



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
АО «Ульяновский НИАТ»

Кафедра «Материаловедение и обработка металлов давлением»
Кафедра «Технологии заготовительно-штамповочного производства»

**ИННОВАЦИИ В ТЕХНОЛОГИЯХ
ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ
И УПРОЧНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ
В АВИАЦИОННОЙ И ДРУГИХ ОТРАСЛЯХ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**I Всероссийская научно-производственная конференция,
приуроченная ко Дню науки
(Ульяновск, 10 февраля 2016 г.)**

Сборник научных трудов

Ульяновск
УлГТУ
2016

Всего: 140 стр.

УДК 629.735.33

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ И РОБОТИЗИРОВАННАЯ РАЗДЕЛКА ОТВЕРСТИЙ ПРИ СБОРКЕ СОВРЕМЕННЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Пикалов А.А.

*Ведущий инженер-технолог, филиал ПАО «Корпорация «Иркут» в г. Ульяновск
432072, г. Ульяновск, пр. Антонова, 1
e-mail: anton.pikalov@ufki.irkut.com*

Доклад является кратким обзором передового оборудования, применяемого ведущими авиастроительными компаниями для обработки авиационных конструкций из высокомодульных углепластиков и труднообрабатываемых металлов при автоматизированной сборке агрегатов.

Ключевые слова: углеродное волокно; композиционный материал, армированный углеродным волокном (КМУ); режущий инструмент (РИ); агрегатно-сборочное производство (АСП); сверлильная машина с автоматической подачей режущего инструмента (СМАП); воздушно-смазочная смесь (МQL); специальная технологическая оснастка (СТО)

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время углеродное волокно получает всё большее применение, поэтому возрастает необходимость автоматизации его производства для повышения производительности. Углеродное волокно может быть прочнее стали, легче алюминия и такое же жесткое, как титан.

Углеродное волокно применяется для уменьшения веса конструкции самолета, в результате чего снижается расход топлива, количество выбросов в атмосферу и повышается грузоподъемность.

При этом повышаются требования:

- к функциональности оборудования
- к эффективности режущего инструмента
- к качеству обработанных отверстий и кромок

Композиты и особенно углепластики получают большое распространение за счет своих полезных свойств. Особые свойства КМУ обеспечивают такие преимущества, как снижение затрат, сохранение окружающей среды и расширение технологических возможностей. Сегодня композиты применяются во многих отраслях (рис. 1), в том числе и в аэрокосмической промышленности.



Рис. 1. Области применения композитов

ПРИМЕНЕНИЕ КМУ В АВИАСТРОЕНИИ

В авиастроении важным преимуществом КМУ является возможность снижения веса конструкций. Так, в новейших моделях самолетов >50% по весу составляют композиты (рис. 2, 3).

В зависимости от области применения определяются геометрия и типы КМУ:

- Несущие элементы конструкции - Эпоксидная смола с высокой или средней термостойкостью, высокопрочные (HS) или высокомодульные (IM) углеродные волокна
- Интерьер - Фенольные смолы, высокопрочные (HS) углеродные волокна, стекловолокно, арамид (кевлар)
- Несущие элементы конструкции - Смолы с низким сопротивлением деформации (полиэстер, винилэстер)

