

Г.Л. ХАВИН, канд. техн. наук, доц., НТУ „ХПИ”, Харьков

РАЗРУШЕНИЕ И ИЗНАШИВАНИЕ РЕЖУЩИХ КРОМОК ИНСТРУМЕНТА ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрена модель режущей кромки инструмента при точении полимерных армированных композиционных материалов. Начальное значение радиуса закругления определяется шероховатостью поверхностей в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Сделан вывод о том, что именно начальное закругление во многом определяет износостойкость инструмента и в значительной степени влияет на выбор технологических параметров.

Ключевые слова: закругление режущей кромки, изнашивание инструмента, полимерные композиты.

Вступ. Неоднородность физических свойств полимерных композиционных материалов (ПКМ), в первую очередь твердость наполнителя, вызывают интенсивное изнашивание инструмента в процессе механической обработки. Следствием этого является изменение первоначальных геометрических параметров режущей части инструмента, что приводит к изменению самого процесса резания. Интенсивность искажения геометрии режущей части инструмента во многом определяется состоянием режущих кромок инструмента, непосредственно выполняющих резание ПКМ. Фактически качество и стойкость к разрушению режущих кромок, при правильно выбранных значениях технологических параметров обработки, определяют способность инструмента выполнять свои функции.

При обработке ПКМ принят технологический критерий износа, смысл которого заключается в назначении предельной величины изменения какого-либо параметра геометрии инструмента, гарантирующей при заданных режимах обработки необходимое качество обработанной поверхности. Однако физически эта величина является следствием изменения радиуса округления режущей кромки инструмента в процессе обработки. Поэтому, несмотря на многообразие типов ПКМ и видов механической обработки, дальнейшее углубленное изучение процесса изнашивания режущей кромки инструмента и обобщение результатов с целью создания математических моделей, является актуальной задачей, которая имеет практическую ценность.

Анализ последних исследований и литературы. Основным видом износа при механической обработке ПКМ является образование площадки износа по задней поверхности инструмента в результате трения последней по обрабатываемому материалу. В качестве критерия изнашивания или критерия стойкости инструмента принимается значение критической величины износа по задней поверхности инструмента.

Несмотря на имеющиеся в литературе экспериментальные исследования изнашивания инструмента при различных видах обработки ПКМ [1], теоретическое обобщение имеющихся результатов отсутствует.

Наиболее известные экспериментальные исследования берут свое начало из систематического изучения влияния на поверхностное разрушения скорости резания и подачи с использованием статистического анализа [2]. Этот подход основан на применении ортогональных массивов и дисперсионного анализа (ANOVA). Главной целью исследования было определить вклад скорости резания и подачи в поверхностное разрушения заготовки. В дальнейшем этот подход был развит для определения оптимальных параметров при точении трубчатых заготовок алмазным инструментом [3].

При механической обработке стеклопластиков явно прослеживается различие между резанием вдоль и поперек волокон. В последнем случае имеет место быстрый износ инструмента [4,5]. Сохранение инструментом своих первоначальных качеств при заданных технологических параметрах практически полностью определяет качество обработанной поверхности заготовки. Стойкость режущей кромки инструмента определяется такими параметрами обрабатываемого ПКМ как разнообразие свойств наполнителя и матрицы, ориентацией армирования и неоднородностью материала (присутствием пустот и пузырей), отношением объемов армирующего материала, с высокими абразивными свойствами, к общему объему материала ПКМ.

В экспериментальных работах [4,6-9] были однозначно выделены параметры, наиболее сильно влияющие на изнашивание режущей кромки инструмента, к ним относят: скорость резания, ориентация волокон или жгутов, глубина резания и подача. Были проведен экспериментальный анализ по влиянию граничных значений этих факторов на интенсивность изнашивания. Порядок проведения экспериментов был построен таким образом, чтобы минимизировать количество опытов для различных сочетаний параметров. Полученные результаты позволяют с 95% вероятностью предсказать интенсивность износа режущей кромки инструмента для заданного диапазона изменения физических и технологических параметров обработки. В результате были сделан вывод о том, что скорость резания наиболее сильно влияет на величину износа режущей кромки, следующим по интенсивности является подача.

