

DOI.org/10.5281/zenodo.808903
УДК 678+621.9.048.6.06

Н.И. Мелюхов, Т.А. Грищенко, В.О. Любушкин

МЕЛЮХОВ НИКИТА ИГОРЕВИЧ – инженер-технолог
ГРИЩЕНКО ТАТЬЯНА АНДРЕЕВНА – инженер-технолог 3-й категории
*Арсеньевская авиационная компания «Прогресс» им. Н.И. Сазыкина,,
e-mail: aac@progress.ru*

Площадь Ленина, 5, Арсеньев, Приморский край, 692335

ЛЮБУШКИН ВАДИМ ОЛЕГОВИЧ – студент 3 курса, специальность
«Самолёто-вертолётостроение», Филиал ДВФУ, г. Арсеньев.

Дальневосточный федеральный университет

Площадь Ленина, 5, Арсеньев, Приморский край, 692335

О раскрой препрегов, резке и обработке полимерсотопластов при изготовлении авиапанелей

Аннотация: Представлен вариант решения проблемы по сокращению применения ручных операций в производстве путём перевода раскройки препрегов и обработки полимерсотопластов на установку ультразвуковой резки при изготовлении деталей из полимерных композиционных материалов (ПКМ).

Описаны направления исследований по новой технологии раскройки препрегов и обработки полимерсотопластов на основе бумажного материала типа Nomex® с использованием энергии ультразвуковых колебаний. Осваиваемые решения применимы при изготовлении обводообразующих тонкостенных панелей из ПКМ для предприятий в авиакосмической отрасли промышленности, а также в области судостроения.

Ключевые слова: формообразующая поверхность, полимерная панель, ультразвуковая резка, раскрой препрега, полимерсотопласт, металлические вставки.

Введение

В рамках принятого и действующего инвестпроекта «Техническое перевооружение (реконструкция) производства ААК «ПРОГРЕСС». Реконструкция композитного производства» предприятие планирует освоение технологических процессов резки на ультразвуковой установке US-50 (GFM, Австрия) (рис. 1).

Потребность композитного производства предприятия в установке ультразвуковой резки вызвана тем, что в данном устройстве удачно сочетаются два вида обработки: раскрой препрегов из стекло-, углеволокна и обработка по программе поверхностей сложной кривизны из полимерсотопластных (ПСП) материалов на основе бумаги типа Nomex® (далее Номекс). Широкий диапазон использования особенностей ультразвука устраивает специалистов предприятия [2–4]. В настоящее время раскрой препрегов производится вручную, по шаблону, что

© Мелюхов Н.И., Грищенко Т.А., Любушкин В.О., 2017

О статье: поступила: 19.04.2016; принята к публикации: 24.04.2017, финансирование – бюджет ДВФУ. Научные руководители: Ю.П. Денисенко, управляющий директор, М.Ю. Ивашков – руководитель проекта по реконструкции производства из полимерных композиционных материалов (АКК «Прогресс» им. Н.И. Сазыкина, г. Арсеньев); О.Ш. Бердиев, заместитель директора филиала ДВФУ в г. Арсеньеве по НИР и развитию.

негативно влияет на показатели трудоёмкости, следовательно, ведёт к значительному увеличению времени изготовления деталей из ПКМ. Кроме того, ручная операция – это снижение точности раскроя и качества изготавливаемой продукции. При использовании ультразвукового оснащения, известных приёмов и методов, уже применяемых при механообработке металлов, возможно быстро освоить точный сложный комплексный раскрой препрега в пакетах и ячеистого сотопласта по высоте [1, 5].

Обработка (резка) деталей из ПСП проводится вручную с использованием нагретой нихромовой проволоки и последующей ручной шлифовкой абразивными материалами.

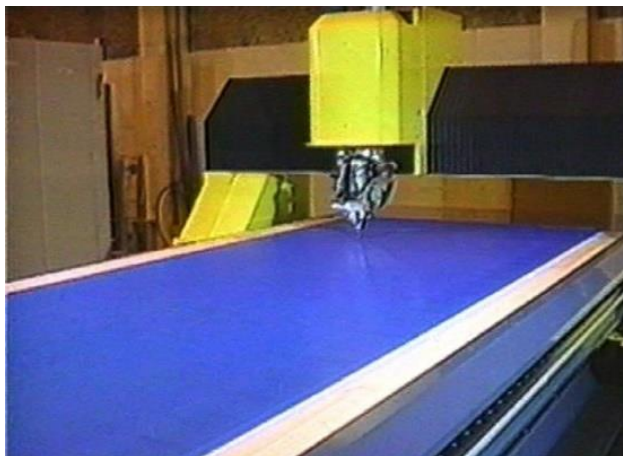


Рис. 1. Установка ультразвуковой резки US-50. Раскройная головка.