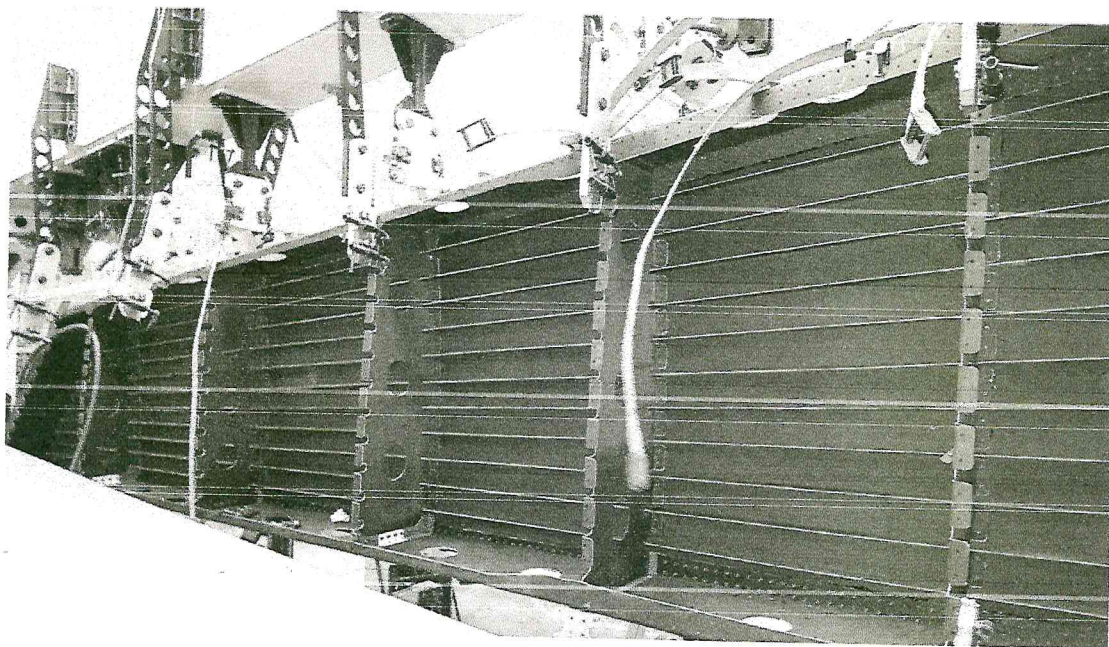


Рис. 2. Кессон киля современного ЛА (внутренняя часть)

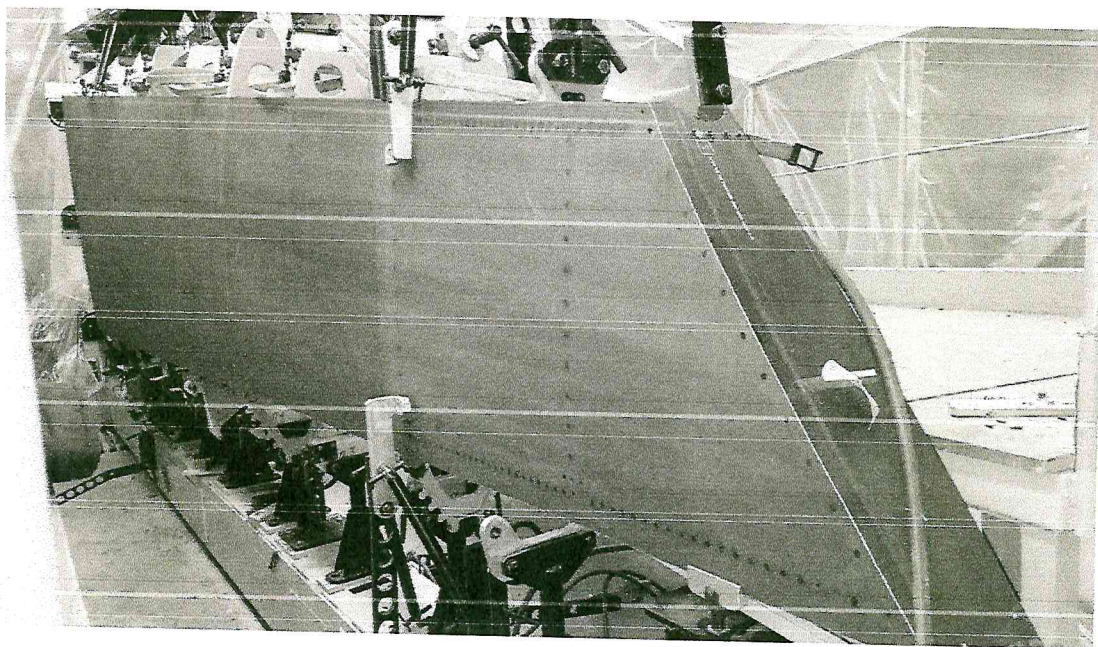


Рис. 3. Кессон киля современного ЛА (внешняя часть)

Современные материалы становятся более труднообрабатываемыми. Пластики, армированные угльным волокном (КМУ), часто используются в пакетах с алюминиевыми или титановыми сплавами.

