

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ УГЛЕПЛАСТИКОВЫХ СТЕРЖНЕЙ НА ЭТАПАХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АРМИРУЮЩИХ КАРКАСОВ

В технологических процессах изготовления углепластиковых стержней [1] и автоматизированной сборки из них армирующих каркасов (АК) [2] обрезка стержня является важным этапом, определяющим стабильность процесса и качество торца стержня. Отрезные устройства используются на установке изготовления стержней для порезки «бесконечного» стержня на заданную длину и непосредственно при сборке каркасов на автоматической сборочной установке. Ко всем устройствам предъявляются требования по стабильности выполнения реза и снижению повреждения торца стержня, а также ряд ограничений по реализации процесса реза, зависящие от условий эксплуатации.

Вопросы резания композиционных материалов достаточно широко изучены и описаны [3], однако в них не рассматривается резание тонких волокнистых материалов с мягкой матрицей, каким является углепластиковый стержень (УС) на поливиниловом спирте. Поэтому рекомендации по резанию композиционных материалов не могут быть использованы без проведения дополнительных исследований.

Целью исследований являлось повышение качества и стабильности реза с учетом конструктивно-технологических требований к устройствам, определение рациональных режимов резания и проектирование устройств, отвечающих указанным требованиям.

Резание УС осуществляется на этапе изготовления, порезки в размер из «бесконечного» стержня и непосредственно при сборке АК, при этом существенно отличаются условия резания. Подробно рассмотрим каждый из этапов и выделим дополнительные требования к отрезным устройствам в зависимости от места эксплуатации.

При автоматизированной сборке АК [2] подающее устройство перемещается максимально близко к АК и перемещает стержень на необходимую глубину в каркас. Затем необходимо обрезать стержень как можно ближе к каркасу, так как увеличение припуска на диаметр каркаса повышает расход материалов. Обрезка стержня должна производиться с минимальным повреждением его торца, так как распушивание торца и увеличение его диаметра приводит к увеличению усилия вталкивания и снижению стабильности процесса.

Для резки стержней из композиционных материалов применяют лезвийный и абразивный инструмент [3]. Однако для качественного реза абразивным инструментом необходима скорость резания 30 м/с, что не представляется возможным выполнить при компактном исполнении отрезного устройства. Поэтому были изготовлены экспериментальные

установки для реза абразивным кругом (рис. 1, а) и резак гильотинного типа (рис. 1, б).

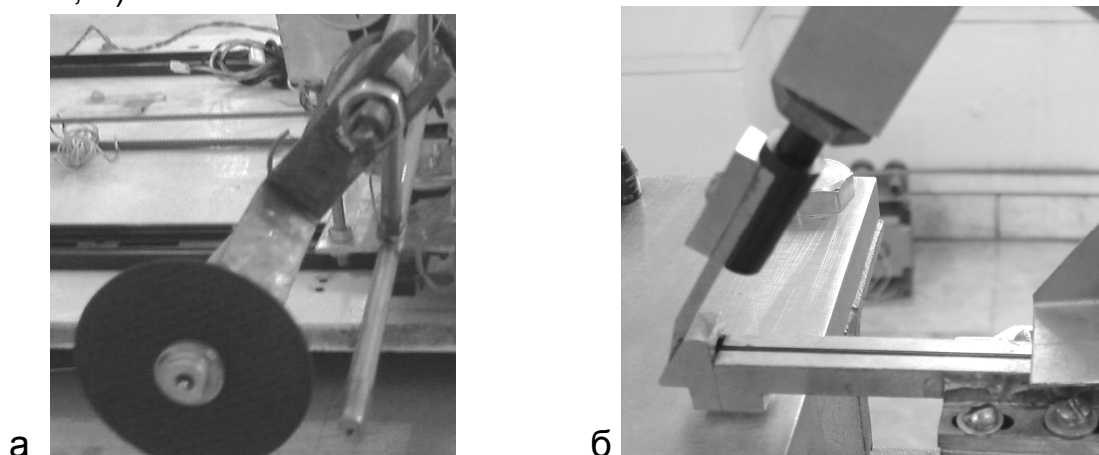


Рис. 1. Экспериментальные установки реза УС

На экспериментальной установке обрезки стержня абразивным кругом удалось достичь скорости резания всего 5 м/с, повышение скорости невозможно из-за ограничений на диаметр круга и скорость вращения двигателя. Анализ качества реза показал повреждение структуры стержня на глубину 2...4 мм, что приводит к разпушиванию торца УС и непригодности его для сборки.

