

УДК 678.027.7:677

В. А. Витренко, д-р техн. наук, проф., **Г. В. Сыровой**, инж., **А. Ю. Ратушняк**, инж.
Луганский национальный университет имени Владимира Даля
Тел.: +38(095)0703018; E-mail: siig@i.ua

ВЫБОР РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПОРЕЗКИ ДЛИННОМЕРНОГО ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

В статье представлен анализ характеристик инструментальных материалов для оснащения режущей части инструмента, используемого при обработке длинномерных стержней малого диаметра из полимерного композиционного материала. Проведен выбор разных видов инструментального материала. Выбраны четыре группы исследуемого материала. Даны рекомендации по применению режущего инструмента при порезке изделий, изготовленных из стеклопластика и углепластика

Ключевые слова: инструмент, стеклопластик, углепластик, стойкость, стержень, твердый сплав.

V. A. Vitrenko, G. V. Syrovoy, A. Y. Ratushnyak

SELECTION OF CUTTING TOOLS FOR CUTTING OF LONG POLYMER COMPOSITE MATERIAL

The article presents the analysis of the characteristics of tool materials for equipment of the cutting tool used in the processing of long-length rods of small diameter made of composite material. Selection of different types of tool material. The selected four groups of the studied material. Recommendations on the use of a cutting tool when cutting of products made from fiberglass and carbon fiber.

Keywords: instrument, fiberglass, carbon fiber, durability, rod, hard alloy.

1. Введение

Длинномерные изделия из полимерных композиционных материалов (ПКМ) находят все более широкое применение в машиностроении, автомобилестроении, авиационном и других областях промышленности. Это трубки, профили, тяги и др., которые после окончательной полимеризации подвергаются точению, резанию, шлифованию, полированию, т.е. механической обработке.

Механическая обработка необходима также для достижения требуемой точности и качества поверхности и получения сложных конфигураций изделия. Однако для достижения максимальной производительности этих процессов следует оптимизировать механическую обработку [1, 2].

Учитывая высокую прочность полимерных материалов, а также их волокнистую структуру, механическую обработку необходимо выполнять острозаточенным инструментом, оснащенным пластинами из материалов, характеристики которых зависят от вида обработки и физико-механических свойств ПКМ [3].

В технологических процессах изготовления стержней из ПКМ непрерывным способом, порезка стержня на мерную длину, является важным этапом, определяющим стабильность процесса и качество торца стержня [4].

Поэтому в технологическом процессе необходимо предусмотреть такой режущий инструмент, который максимально точно делал бы рез и не потребовал дополнительной механической обработки.

Так же построение аналогий с подобной механической обработкой металлов не дает желаемого результата, т.к. процесс резания полимерных композиционных материалов существенным образом отличается от процесса резания металлов. Следователь-

но, необходимость подбора режущего инструмента, инструментальных материалов и всестороннее исследование процесса резания композиционных материалов остается важной задачей.

Целью работы является анализ и выбор материала режущего инструмента, используемого при порезке длинномерного полимерного композиционного материала.

2. Основное содержание и результаты работы.

На сегодняшний день при изготовлении длинномерного изделия из ПКМ используют в основном стекловолокно и угольную нить.

Структуре длинномерного полимерного композиционного материала состоящего из волокон стекла и композиционной матрицы присущи высокие истирающие свойства. Из-за чередования стекловолокон и матрицы из связующего, воздействие стеклопластика на материал инструмента подобно шлифовальному кругу. Отсюда следует один из типичных случаев абразивного износа, который сводится к большому числу образования сколов либо распушиванию при порезке стержней (рис.1).



Рисунок 1 – Вид реза стержня из стеклонити и угленити

Из-за структуры длинномерных тонких углепластиковых стержней выделяют их в особую группу труднообрабатываемых материалов, которая характеризуется своими закономерностями протекания процесса резания, что делает невозможным напрямую эффективно использовать накопленный опыт и рекомендации по обработке резанием металлов. В табл.1 представлены для сравнения характеристики металлических, стеклянных и углеродных стержней.

Таблица 1.

Характеристики используемых материалов

Материал	Плотность кг/м ²	Прочность при растяжении, МПа	Модуль Юнга, ГПа	Удельная прочность, е·10 ³ , км	Удельный модуль, Е·10 ⁶ , км
Углепластик	1450-1600	780-1800	120-130	53-112	9-20
Стеклопластик	2120	1920	69	91	3,2
Высокопрочная сталь	7800	1400	210	18	2,7

Алюминиевый сплав	2700	500	75	18	2,7
Титановый сплав	4400	1000	110	28	2,5

При обработке полимерных композиционных материалов ПКМ скорость резания назначают из условия отсутствия термоокислительной деструкции материала, что является обязательным требованием обеспечения качества поверхностного слоя изделия. Низкие температуры начала протекания термодеструкции ПКМ (250...350°C) в сочетании с крайне низкой их теплопроводностью (в 100...600 раз меньше, чем у конструкционных сталей) вызывают необходимость, несмотря на относительно небольшие удельные давления на инструмент, назначать на операции механической обработки малые скорости резания [5].