Стандартный состав такого пакета:

КМУ
Ti

КМУ
Al

Al
КМУ
Ti

ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ КМУ

- Качество обработки углепластиков визуально оценить крайне сложно:

- нет стружки, по которой можно судить о качестве обработки
- измерение шероховатости не имеет большого значения
- разрушения не всегда видимы

- Основной индикатор – качество отверстия и состояние режущего инструмента.

- Деламинация - отделение низлежащего слоя (слоев) из-за большой осевой силы резания при сверлении (рис. 4).

- Сколы - наличие фрагментов волокон внутри отверстия из-за недостаточной эффективности резания (рис. 5).

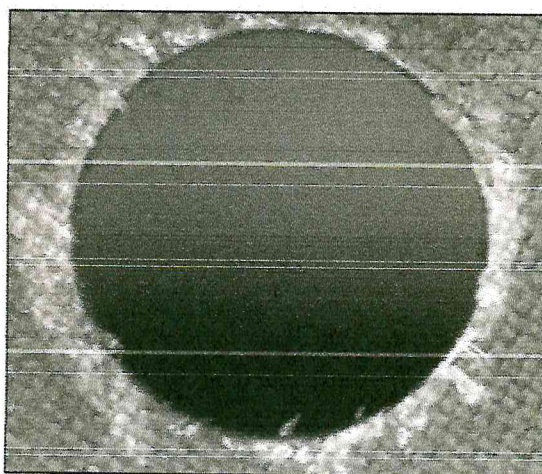


Рис. 4. Деламинация



Рис. 5. Сколы

ТРЕБОВАНИЯ К РАЗДЕЛКЕ ОТВЕРСТИЙ

- В КМУ:
 - Шероховатость $Ra < 4,8$ мкм
 - Деламинация < 1 мм от диаметра отверстия
 - Отсутствие сколов (рваных волокон в отверстии)
- В смешанных пакетах:
 - Шероховатость $Ra < 3,2$ для КМУ
 - Шероховатость $Ra < 1,6$ для Al и Ti
 - Точность отверстия: от ± 20 мкм до ± 40 мкм
 - Отсутствие деламинации и сколов на выходе отверстия
 - Отсутствие повреждения волокон стружкой от металлических материалов в пакете

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛКИ ОТВЕРСТИЙ

Специфические особенности АСП авиационных конструкций исключают возможность использования для обработки отверстий стационарного механообрабатывающего оборудования. С увеличением объемов применения КМУ в высоконагруженных особо ответственных элементах конструкции планера, растёт актуальность разработки эффективных методов и средств механической обработки.

Обычно при механизированной обработке отверстий используется:

- Ручной сверлильный инструмент (не рассматривается)
- Автоматизированные СМАП (рис. 6):
 - пневматические
 - электрические
- Роботизированные платформы (рис. 7)

