

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПЛАСТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

*Н.И. МОЗГОВОЙ, канд. техн. наук, доцент
Я.Г. МОЗГОВАЯ, канд. техн. наук, доцент
(АлтГТУ, г. Барнаул)*

Поступила 05 сентября 2014

Рецензирование 15 сентября 2014

Принята к печати 25 сентября 2014

Мозговой Н. И. – 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
e-mail: nick_3@mail.ru

Рассматривается процесс стружкообразования и возможные способы управления им при обработке пластических материалов. Определена зависимость типа стружки от режимов резания. Получены номограммы, отражающие области, исключающие появление сливной стружки и попадание в воздух пылевидной и элементной стружки в зависимости от режимов резания и конструктивно-геометрических параметров режущего инструмента. Показано, что при создании модели процесса стружкообразования необходимо учитывать вышеуказанные особенности обработки пластических материалов и решать проблему расчета систем, имеющих сложную геометрическую конфигурацию и нерегулярную физическую структуру.

Ключевые слова: стружкообразование, пластические материалы, качество поверхности, управление процессом, обработка материалов.

Введение

В настоящее время наряду с металлом широко применяются пластические материалы для изготовления изделий, к которым предъявляются требования высокой прочности, стабильности размеров во времени, повышенной влагостойкости, большой ударной вязкости. Сложность получения некоторых поверхностей деталей требует введения в технологический процесс операций механической обработки. В процессе резания необходимо учитывать ряд особенностей, характерных для пластических материалов, таких как стеклопластик: склонность к образованию прижогов и отслоению материала; неоднородность строения; сильное абразивное воздействие на инструмент; пониженная теплопроводность; трудность применения смазочно-охлаждающих веществ [1–5]. Указанные особенности непо-

средственно оказывают влияние на характер стружкообразования. Процесс стружкообразования является сложным физическим процессом, который сопровождается повышенным тепловыделением, деформацией металла, износом режущего инструмента и образованием нароста на поверхности инструмента. Установление закономерностей процесса резания и сопровождение его явлений позволяют рационально управлять этим процессом и изготавливать детали наиболее качественно, производительно и экономично [6, 7].

Перечисленные особенности обработки резанием пластических материалов показывают, что простой перенос закономерностей процесса резания металлов на эти материалы недопустим. Следовательно, для управления процессом образования стружки и оптимизации маршрута обработки деталей из пластических материалов и достижения максимальной производительности

и требуемого качества поверхности необходимо всестороннее исследование процесса стружкообразования [8–11].

Цель данной работы – исследовать влияние технологических параметров на вид образующейся стружки, определить специфику процесса стружкообразования на проектирование технологического процесса для операций механической обработки.

Методика экспериментальных исследований

В качестве экспериментальных образцов взяты сплошные заготовки из стеклопластика ВМ-1 длиной 30 мм и диаметром 100 мм, изготовленные из стекловолокна и эпоксидного связующего ЭДИ или совмещенного эпоксифенолформальдегидного связующего ИФ–ЭДб по ТУ 16–504–010–71.

Механическая обработка проводилась режущим инструментом со сменными многогранными пластинами различных типов из твердого сплава ВК8. Типы сменных неперетачиваемых пластин HNUM, ГОСТ 19068–80, PNUM ГОСТ 19065–80, HNUA ГОСТ 19067–80, PNUA ГОСТ 19064–80 выбраны на основе литературных данных, которые обеспечивают необходимые значения геометрических параметров режущего инструмента при их установке на расточной резец.

Для определения упругих отжатию фиксируется сила резания при помощи фольговых тензодатчиков через деформацию расточного резца.

Обработка экспериментальных данных, записанных в файлы на жесткий диск компьютера, проводилась с использованием программного обеспечения Microsoft Excel.

Для количественной оценки адекватности полученных данных были проведены однофакторные эксперименты. Сравнение результатов экспериментов и расчетных данных подтверждает их адекватность, наибольшее расхождение составляет 8 %.

Результаты и обсуждение

В результате анализа литературы по данной проблеме и проведения ряда экспериментальных исследований в лабораторных условиях было

установлено, что при резании пластических материалов образуются следующие наиболее характерные типы стружек: непрерывная сливная, прерывистая сливная, элементная и пылевидная.