Цель работы. Главной целью настоящей работы является попытка увязать критерий изнашивания инструмента при обработке ПКМ с геометрическими параметрами инструмента и, в частности, с начальным округлением режущей кромки, которое было сформировано при изготовлении и затачивании инструмента. Предполагается, что изначально заданная величина округления и ее качество существенным образом влияют на стойкость самого инструмента и определяет в значительной степени геометрические параметры (углы затачивания) в том числе. Кроме того,

радиус округления режущей кромки при обработке ПКМ, должен быть согласован с величиной глубины резания (съема), что в свою очередь отражается на назначении технологических параметров, таких как скорость и подача. Основным смыслом исследования состоит в следующем: обоснование влияния начального радиуса закругления на стойкость инструмента в целом и качество обработанной поверхности; установление связи начальной заточки инструмента с критерием изнашивания инструмента по задней поверхности, традиционно принимаемого при механической обработке ПКМ.

Постановка задачи. Кромка режущего инструмента, непосредственно вступающая в контакт с обрабатываемым материалом, геометрически является результатом пересечения двух поверхностей, который представляет собой линию в пространстве. При затачивании добиться точного выполнения линии невозможно и режущая кромка получается в виде некоторой переходной поверхности неправильной геометрической формы [10]. Подавляющее большинство известных математических моделей эту поверхность принимают в виде поверхности, имеющей в поперечном сечении форму дуги окружности некоторого радиуса ρ . Фактически, если говорят о радиусе округления режущей кромки, то имеется в виду радиус модели округления физически полученной кромки, которая образуется при затачивании лезвия. Насколько принятая модель округления соответствует реальной форме режущей кромки, зависит от условий затачивания и шероховатости поверхностей лезвия, пересечение которых образует режущую кромку, рис.

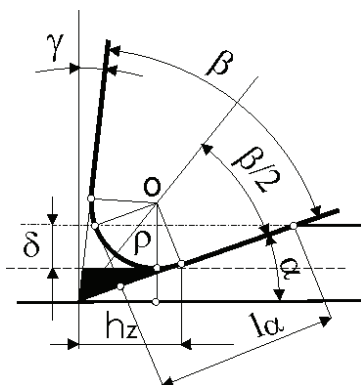


Рис. – Схематичная модель реза для ортогонального резания: γ – передний угол; α – задний угол; δ – глубина резания; h_z – износ по задней поверхности; ρ – радиус округления режущей кромки; $\beta=90^\circ - \alpha - \gamma$; l_α – длина площадки контакта по задней поверхности.

Передняя и задняя поверхности, пересекаясь между собой, образуют режущую кромку. В работе [11] для начального радиуса округления режущей

кромки ρ_0 было получено соотношение, связывающее шероховатость поверхности в двух взаимно перпендикулярных направлениях (продольном и поперечном) и угол заострения β

$$\rho_0 = \frac{1}{2}(R_{z\gamma} + R_{z\alpha}) \cdot e^{\sigma \sin \beta / 2}, \quad (1)$$

где $R_{z\gamma}$, $R_{z\alpha}$ – шероховатость передней и задней поверхности; σ – коэффициент, отвечающий за свойства материала лезвия, например для быстрорежущей стали $\sigma = 4,2$. Как указано в [10] поперечная шероховатость является результатом вибраций и сколов в процессе заточки, а продольная шероховатость есть следствие наложение шероховатостей поверхностей в направлении переднего и заднего углов. По данным [12,13] продольная шероховатость для различных способов затачивания на поверхности лезвия из быстрорежущей стали и на контуре кромки имеет значения, представленные в табл.