Для максимального приближения зоны реза к каркасу в резаке гильотинного типа плоскость реза необходимо выполнить под наклоном. Геометрические параметры резания схематично показаны на рис. 2. Рассматривалось два варианта перемещения режущего инструмента: вниз с образованием острого угла с осью стержня в направляющей (рис. 2, а) и вверх с образованием тупого угла (рис. 2, б).

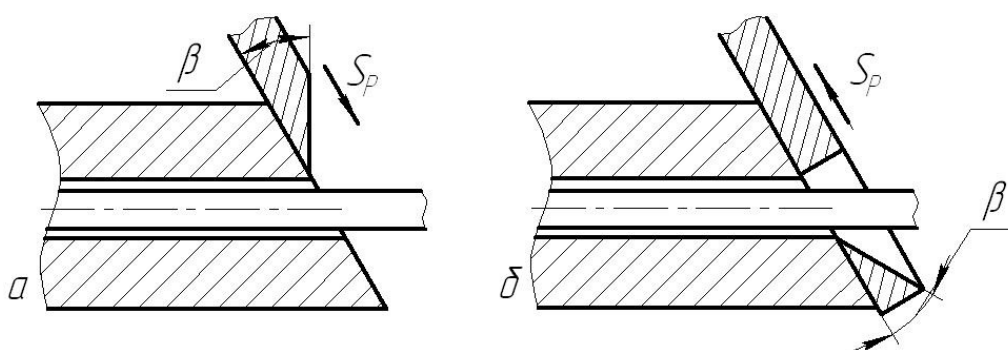


Рисунок 2 – Геометрические параметры резания

Для исследования резки УС использован режущий инструмент (РИ) из быстрорежущей стали Р6М5. Варьируемым параметром РИ был угол заточки $\beta = 15; 30; 45^\circ$. В качестве критерия оценки операции резки было принято отношение торца стержня, измеренное в горизонтальной плоскости, к первоначальному диаметру стержня – коэффициент деформации торца (K_d), на рис. 3 показана полученная зависимость.

Влияние перечисленных параметров на стойкость РИ ($T_{РИ}$), определяемое как количество качественных резов стержня между переточкой инструмента, представлено на рис. 4.

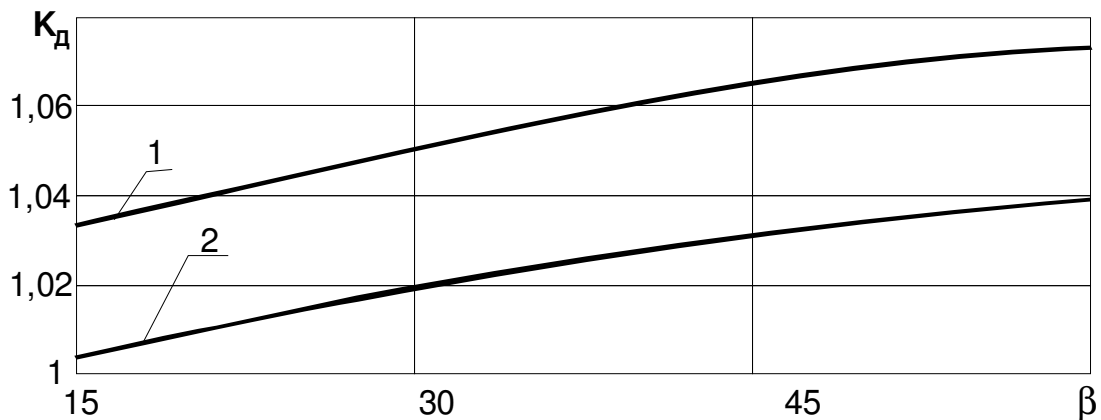


Рисунок 3 – Зависимость деформации торца стержня от параметров резания: 1 – с образованием острого угла; 2 – с образованием тупого угла