При механической обработке образуется стружка, поверхность которой всегда неровная, поэтому и на ней заметны мелкие волны или зазубрины. Даже на прочной сливной стружке часто можно наблюдать трещины, надрывы. Поскольку полное описание механизма образования стружки сложно, то для анализа напряжений и деформаций при резании реальный процесс стружкообразования заменяют его упрощенной моделью. В частности, не принимается во внимание искажение формы полученного сечения реальной стружки и увеличение ее ширины; ее поперечное сечение представляют в виде прямоугольника с высотой, равной средней толщине стружки, и шириной, равной первоначальной ширине резания. При этих допущениях образование стружки рассматривается в идеализированном сечении по нормали к режущей кромке инструмента при свободном прямоугольном резании [12, 13].

Следует отметить, что даже при идеализации стружки нельзя пренебрегать естественной кривизной, т.е. завиванием, которое происходит потому, что сдвиг – не единственная деформация, обуславливающая превращение срезаемого слоя в стружку. Этот слой всегда с большей или меньшей интенсивностью подвергается неравномерному сжатию в направлении, перпендикулярном к передней поверхности лезвия.

Управление процессом стружкообразования при резании пластических материалов, таких как стеклопластик, имеет значение для обеспечения качества получаемой продукции, бесперебойной работы оборудования и, как следствие, повышения производительности, безопасности рабочего персонала. С этой целью в ходе лабораторных исследований были построены диаграммы областей устойчивого стружкодробления для различных типов сменных многогранных пластин (рис. 1) и диаграммы областей, исключающих попадание пыли в воздух (рис. 2). Выбор типов пластин и режимов обработки согласно данным диаграммам обеспечивает получение элементной и пылевидной стружки при резании стеклопластика. В результате анализа из диаграмм выявлено, что использование режущих пластин

PNUA и HNUA исключает появление сливной стружки на подачах до 0,7 мм/об и попадание мелких частиц стружки в воздух при подаче 0,1 мм/об и ниже. Пластины PNUM и HNUM обеспечивают устойчивое стружкодробление на подачах до 0,4 мм/об и исключают попадание в воздух пылевидной стружки при подачах 0,2 мм/об и ниже.

При использовании станков, оборудованных вытяжной вентиляцией при обработке пластичных материалов, основная задача сводится к исключению образования сливной стружки. Из диаграммы (рис. 1) видно, что данному условию удовлетворяют сменные многогранные пластины HNUA и PNUA на подачах от 0,1 до 0,7 мм/об. Пластины HNUM и PNUM могут использоваться только при подачах от 0,1 до 0,4 мм/об, так как при подачах свыше 0,4 мм/об образуется сливная стружка большой длины, которая может наматываться на заготовку и затруднять дальнейшую обработку.

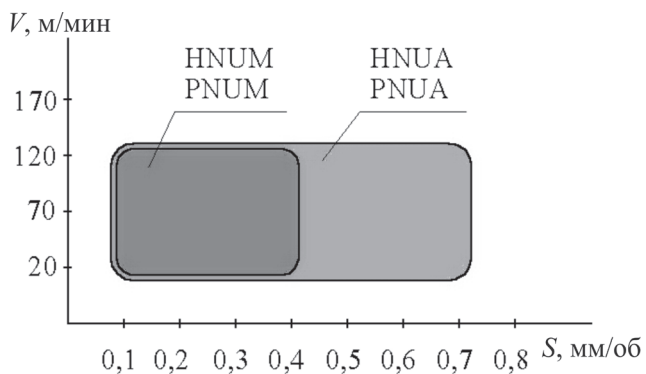


Рис. 1. Области стружкообразования, исключающие появление сливной стружки

При использовании станков для обработки пластичных материалов, таких как стеклопластик, не оборудованных вытяжной вентиляцией, важным требованием является исключение попадания мелкодисперсных элементов стружки в воздух. Это требование выполняется при обработке пластинами HNUM и PNUM на подачах от 0,1 до 0,2 мм/об, а для пластин HNUA и PNUA подача не должна превышать 0,1 мм/об (см. рис. 2). На таких режимах образуется элементная стружка, которая равномерным потоком сходит по передней поверхности резца, не загрязняя окружающее пространство и воздух.

Следует отметить, что выбор оборудования с вентиляцией может обеспечить значительное повышение производительности обработки.