Постановка задачи

Известны установки, применяемые в медицинской практике для проведения полостных операций, а также в лёгкой промышленности, где в массовом производстве при раскрое ткани ультразвуковые аппараты режут по лекалу пачки заготовок «по вертикали».

Предприятию же предстоит освоить серийную обработку методом ультразвукового раскроя препрега на фрагменты размером до 5,5 м – для изготовления около 280 видов деталей, имеющих разную структуру (5 типов препрегов).

Исследованные характеристики установки ультразвуковой резки US-50 дают возможность значительно ускорить процесс раскроя препрегов и обработки ПСП, что позволяет кратно увеличить рост объемов выпуска деталей из ПКМ, повысить точность изготовления деталей и снизить процент технического брака.

Исследование применимости установки US-50 показывает реальность выполнения видов 2D и 3D обработки в зависимости от поставленной задачи. Размеры рабочей зоны: для 2D обработки – 3700 мм × 1830 мм; для 3D обработки – 3360 мм × 1340 мм × 290 мм. Оборудование для ультразвуковой резки состоит из ультразвукового генератора, который генерирует электрические колебания с частотой 20 кГц. Эти колебания передаются в конвертер, который преобразует их в механические колебания той же частоты. Амплитуда этих колебаний усиливается соноотродом и передается на режущий инструмент. Высокая частота колебаний позволяет обрабатывать без сминания даже такие мягкие материалы, как полимерный материал Номекс. Сложность обработки Номекса ещё и в том, что в авиастроении он применяется в виде пространственных структур (сотопластов), у которых на большой площади необходимо обработать торцевую часть и придать ей сложную форму двойной кривизны.

Кроме того, по мнению авторов данной работы, установка ультразвуковой резки US-50 позволит повысить коэффициент использования исходного материала, поскольку имеет систему подготовки раскладок, позволяющую оптимально расположить элементы для раскроя препрега по конфигурации в соответствии с чертежами, хранящимися в памяти устройства. Использование возможностей установки и всего технологического цикла позволит резко повысить степень

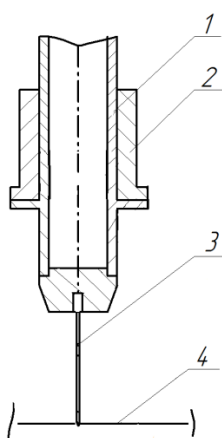
механизации и автоматизации композитного производства, значительно снизить уровень ручного труда, получать продукцию стабильно высокого качества.

Цель статьи – анализ и представление предложенного метода точного раскроя крупногабаритных заготовок и автоматизации сложнопрофильной обработки торцевой зоны полимерсотопластовых блоков.

Решение задачи по точному раскрою препрега и сложнопрофильной резке блоков ПСП

Установка ультразвуковой резки работает по трем основным направлениям: 2D раскрой препрега с использованием тангенциальных режущих пластин, 3D обработка блоков ПСП с использованием тангенциальных режущих пластин и 3D обработка блоков ПСП с использованием ультразвукового дискового ножа.

Схема 2D раскроя препрега с использованием тангенциальных режущих пластин показана на рис. 2.



**Рис. 2. Схема ультразвукового раскроя препрега:
1 – ультразвуковой блок; 2 – оправка; 3 – тангенциальная режущая пластина; 4 – препрег
(подстилаящая поверхность условно не показана).**

В установку интегрирована система подготовки раскладок, позволяющая оптимально использовать исходный материал и уменьшить количество отходов. Для этого 2D файлы из CAD системы импортируются в систему подготовки раскладок и оптимально распределяются по площади препрега (рис. 3).