В области высоких скоростей резания (25...100 м/с) при температурах, значительно (до 2...4,5 раз) превышающих критические температуры термодеструкции ПКМ, существует широкий диапазон условий обработки, при котором обеспечивается высокое качество поверхностного слоя. Это объясняется малым при высокоскоростной обработке, недостаточным для протекания термоокислительных процессов, временем действия контактной температуры на заготовку. Результаты исследований позволяют рекомендовать метод высокоскоростной обработки как эффективное средство, повышающее интенсивность процесса обработки резанием ПКМ в 50-100 раз. Применение метода может ограничиваться техническими возможностями оборудования, большими габаритами (инерционными силами) или недостаточной жесткостью заготовки [6].

Высокое качество реза достигается при применении метода резания механическим воздействием на материал. При правильно выбранных условиях обработки метод позволяет полностью устранить ворс и обеспечить высокое качество обработки.

Хороший эффект при решении проблемы удаления ворса достигается при использовании метода резания с комбинированным тепловым и механическим воздействием на материал. При обработке углепластиков комбинированное энергетическое воздействие на материал способствует снижению шероховатости и устранению образующегося ворса. Наиболее рациональными температурами кратковременного теплового воздействия считаются значения $T = 200...300$ °C, при которых происходит размягчение связующего без заметного изменения его структуры за счет термодеструкции. Давление специального механического устройства на вязкий поверхностный слой ПКМ обеспечивает прочную связь ворса, образовавшегося при предшествующей обработке, с застывшим связующим веществом и формирует поверхность изделия. Поступательное перемещение такого устройства способствует равномерному распределению размягченного связующего по всей обработанной поверхности, опрессовыванию в связующее выступающего ворса [7].

Для порезки длинномерных изделий в промышленности используют разнообразные виды инструментов, изготовленные из разных инструментальных материалов, которые по своим физико-техническим характеристикам делятся на группы, рис.2.

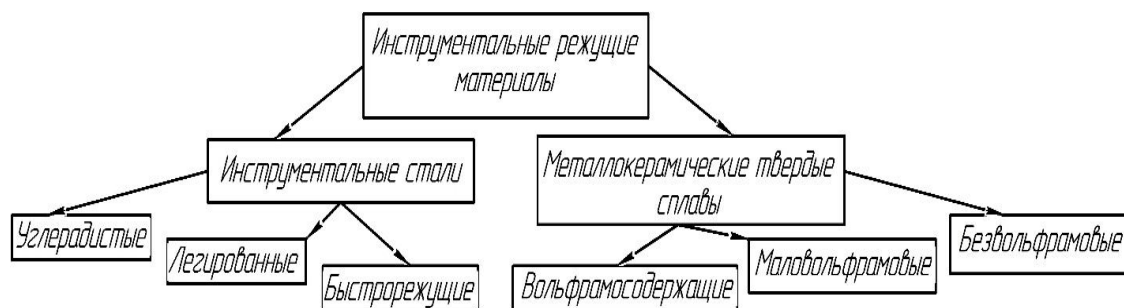


Рисунок 2 –Группы инструментальных материалов для обработки ПКМ

Инструментальные стали (углеродистые, легированные и быстрорежущие) не обладают высокой износостойкостью и приводят к быстрой потере работоспособности инструмента: режущая способность лезвия уменьшается из-за его затупления, увеличение шероховатости режущих поверхностей приводит к увеличению трения, ухудшается качество обработанных поверхностей. Инструмент, изготовленный из таких инструментальных материалов, требует частых переточек, что уменьшает эффективность производства.

Характеристики твердых сплавов на порядок выше. К таким сплавам относятся, например, сплавы марок ВК3М, Т5К12В, ТТ7К12. Они обладают высокой прочностью $\sigma_{п}=1650$ МПа и могут работать при температуре около 950°С при высокой стойкости, превышающей стойкость быстрорежущих сталей в 50 раз при скорости резания, превышающей скорость резания для углеродистых сталей в 10 раз [8].

Выделим в таблицу 2 твердость и термостойкость этих используемых инструментальных материалов.

Таблица 2

Характеристики разных видов инструментальных материалов

	Быстрорежущая сталь	Углеродистая сталь	Легированная сталь	Твердые сплавы
Твердость	63-66 HRC	61-63 HRC	62-65 HRC	87-93 HRA
Термостойкость, °С	600-650	200-250	250-300	800-900

Из анализа табл. 2, следует, что для порезки стержней из стеклопластика и углепластика целесообразно применять инструментальные материалы, обладающие высокой износостойкостью и твердостью, а именно - твердые сплавы.

Твердые сплавы, применяемые для оснащения различных видов инструментов, по составу и областям применения условно делят на четыре основные группы:

- однокарбидные вольфрамокобальтовые, группы ВК;
- двухкарбидные титановольфрамовые, группы ТК;
- трехкарбидные титанотанталовольфрамовые, группы ТТК;
- безвольфрамовые на основе карбида и карбонитрида титана.