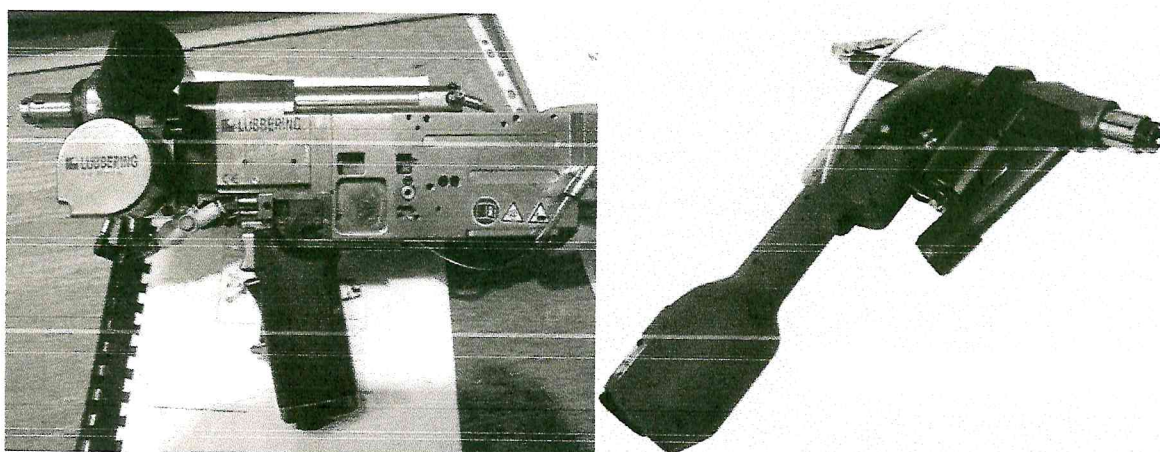


Рис. 6. СМАП пневматическая ф. Lubbering (слева) и электрическая ф. Seti-Tec (справа)

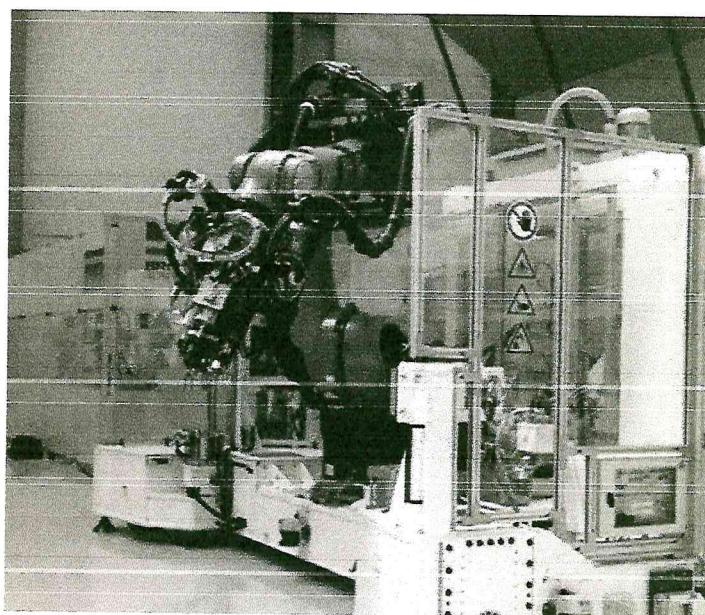


Рис. 7. Роботизированная платформа на базе робота ф. KUKA

СМАП являются оборудованием для ручной обработки отверстий нового поколения. Они предназначены для разделки отверстий, как в однородных материалах, так и в смешанных пакетах материалов. Для применения СМАП необходимо наличие специальной технологической оснастки - кондуктора, который монтируется непосредственно на обрабатываемой поверхности (рис. 8), специального РИ. Способы фиксации СМАП в кондукторе различны и зависят от конкретной задачи.

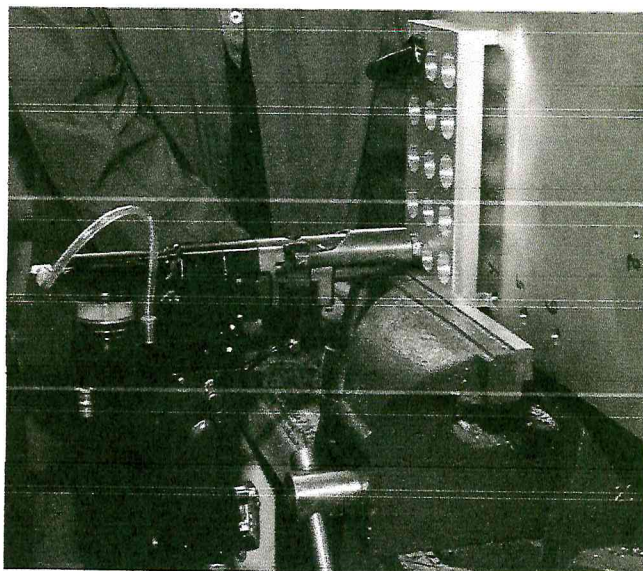


Рис. 8. Фиксация СМАП на обрабатываемой поверхности с помощью кондуктора

Роботизированные платформы, в свою очередь, не требуют наличия кондукторов. С помощью промышленных роботов в автоматическом режиме выполняется полный цикл сборочных операций:

- позиционирование собираемой конструкции или агрегата
- разделка отверстий (сверление и зенкование)
- подача крепёжного элемента
- нанесение герметика
- установка крепёжного элемента
- затяжка крепёжного элемента
- расфиксация и перемещение собранной конструкции или агрегата
- возвращение на начало цикла

Современные автоматизированные и роботизированные устройства осуществляют процесс подачи-возврата режущего инструмента в автоматическом режиме. Приводом служит, как пневматический, так и электрический двигатель.

При сверлении с постоянной подачей образуется более крупная и длинная стружка, при этом стружка более твердого слоя, проходя через более мягкий материал, может повредить поверхность отверстия в мягком слое. Поэтому современные устройства оснащены микровибрационной («клюющей») подачей РИ, которая исключает этот недостаток благодаря образованию мелкой, фрагментированной стружки, выводимой из зоны обработки с помощью промышленного пылесоса (рис. 9).

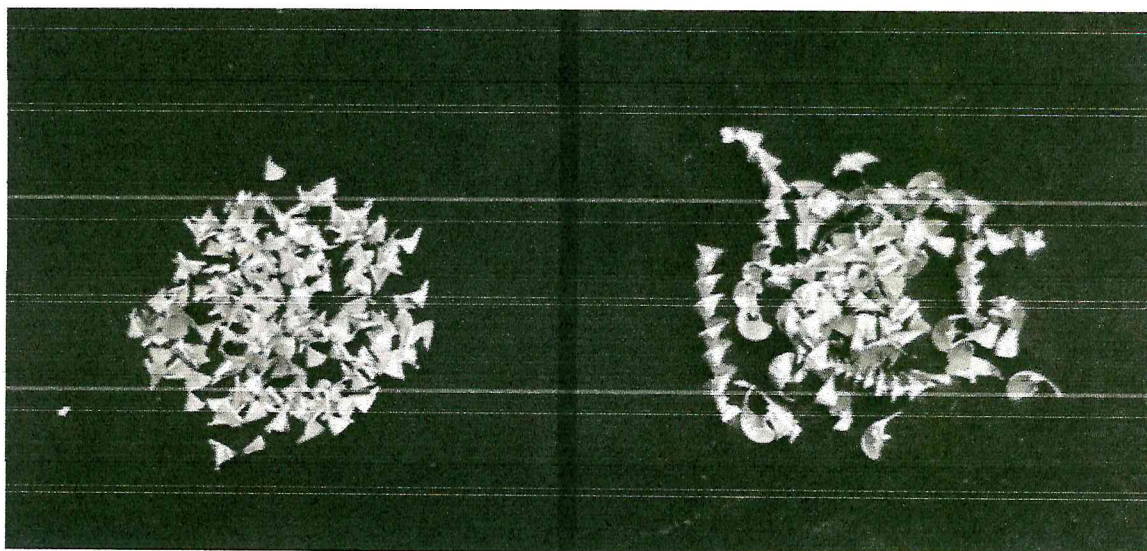


Рис. 9. Стружка при «кляющей» (слева) и постоянной подаче (справа)

Выбор подходящего механизма зависит от следующих факторов:

- габариты конструкции
- свойства материалов пакета
- параметры отверстий (диаметр, допуск на размер, наличие зенкования)
- наличие пространства для подхода
- условия подачи воздушно-смазочной смеси MQL через полый шпиндель и маслоканалы в РИ (рис. 10)

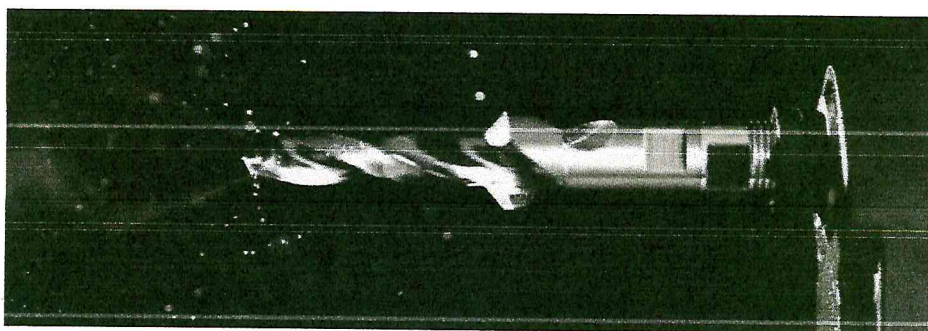


Рис. 10. Воздушно-смазочная смесь (MQL)