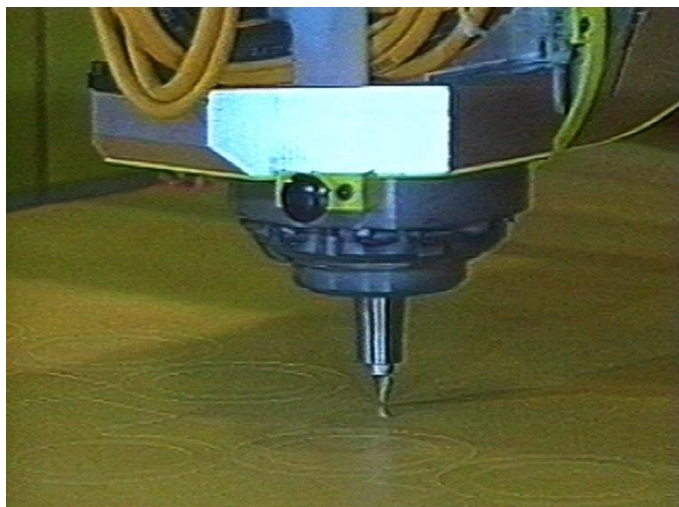


Рис. 3. Ультразвуковой раскрой препрега с использованием системы раскладок.

С применением ультразвуковых режущих пластин может также производиться обработка блоков ПСП для предварительной подготовки к дальнейшему использованию (рис. 4), либо для получения деталей простой формы (рисунки 5–7).

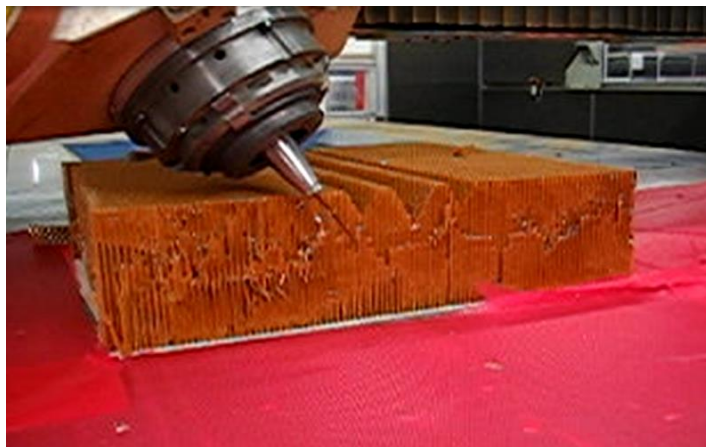


Рис. 4. Предварительная обработка блока ПСП с использованием режущих пластин.

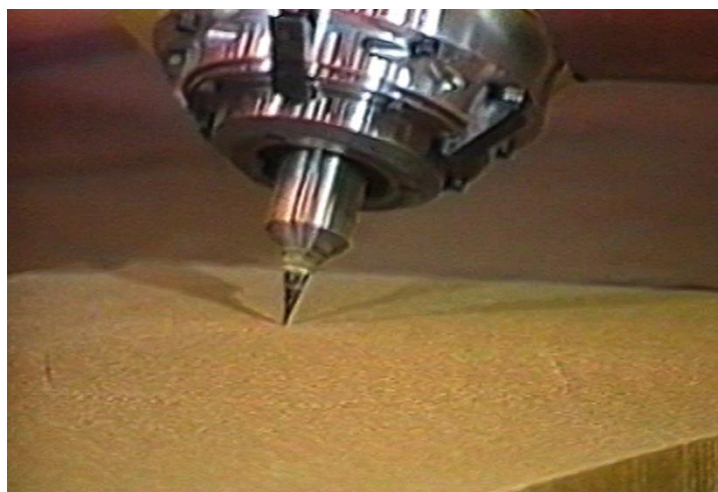


Рис. 5. Обработка блока ПСП с использованием режущих пластин.