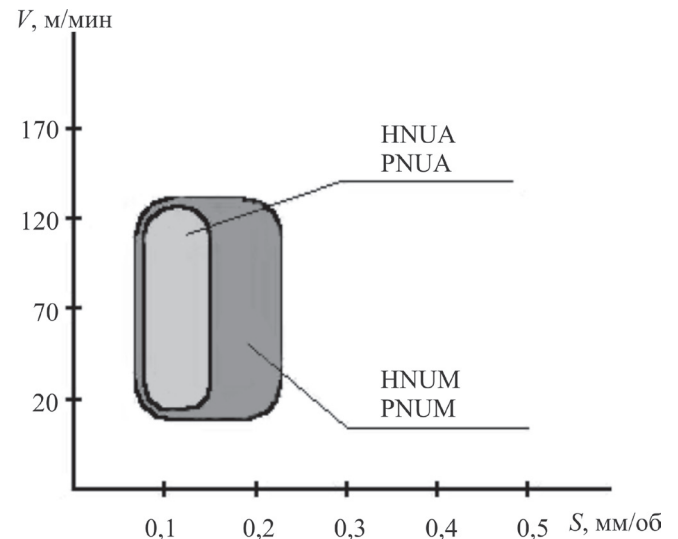


Рис. 2. Области стружкообразования, исключающие появление сливной стружки и попадание в воздух пылевидной и элементной стружки при точении стеклопластика

Однако необходимо учитывать, что такое оборудование будет иметь большую себестоимость из-за дополнительных расходов на вентиляционную установку.

При создании модели процесса стружкообразования необходимо учитывать вышеуказанные особенности обработки пластических материалов и решать проблему расчета систем, имеющих сложную геометрическую конфигурацию и нерегулярную физическую структуру. Такие расчеты можно выполнить при помощи приближенных численных методов. Зная физическую структуру материала и рассчитав геометрические параметры стружки, можно установить адаптивный контроль за процессом обработки стеклопластика, что позволит своевременно менять изношенный режущий инструмент либо корректировать режимы резания. Это позволяет гарантированно соблюдать правила техники безопасности при работе на станках с ручным управлением и необходимым условием безостановочной работы станков-автоматов.

Выводы

Установлена зависимость вида стружки от режимов обработки и типа сменных многогранных пластин, позволяющая управлять процессом образования стружки.

Предложены рекомендации в виде номограмм образования стружки по выбору типа пла-

стин и режимов резания для механической обработки деталей из пластичных материалов:

- для станков, оборудованных вытяжной вентиляцией, использовать пластины HNUA и PNUA на подачах до 0,7 мм/об, применение которых исключает появление сливной стружки;
- для станков без вентиляции использовать пластины HNUM и PNUM на подачах до 0,2 мм/об, применение которых исключает загрязнение воздуха стружкой.

Список литературы

1. Баранчиков В.И., Тарапанов А.С., Харламов Г.А. Обработка специальных материалов в машиностроении: справочник. – М.: Машиностроение, 2002. – 264 с.: ил. – (Библиотека технолога).
2. Черпаков Б.И., Альперович Т.А. Металлорежущие станки: учебник для начального профессионального образования. – М.: Академия, 2003. – 368 с.
3. Феценко В.Н., Махмутов Р.Х. Токарная обработка: учебник. – 6-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2005. – 303 с.: ил.
4. Обработка металлов резанием: справочник технолога / А.А. Панов и др.; под общ. ред. А.А. Панова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.
5. Бурков П.В. Структурообразование, фазовый состав и свойства композиционных материалов на основе карбида титана: учебное пособие / Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2011. – 190 с.
6. Мозговой Н.И., Мозговая Я.Г. Особенности обработки отверстий в деталях из стеклопластика // Седьмая Международная научно-техническая

конференция «Информационные технологии в промышленности» (ИТИ' 2012), 30–31 октября 2012 года, Минск: тезисы докладов. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2012. – С. 207–209. – ISBN 978-985-674-478-8.

7. Мозговой Н.И., Мозговая Я.Г. Исследования влияния физико-механических свойств стеклопластиков на процесс резания // Вестник Алтайской науки. – 2013. – № 2–1. – С. 15–19.

8. Мозговой Н.И., Марков А.М., Доц М.В. Стеклопластик и особенности его механической обработки. – Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 100 с.

9. Мозговой Н.И., Марков А.М., Мозговая Я.Г. Проблемы и перспективы применения пластических материалов для деталей машиностроения // Ползуновский альманах. – 2013. – № 2. – С. 92–95.

10. Бондарь Е.Б., Марков А.М. Проблемы обработки пластмасс резанием // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2004. – № 2. – С. 20–21.

11. Доц М.В., