Влияние деформационных свойств матрицы на реализацию прочности волокон в композите.-Механика композиционных материалов, 1987, №4, с.630...641.

26. Перепелкин К.Е. Структурные особенности высокоориентированных армирующих волокон и их влияние на предельные механические свойства. - Механика композиционных материалов, 1987, №3, с.387...395.

27. Литье по выплавляемым моделям./Под ред. Шкленника Я.И., Озерова В.А.-М.: Машиностроение, 1984.

28. Лакеев А.С., Александрова Е.Н. Разработка моделей с особыми свойствами для точного литья.- В кн.:Физико-химическое исследование литейных процессов.- Киев, 1986, с. 88...89.

29. Озеров В.А., Мусияченко Л.П., Черепахов Г.Н. Модельные составы,применяемые при литье по выплавляемым моделям.- Литейное производство, 1978, №4, с.33...35.

30. Гаранин В.Ф., Озеров В.А., Разработка и исследование новых модельных и формовочных материалов, используемых при литье по выплавляемым моделям.- В кн.: Повышение эффективности литейных процессов и качества отливок.-Хабаровск; 1986, с.130...133.

31. А.с. 925520 (СССР). Способ изготовления литейных форм.- Чуркин В.С.- Опубл. в Б.и., 1982.

32. Proofcasting alloy melts at 117 F.-Fondry Manag. and Technol. London 1982,110,N10,p.60.

33. Омельченко В.С., Кобачева Л.П., Карцева Т.К. Состав для выплавляемых моделей.-Литейное производство, 1984, №4, с.22...23.

34. А.с. 882694 (СССР). Композиция для изготовления выплавляемых моделей.- Озеров В.А., Гаранин В.Ф.- Опубл. в Б.И., 1981, №4.

35. А.с. 831343 (СССР). Композиция для изготовления выплавляемых моделей.- Бовин В.Г., Ровнова В.Д.-Опубл. в Б.И., 1980.

36. Озеров В.А., Климкин Ю.Н. Исследование воскоподобных модельных материалов используемых при литье по выплавляемым моделям.- В кн.: Прогрессивные технологические процессы в литейном производстве.-Ярославль: 1985, с.77...80.

37. Канский В.К., Некрасов А.П., Бреслер М.С. Выплавление модельных составов из корундовых форм.-Вестник Харьковского политехнического института.- 1985, № 225, с. 23...25.

38. Заявка 59-191541 (Яп) Способ изготовления моделей из вспененного полистирола.-Морита Акиёси, Хаяси Йосиро, Тоета Дзидося к.к. заявл. 1984.

39. Заявка 58-77740 (Яп) Выплавляемая модель.- Хоригути Т., Арач Х., Мицубиси Дзюкогё к.к, завял. 1985.

40. INvestment casting technology in Britan.-Metal treatment and dorop forging.-London,1982,49,N10,p.60.

41. Evans S;T.Fusibly alloys for Industrie.-Casting engineering and foundly world.-Bridgeport,1982,14,N4,p.29-34.

42. А.с. 944736 (СССР). Композиция для изготовления выплавляемых моделей.- Никонов В.Н., Юсупов Л.И.- Опубл. в Б.И. 1982, №27.

43. Патент 793801 (Бельгия). Procede et installation pour la production de modeles en cire pour le moutage de precision, British leyland UK LTd.

заявл. 1972.

44. Захватов Ю.К., Подымов А.Н. Высокочасттотный способ выплавления модельных составов.:Литейное производство.-1983, № 7, с. 20...21.

45. Озеров В.А., Гаранин В.Ф. Выплавление модельных составов с использованием энергии сверхвысокочастотного нагрева.- В кн.: Повышение качества и эффективности литья по выплавляемым моделям.- М.:Машиностроение, 1986, с.108...110.

46. Серебряков С.П., Чеанов А.В. Активное инжектирование форм.- В кн.: Повышение качества и эффективности литья по выплавляемым моделям.- М.: Машиностроение, 1986, с.111...112.

47. Глуханов Н.П., Федорова И.Г. Высокочастотный нагрев диэлектрических материалов в машиностроении. - Л.: Машиностроение, 1983.

48. А.с. 1156798 (СССР). Состав наполнителя для изготовления оболочек форм.- Рыжов И.В., Блеслер М.С.- Опубл.в Б.И. 1985, №9.

49. Заявка 59-56942 (Яп) Модельная оснастка для изготовления форм отверждаемых микроволновым нагревом.- Сато Каньити, Сакамато Тосии, Камацу Сайкусе к.к, заявл. 1984.

50. А.С. 1088863 (СССР). Способ удаления модельного состава из многослойных оболочковых форм.- Кириевский Б.А., Чихаев В.В., Приступа А.И.- Опубл. в Б.И. 1984, № 16.

51. Мицубиси дэнки гико. 1985, т.59,№ 9, с.29...32.

52. Fachbear.Metallbearb., 1986,63,N5-6,s.246.

53. Wear ,1986,109,p.135-144.

54.Manuf.Eng.(USA),1985,95,N3,p.71-78.
55. Голубев В.С.,Лебедев Ф.В. Физические основы технол.лазеров,М. "Высш.школа" 1987
56.Blech Rohre Profile,1985,32,N4,s.185-187.
57 Дзудока гидзюцу, Mech.Autom.1984,16,N11,101-104.
58.Proc.Ist Int.Conf.Laser,Manuf.,Brighton,1-3 Nov.,1983. Kempston,Mustердam e.a.,1983,169-180.
59. Заявка 60-22II87,Япония.Мицубиси дэнки к.к. Заявл.I8.04.84.

60.Proc.2nd Int.Conf.Lasers Manuf.,Birningham.,26-28 March,1985, Lim-2 Kempston,Amsterdam,1985,63-66.
61.VDI-Z 128(1986) N13,s.521-523.
62.Mach.and Tool Blue Book,1984,79,N3 p.44-46.
63.Пурасу тинкусу Эдзи Plast.Age 1986,32,N4,144-153.
64.Industrie-anzeiger N62,1986,s.25-28.
65.Industrie-anzeiger N43/44,1987/109,s.51-52.
66. Браверман Э.М., Мучник И.Б. Структурные методы обработки экспериментальных данных.-М.:Наука, I983. -464 с.