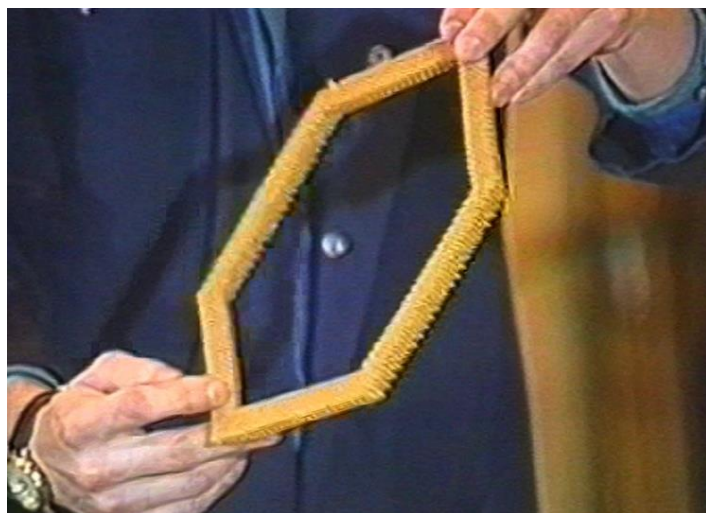
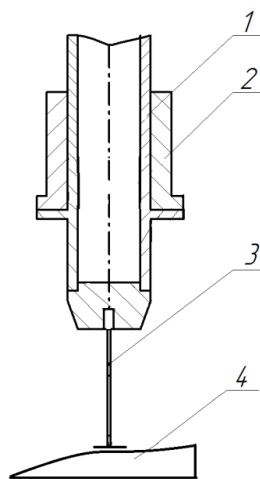


Рис. 6. Деталь из ПСП, полученная с использованием режущих пластин.



Рис. 7. Деталь из ПСП, полученная с использованием режущих пластин.

Схема 3D обработки блоков ПСП с использованием ультразвукового дискового ножа показана на рис. 8.



**Рис. 8. Схема ультразвуковой обработки ПСП:
1 – ультразвуковой блок; 2 – оправка; 3 – ультразвуковой дисковый нож; 4 – блок ПСП
(подстилающая поверхность условно не показана).**

Такая обработка используется для получения деталей с поверхностью сложной кривизны (рис. 9, 10).

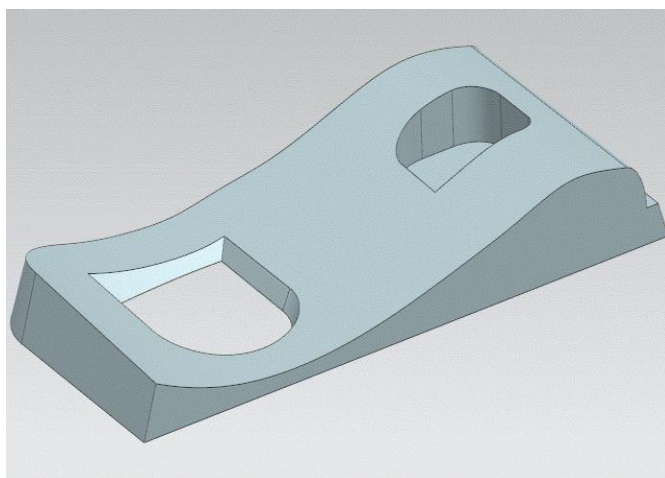


Рис. 9. Деталь сложной кривизны из ПСП.



Рис. 10. Обработка детали сложной кривизны из ПСП.

Таким образом, при использовании установки обеспечивается полностью интегрированный процесс автоматического создания контура детали, раскладки и резания. Система распределения материала учитывает форму заготовки после раскроя и обработки, благодаря чему достигается оптимальное использование материала и экономичный режим работы, снижение производственных расходов, сокращение времени и стоимости работы.

Обсуждение результатов

Авторы предполагают, что проведенная работа дала искомый результат, и теперь освоение новой установки позволит сократить трудоёмкость раскроя ПКМ и резки ПСП, а также значительно повысить качество изготавливаемой продукции. Следует отметить, что освоение установки для обработки препрегов и ПСП будет первым в российском авиастроении. Вероятно поэтому информационный поиск по указанной теме результатов не даёт. Более конкретно о показателях эффективности данной установки можно будет говорить после ее внедрения на ААК «ПРОГРЕСС» и наработки статистических данных, так как на территории Российской Федерации нет действующих установок подобного типа.