Пневматические СМАП настраиваются на один конкретный режим обработки (скорость резания, величина подачи РИ, MQL), в то время как электрические и роботизированные платформы могут быть запрограммированы на различные режимы. Причём, зачастую режимы требуется изменять в рамках одного рабочего цикла. Это относится к разделке смешанных пакетов из разнородных материалов.

Эл. СМАП (рис. 11) имеют блок памяти, в который через контроллер загружается программа рабочего цикла с ПК. После загрузки программы ПК не участвует в рабочем процессе. Так же блок памяти

служит для записи всех параметров рабочего цикла для последующей передачи данных через контроллер на ПК.



Рис. 11. Комплект эл. СМАП

Выходная информация возвращается обратно на ПК и хранится в статистической базе данных или на сервере. Настоящей информацией можно пользоваться повторно, детально воспроизведя удачный опыт и корректируя неудавшиеся моменты.

Существует два метода программирования эл. СМАП:

- Метод ручного задания вводных данных
- Эмпирический метод ввода данных

В первом случае в качестве вводных данных служат:

- информация о составе пакета
- толщину слоёв пакета
- изменением режимов обработки в рамках одного рабочего цикла (быстрая подача на холостом ходу при входе в материал/переход из материала в материал/выход из материала)
- наличие MQL на каждый слой или полное её отключение на любом слое
- сохранение статистической справки с указанием геометрических характеристик (номинальный диаметр, угол заточки РИ, давление пневмосети, max и min значения режимов обработки и т.д.)

Во втором случае в качестве вводных данных служат:

- Значение осевого усилия резания (индивидуально для всех слоёв пакета)
- Величина крутящего момента на РИ (индивидуально для всех слоёв пакета)
- Скорость резания (индивидуально для всех слоёв пакета)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время в аэрокосмической промышленности происходит поэтапный процесс отхода от ручного механизированного труда и перехода на автоматизированные решения и роботизированные комплексы.

Новейшие решения в области автоматизации позволяют осуществлять:

- позиционирование собираемой конструкции или агрегата
- разделка отверстий (сверление и зенкование)
- подача крепёжного элемента
- нанесение герметика
- установка крепёжного элемента
- затяжка крепёжного элемента
- расфиксация и перемещение собранной конструкции или агрегата
- возвращение на начало цикла

Выбор оптимальных режимов обработки в совокупности с усовершенствованием геометрии РИ и смазок по-прежнему является краеугольным камнем технологического процесса обработки авиационных конструкций из высокомодульных углепластиков и труднообрабатываемых металлов.

Благодарим за участие!



СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
1	Аврамец Д.Р. АО «Авистар-СП», г. Ульяновск Особенности формообразования тонкостенных элементов трубопроводов при гибке на станках с ЧПУ	5
2	Баранов А.С., Марковцев В.А. АО «Ульяновский НИАТ», г. Ульяновск Разработка технологии резки сдвигом детали «Заготовка стойки ползуна» на основе проведенного конечно-элементного моделирования	17
3	Дементьев К.С., Филимонов В.И. УлГТУ, г. Ульяновск Ослабляющая перфорация гнутых профилей	24
4	Демьяненко Е.Г., Епифанов А.Н. СГАУ имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара Формообразование конической заготовки для изготовления деталей на основе процессов отбортовки и формовки	28
5	Илюшкин М.В. АО «Ульяновский НИАТ», г. Ульяновск Моделирование технологических процессов для авиационной промышленности средствами инженерного анализа: ОМД и механообработка	33
6	Кокорин В.Н., Кокорин А.В., Зиннатов Б.Р., Евстигнеев А.А. УлГТУ, г. Ульяновск Перспективная техника и технология интенсивного прессования заготовок и деталей теоретической плотности из металлических порошков	42
7	Кокорин В.Н., Кокорин А.В., Зиннатов Б.Р., Евстигнеев А.А. УлГТУ, г. Ульяновск Пресс-форма при получении цилиндрических высокоплотных изделий с реализацией условий бокового выдавливания	47