Сгруппируем данные твердые стали по следующим данным: содержание в структуре кобальта, прочности на изгиб, сжатие и твердости (табл. 3).

При назначении марки твердого сплава для обработки ПКМ следует обратить внимание на то, что с повышением содержания кобальта в сплаве увеличивается его прочность, но снижается износостойкость.

Таблица 3

Физико-механические свойства твердых сплавов

Марка твердого сплава	Со, %	$\sigma_{изг}$, МПа	$\sigma_{сж}$, МПа	Твердость, НРА
ТМЗ	-	1150	3600	89
ТН-20	-	1000	3500	91
ВК2	2	1100	416	91
ВК3	3	1100	-	90
Т5К10	9	1385	4000	88
ТТ7К12	8	1600	-	87

Согласно табл. 3, по своим характеристикам наиболее выделяются сплавы группы ВК и ТН. Сплавы группы ВК содержат в своем составе 2-3% Со и обладают более высокими свойствами, в частности высокой твердостью, прочностью на изгиб 1100 МПа.

Сплавы группы ТН не содержат в своем составе Со, но однако наиболее устойчивы при работе на сжатие 3500 МПа.

3. Общий алгоритм и рекомендации

На пултрusionных установках для получения длинномерных стержней из углеродных или стеклонитей, устанавливают отрезное устройство. Непрерывный характер производства стержней практически исключает возможность остановки движения стержня для его реза. Таким образом, порез длинномерных стержней должен проводиться максимально быстро и при движении режущего инструмента совместно со стержнем.

Реализация этого способа вызывает трудности конструкторского характера и не обеспечивает повышения качества реза. Поэтому для порезки стержней более целесообразно применять быстродействующие резаки гильотинного типа.

Применение электромагнитного привода ножа обеспечивает быстродействие резака в пределах 0,2...0,3 с. Так как порезка длинномерных стержней осуществляется при его движении, и на период обрезки — это движение перекрывается ножом, узел размещают на мерном расстоянии от протяжки, при котором задержка движения части стержня компенсируется прогибом участка стержня без его повреждения.

Исходя из физико-технологических условий изготовления длинномерных стержней из стеклопластика и углепластика для порезки этих стержней подбираем материал режущего инструмента.

Для порезки стержней, изготовленных из стеклопластика, выбираем инструмент, оснащенный твердыми сплавами группы ВК, марки ВК2, из-за содержания кобальта в составе сплава. А для стержней, изготовленных из углепластика предпочтительно будем выбирать инструмент, на основе безвольфрамовых твердых сплавов, марки ТН20, не содержащих кобальта.

4. Заключение

Выполненные исследования позволили реализовать следующее:

1. Выбрать инструментальный материал из четырех групп материалов, который можно использовать для порезки длинномерных изделий на основе полимерного композита.
2. Порезку длинномерных стержней, изготовленных из стеклопластика целесообразно проводить режущим инструментом, изготовленным на основе твердого сплава группы марки ВК.
3. Для порезки углепластиковых стержней, необходимо использовать режущий инструмент, основу которого составляет безвольфрамовый твердый сплав из группы марки ТН20.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буланов, И. М. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов / И. М. Буланов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 516 с.
2. Макухин, А. Г. Пултрузия как технологический процесс изготовления изделий из композиционных материалов / А. Г. Макухин, Г. В. Сыровой, А. Ю. Ратушняк // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2016. - № 1(52). – С. 100-106.
3. Ярославцев, В.М. К вопросу о возможности применения высокоскоростной обработки полимерных композиционных материалов / В. М. Ярославцев // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия Машиностроение.- М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. - № 3. – С. 59-70.
4. Марков, А. М. Технологические особенности механической обработки деталей из композиционных материалов / А. М. Марков / Научно-технические технологии в машиностроении. – М.: Изд-во «Машиностроение», 2014. – №7(37). – С. 3-8.
5. Ярославцев, В. М. Технологические решения проблем обработки ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов / В. М. Ярославцев / Вестник МГТУ. Серия Машиностроение. Спец. выпуск «Композиционные материалы, конструкции и технологии». – М.: Изд-во МГТУ, 2005. – С. 41-62.
6. Чесноков, А. В. Изготовление стержневых армирующих каркасов для углерод-углеродных композиционных материалов на основе «бесконечного» стержня / А. В. Чесноков // Проектирование и производство конструкций летательных аппаратов. Сб. науч. тр. Нац. Аэрокосм. Ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2008 – Харьков. – Вып.1 (52). – С. 104-107.
7. Мозговой, Н. И. Моделирование процесса сверления стеклопластиков в среде Cosmosworks / Н. И. Мозговой, А. М. Марков, П. В. Лебедев // Обработка металлов. – 2007. – № 4. – С. 19–23.
8. Дударев, А. С. Повышение эффективности и качества обработки отверстий на основе стабилизации процесса сверления изделий из полимерных композиционных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. С. Дударев. – Пермь: ПГТУ, 2009. – 20 с.

Поступила в редколлегию 22.02.2017 г.