Заключение

Освоение и развитие процессов ультразвуковой резки позволяют надеяться на значительное уменьшение цикла раскроя, подбора и сборки комплектов деталей из ПКМ, резки ПСП и на повышение качества данной работы. В настоящее время ведется работа по приобретению установки ультразвуковой резки US-50, подбору номенклатуры деталей для обработки на данном комплексе, подготовке материалов для обучения персонала и выдачи технологических рекомендаций производству, а также по приобретению и внедрению программного обеспечения для выполнения послойной раскладки деталей из ПКМ. Проведение данного исследования позволит не только внедрить в производственный цикл установку ультразвуковой резки, но и увеличить автоматизацию процесса сборки деталей из ПКМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головкин В.В. Управление технологическими параметрами процесса нарезания резьбы с ультразвуковыми колебаниями в целях повышения эксплуатационных характеристик резьбовых деталей // Научно-технические технологии в машиностроении. 2014. № 6. С. 30–34.
2. Диагностика полимерных композитов ультразвуковым реверберационно-сквозным методом / А.С. Генералов, В.В. Мурашов, М.А. Далин, А.С. Бойчук // Авиационные материалы и технологии. 2012. № 1. С. 42–47.
3. Лебедев В.А., Вяликов И.Л. Оценка эффективности влияния ультразвуковых колебаний на повышение интенсивности вибрационной отделочной обработки деталей // Научно-технические технологии в машиностроении. 2014. № 4. С. 32–44.
4. Применение технологии ультразвуковых фазированных решёток в неразрушающем контроле деталей и конструкции авиационной техники, изготавливаемых из ПКМ / А.С. Бойчук, А.В. Степанов, Е.И. Касарина, А.С. Генералов // Авиационные материалы и технологии. 2013. № 2. С. 41–47.
5. Разработка ультразвукового блока для комбинированной обработки каналов / В.П. Смоленцев, И.Г. Дроздов, Е.А. Салтанаева // Научно-технические технологии в машиностроении. 2013. № 10. С. 13–18.

[THIS ARTICLE IN ENGLISH SEE NEXT PAGE](#)

DOI.org/10.5281/zenodo.808903

Melukhov N., Grishchenko T., Lyubushkin V.

NIKITA MELUKHOV, Engineering Technologist
TATIANA GRISHCHENKO, Engineering Technologist,
PJSC AAC Progress, e-mail: aac@progress.ru
5, Lenin Square, Arsenyev, Primorsky Krai, Russia, 692335
VADIM LYUBUSHKIN, Student, Arsenyev Branch, Far Eastern Federal University
Far Eastern Federal University
6, Lenin Square, Arsenyev, Primorsky Krai, Russia, 692335

Scientific advisers: Yury Denisenko, Managing Director, Mikhail Ivashkov, Director, The Project of the Reconstruction of the Production of Polymer Composite Materials of PJSC AAC Progress, Oleg Berdiev, SRW Deputy Director, FEFU in Arsenyev Branch.

Cutting prepregs, cutting and processing polymer plastics in the manufacture of aircraft panels

Abstract: The article presents an alternative to the solution of the problem of reduction of manual operations in manufacture. It may be achieved if cutting out prepregs and processing polymeric materials (PMP) be changed for sharp ultrasonic cutting when manufacturing components from polymeric composite materials (PCM). Described are the lines of investigations on new techniques of cutting out prepreg and processings polymeric material of the Nomex type with the use of the energy of ultrasonic waves. The obtained solutions may be applied when manufacturing stretch-forming thin-walled panels from PKM in the aerospace industry as well as in shipbuilding.

Key words: form-building surface, polymeric panel, ultrasonic cutting, cutting out prepreg, polymeric material, metal inserts.

REFERENCES

1. Golovkin V.V. Management of technological parameters of the thread cutting process with ultrasonic vibrations in order to improve the performance characteristics of threaded parts. *High-Tech Solutions in Mechanical Engineering*. 2014;6:30-34.
2. Diagnostics of polymer composites by ultrasonic reverberation-through method. A.S. Generalov, V.V. Murashov, M.A. Dalin, A.S. Boychuk. *Aviation materials and technologies*. 2012;1:42-47.
3. Lebedev V.A., Vyalikov I.L. Estimation of the effectiveness of the influence of ultrasonic vibrations on the vibratory finishing processing of parts intensity increase. *High-Tech Solutions in Mechanical Engineering, Mechanical Engineering*. 2014;4:32-44.
4. Application of the technology of ultrasonic phased arrays in nondestructive testing of parts and design of aviation equipment made from PCM. A.S. Boychuk, A.V. Stepanov, E.I. Kasarina, A.S. Generalov. *Aviation materials and technologies*. 2013;2:41-47.
5. Development of an ultrasonic unit for combined channel processing. V.P. Smolentsev, I.G. Drozdov, E.A. Saltanaeva. *High-Tech Solutions In Mechanical Engineering*. 2013;10:13-18.