8	Кокорина И.В., Филимонов В.И. УлГТУ, г. Ульяновск Влияние элементов жесткости в донной части профиля на технологию его изготовления	52
9	Кокорина И.В., Филимонов В.И. УлГТУ, г. Ульяновск Влияние предварительного упрочнения заготовки на качество гнутого профиля	56
10	Марковцев В.А., Илюшкин М.В., Попов А.Г. АО «Ульяновский НИАТ», г. Ульяновск Разработка технологии изготовления профилей из листовых заготовок в свежезакаленном состоянии для панелей фюзеляжа МС-21	60
11	Марковцева В.В., Морозов О.И. ОА «Ульяновский НИАТ», г. Ульяновск УлГТУ, г. Ульяновск Моделирование и исследование уголковой зоны ЭДТ гнутых профилей с покрытием	63
12	Марковцева О.Ю., Сивак Е.И. ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева», г. Ульяновск Диалектика конструирования летательных аппаратов в Российском и зарубежном опыте самолетостроения	69
13	Пикалов А.А. Филиал ПАО «Корпорация «Иркут» в г. Ульяновск Автоматизированная и роботизированная разделка отверстий при сборке современных летательных аппаратов	73
14	Рыжаков С.Г., Должиков В.А., Перфильев О.В. УФКБ ПАО «Туполев», г. Ульяновск Применение экспертной системы локализации отказов при отработке оборудования самолета «ТУ-204СМ» в эксплуатации	83
15	Рыжаков С.Г., Должиков В.А., Костромитинов С.В., Танонин М.С. УФКБ ПАО «Туполев», г. Ульяновск Повышение эффективности системы вытяжки воздуха санитарных и бытовых помещений самолета	93

16	Смирнова А.С., Почивалов Ю.И., Горбунов А.В. ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН) ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск Исследование влияния состояния поверхностного слоя на механические характеристики титанового сплава BT23	100
17	Турундаев К.В. АО «Ульяновский НИАТ» Пути повышения качества гнутолистовых профилей для летательных аппаратов	105
18	Филимонов А.В., Филимонов В.И. ООО «Завод металлических изделий», г. Нижний Новгород УлГТУ, г. Ульяновск Об определении коэффициента асимметрии профиля	114
19	Филимонов А.В., Филимонов В.И. ООО «Завод металлических изделий», г. Нижний Новгород УлГТУ, г. Ульяновск Особенности разработки пневмопресса для отрезки профилей	118
20	Филимонов А.В., Филимонов В.И. ООО «Завод металлических изделий», г. Нижний Новгород УлГТУ, г. Ульяновск Разработка технологии производства профилей обрамления воздуховодов	122
21	Халилов Ф.Х. АО «Ульяновский НИАТ», г. Ульяновск Автоматизация производства гнутых профилей для автомобильной номенклатуры АО «Ульяновский НИАТ»	126
22	Чайников К.К. Филиал ПАО «Корпорация «Иркут» в г. Ульяновск Типовые дефекты, возникающие в процессе механической обработки отверстий в авиационных конструкциях, состоящих из КМУ и труднообрабатываемых металлов и сплавов	128

Электронное научное издание

**ИННОВАЦИИ В ТЕХНОЛОГИЯХ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЛИСТОВЫХ
МАТЕРИАЛОВ И УПРОЧНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ
В АВИАЦИОННОЙ И ДРУГИХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**I Всероссийская научно-производственная конференция,
приуроченная ко Дню науки
(Ульяновск, 10 февраля 2016 г.)**

Сборник научных трудов

Ответственная за выпуск Марковцева В. В.

ЛР № 020640 от 22.10.97

Дата размещения на сайте 29.04.2016.

Объем ЭИ (Мб): 8,11.

Тираж 20 экз. Заказ 379.

Ульяновский государственный технический университет,
432027, г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, 32.

Интернет-сайт: <http://tzshp.ru/>