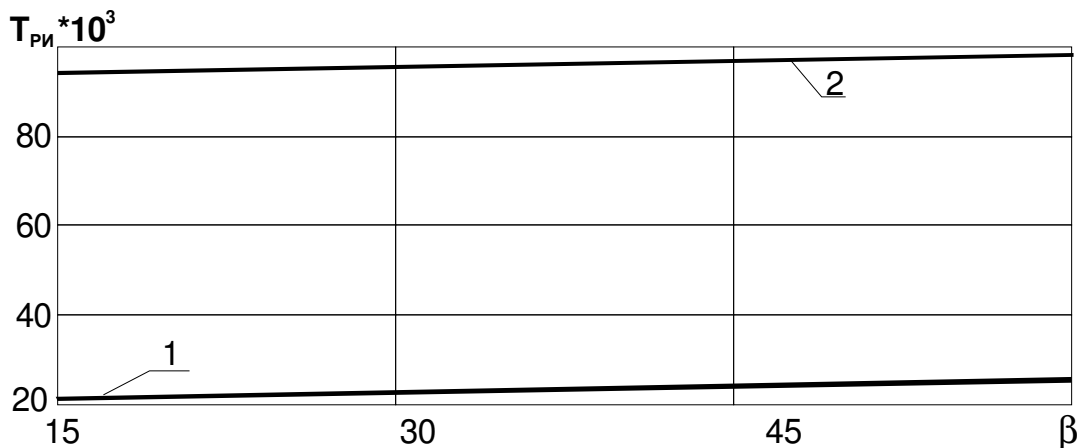


Рисунок 4 – Зависимость стойкости РИ от параметров резания: 1 – с образованием острого угла; 2 – с образованием тупого угла

Диаметр торца стержня при увеличении β увеличивается незначительно, это объясняется повышением области контакта ножа со стержнем, приводящего к его смятию. Резкое повышение стойкости РИ при изменении вида резки объясняется разложением сил резания. Так, при резании с образованием острого угла результирующая сила резания направлена на отжим инструмента от плоскости реза и при затуплении РИ нож не отрезает отдельные филаменты в нижней части стержня, а скользит по ним. Это наступает тогда, когда радиус при вершине резца становится близким к диаметру филаменты или больше него. Отрезка с образованием тупого угла не имеет этих недостатков и поэтому стойкость РИ в несколько раз выше.

На пултрузионных установках изготовления УС для получения стержней мерной длины, которые, как правило, используются для

вертикальных стержней АК или ручной сборки АК, после протяжки устанавливают отрезное устройство. Непрерывный характер производства стержней практически исключает возможность остановки движения стержня для его реза. Таким образом, резка стержней должна производиться либо максимально быстро, либо при движении режущего инструмента совместно со стержнем. Реализация последнего способа вызывает трудности конструкторского характера и не обеспечивает повышения качества реза. Поэтому для резки стержней более целесообразно применять быстродействующие резак гильотинного типа. В отличие от рассмотренного ранее резака перемещение лезвия осуществляется перпендикулярно к оси стержня, при этом одновременно обрезается до пяти стержней, остальные геометрические параметры режущего инструмента аналогичны рассмотренным. Применение электромагнитного привода ножа обеспечивает быстродействие резака в пределах 0,2...0,3 с. Так как разрезка УС осуществляется при его движении, и на период обрезки это движение перекрывается ножом, узел размещают на таком расстоянии от протяжки, при котором задержка движения УС компенсируется прогибом участка стержня без его повреждения.