Таблица – Значения шероховатостей на поверхности лезвия из быстрорежущей стали и на контуре кромки в зависимости от способа затачивания

Способ затачивания	Шероховатость R_a , мкм	
	На поверхности лезвия	На контуре кромки
Шлифование абразивным кругом	0,40 – 1,25	1,0 – 5,0
Тонкое шлифование абразивным кругом	0,35	0,70
Шлифование эльборовым кругом	0,30 – 0,60	0,42 – 2,50

При затачивании инструмента шлифованием продольная шероховатость кромок выше, чем поперечная поверхностей сопряжения. В этих же работах показано, что применение объемной виброабразивной и магнито-абразивной обработки выравнивают значения продольной и поперечной шероховатости. В общем случае большое значение шероховатости приводит к тому, что выступающие части обламываются в момент первого нагружения, а во впадинах образуются микротрещины, дающие начало последующим разрушениям и сколам.

Материалы исследования. Значение начального радиуса закругления вершины режущего инструмента определяет, прежде всего, допустимую глубину резания материала так, как выбор глубины резания меньше чем величина радиуса закругления, приводит к смятию поверхностного слоя без удаления припуска, разогреву поверхностного слоя и интенсивному изнашиванию инструмента.

Из работ [14,15] известно, что радиус округления режущей кромки связан с износом по задней поверхности h_z (или с радиальным износом реза), линейным соотношением

$$\rho = \rho_0 + \frac{\sin\left[\frac{(\alpha + \beta)}{2}\right]}{\cos\left[\frac{(\alpha - \beta)}{2}\right]} h_z. \quad (2)$$

Выражение (2) получено из геометрических построений, где было принято, что значения переднего угла γ и заднего α неизменны в процессе изнашивания режущей кромки, т.е. начальная конфигурация заточенного и изношенного инструмента подобны. В действительности форма изношенного инструмента не постоянна и в процессе обработки имеет место тенденция к появлению отрицательных значений переднего угла и стремлению величины заднего угла к нулю. Если принять, что в процессе работы $\alpha = 0$ и $\gamma = 0$, то из (2) следует $\rho = \rho_0 + h_z$. В многочисленных экспериментальных работах [15] исследования по обработке композитов проводились для изначально принятого значения $\rho_0 = 1$ мм.

Технологический критерий затупления инструмента при точении композитов обычно принимается $h_z = 0,2 - 0,3$ мм. Отсюда следует, что именно начальное значение радиуса закругления режущей кромки, в основном определяет текущее значение радиуса закругления инструмента в процессе работы.

Следует заметить, что в технологии обработки композитов практически отсутствуют исследования, посвященные величинам закругления режущей кромки на процесс обработки. Можно отметить исследование [16] по определению расчетных значений высотных параметров систематической составляющей профиля обрабатываемой поверхности.

Общие качественные выводы, наблюдаемые экспериментально, сводятся к следующему: малые значения радиуса закругления режущей кромки приводят к ухудшению теплоотвода из очага деформации и могут привести к его разрушению или выкрашиванию; большие значения радиуса закругления режущей кромки приводят к ухудшению шероховатости обработанной поверхности, появлению вырывов и разломачиваний.

Кроме того, из экспериментальных данных по обработке стекло- и углепластиков, с радиусом закругления $\rho_0 = 1$ мм [15], сделан вывод, что качественная работа таким инструментом возможна только для глубины резания более 1 мм и менее 5 мм. Обработку со съемом припуска менее 0,5 мм необходимо проводить алмазным инструментом, обладающим малыми радиусами закругления, высокой твердостью и износостойкостью.

Выводы. Экспериментально наблюдаемый и теоретически описанный этап приработки инструмента при механической обработке полимерных композитов представляет собой процесс интенсивного искажения начальной заточки режущей кромки инструмента. За счет осыпания и выкрашивания режущей кромки происходит увеличение начального радиуса округления и изменение абсолютных значений переднего и заднего углов. Дальнейшие исследования связаны с формулировкой математической модели, связывающей радиус режущей кромки с геометрическими и

технологічними параметрами інструмента, и установлению связи с параметрами качества обработанной поверхности и стойкости инструмента.

Роботу виконано за проектом M2132, що фінансується міністерством освіти і науки, молоді та спорту України.