При выполнении пултрузионной установки с приводной бобиной [4] порезку осуществляют независимым устройством, в состав которого входят подающие ролики и резак. Для качественной обрезки стержень перед обрезкой останавливают. Резку стержней эффективно выполнять абразивным кругом. Для резки углепластиковых изделий хорошо зарекомендовали себя алмазные отрезные круги, по сравнению с абразивными кругами на вулканических и бакелитовых связках, они обеспечивают наибольшую производительность при меньшем износе и засаливании. Проведенные исследования подтвердили рекомендации [3] по применению для резки кругов из синтетических алмазов АС6 зернистостью 200/160 на металлической связке М1. Однако максимальная скорость при отрезке стержней должна быть уменьшена на 20...30% по сравнению с рекомендованной из-за снижения прочности на смятие торца стержня вследствие термодеструкции связующего и невозможности применения охлаждения. Рекомендованная скорость резания – 30 м/мин.

На основании изложенного выше спроектировано устройство резки стержней, показанное на рис. 5, со снятым защитным кожухом. Отрезка производится алмазным кругом, приводимым во вращение электродвигателем. Подача круга осуществляется от электромагнита поворотом качающегося рычага. Плавность движения подачи обеспечивается демпфером. Управление электромагнитом осуществляется от датчика длины стержня. Экспериментальные исследования качества реза подтвердили хорошие показатели производительности, увеличение диаметра стержня у торца K_d не превышало 1,02.

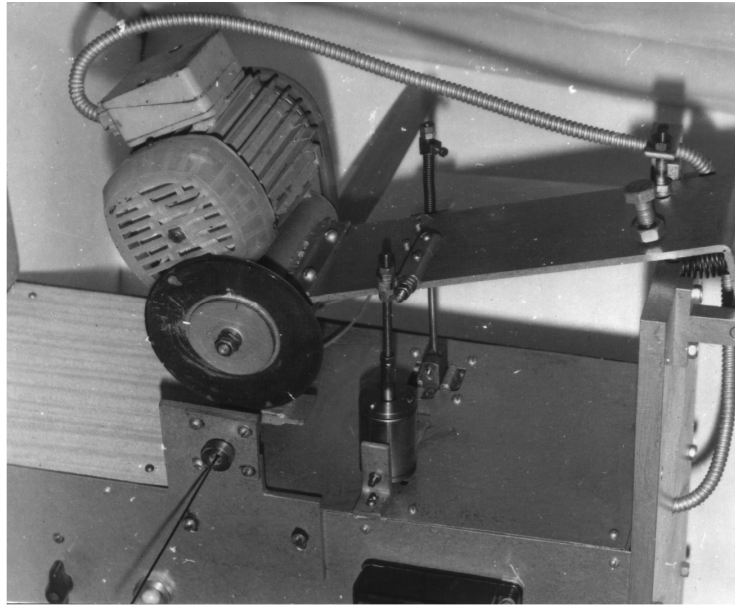


Рисунок 5 – Устройство порезки стержня со снятым защитным кожухом

Выводы

Проведенные исследования позволили определить рациональный способ выполнения реза УС в зависимости от конструктивно-технологических требований к устройствам и определить режимы резания с минимальным повреждением торца УС. Спроектированные устройства отвечают требованиям к качеству и стабильности реза УС.

Список использованных источников

1. Чесноков А.В. Технологический процесс изготовления углепластиковых стержней для углерод-углеродных композитов / А.В. Чесноков // Вісн. Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля. – №7 (53). – Луганськ, 2002. – С. 143-148.
2. Чесноков А.В. Повышение производительности сборки армирующих каркасов для углерод-углеродного композиционного материала / А.В. Чесноков, В.В. Чесноков // Вісн. Східноукраїнського нац. ун-ту ім. В. Даля. – №7(113) Ч. 1. – Луганськ, 2007. – С. 169-173.
3. Степанов А.А. Обработка резанием высокопрочных композиционных полимерных материалов / А.А. Степанов. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. – 176 с.
4. 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» – Вип.1 (52). – Х., 2008. – С. 104-107.

Поступила в редакцию 10.02.2009.

Рецензент: д-р техн. наук, ст. науч. сотр.

В.Ф. Забашта, ОАО «Украинский НИИ авиационной технологии», г. Киев