Список литературы: 1. Palanikumar K., Davim J.P. Mathematical model to predict tool wear on the machining of glass fiber reinforced plastic composites // *Materials and Design*, 2007. -28 - P.2008-2014. 2. Davim J.P, Mata F. Influence of cutting parameters on surface roughness in turning glass-fibre-reinforced plastics using statistical analysis // *Indust. Lubrication Tribol.*- 2004, 56(5).- P. 270–274. 3. Davim J.P, Mata F. Optimization of surface roughness on turning fibre-reinforced plastics (FRPs) with diamond cutting tools // *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* - 2004;26(4).- P.:319–323. 4. Takeyama H, Lijima N. Machinability of glass fibre reinforced plastics and application of ultrasonic machining // *Annal CIRP.*- 1988; 37/1.- P.93–96. 5. Konig W, Grab P. Quality definition and assessment in drilling of fibre reinforced thermosets // *Annal CIRP.*- 1989;38/1.-P.:119–124. 6. Sakuma K., Seto M. Tool wear in cutting glass-fibre-reinforced-plastics (the relation between fibre orientation and tool wear) // *Bul.l JSME.*- 1983;26(218):-P.1420–1427. 7. Bhatnagar N., Ramakrishnan N., Naik N.K, Komanduri R. On the machining of fibre reinforced plastic (FRP) composite laminates // *Int. J. Machine Tool Manuf.* - 1995;35(5).-P.701–716. 8. Palanikumar K. Studies on machining characteristics of glass fibre reinforced polymer composites // Ph.D. thesis, Anna University, Chennai, India, 2004. 9. Palanikumar K, Karunamoorthy L, Karthikeyan R. Optimal Machining parameters for Achieving Minimal Tool Wear in Turning of GFRP Composites. // *Int. J. Manuf. Sci. Prod.*- 2004;6(3).-P. 119–128. 10. Барон Ю.М. Влияние состояния кромок лезвий на эффективность режущих инструментов // *Инструмент и технологии*, 2004. С.1-11. 11. Якобсон М.О. Шероховатость, наклеп и остаточные напряжения при механической обработке.–М.: Изд-во машиностроительной литературы, 1956.- 292 с.. 12. Барон Ю.М., Халбаев К.А. Влияние радиуса закругления режущей кромки инструментов из быстрорежущей стали на их стойкость / *Наукн.-техну конф. «Повышение эффективности обработки конструкционных материалов».* - Улан-Уде: Вост.-Сибир. Технолог. ин-т.- 1985.- С.87-88. 13. Крукович В.Н. Исследование по определению радиуса округления режущих лезвий разверток из различных марок быстрорежущей стали // *Вестник маш-ния.*- 1972.- №2.- С.70-73. 14. Семко М.Ф., Эустан Г.К., Дрожжин В.И. Обработка резанием электроизоляционных материалов. – М.: Энергия, 1974.- 176 с. 15. Степанов А.А. Обработка резанием высокопрочных композиционных полимерных материалов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987.- 176 с. 16. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания.- М.: Машиностроение, 1975.- 278 с.

Поступила в редколлегию 15.09.2012 г.

УДК 621.91

Разрушение и изнашивание режущих кромок инструмента при механической обработке полимерных композиционных материалов / Г.Л. Хавин // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – X. : НТУ «ХП», 2012. – № 53(959). – С.66-71. – *Бібліогр.*: 5 назв.

Розглянуто модель ріжучої крайки інструменту при точінні полімерних армованих композиційних матеріалів. Початкове значення радіуса закруглення визначається шорсткістю поверхонь у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Зроблено висновок, що початкове закруглення у багатьох випадках визначає зносостійкість інструменту і в значній мірі впливає на вибір технологічних параметрів.

Ключові слова: закруглення ріжучої крайки, знос інструменту, полімерні композити.

A model of the cutting edge of the tool in turning of reinforced composite materials. The initial value of curvature radius determined by the roughness of the surfaces in two mutually perpendicular directions. It is concluded that this initial rounding largely determines the durability of the instrument and greatly influences the choice of process parameters.

Keywords: rounding of cutting edge, tool wear, polymer composites.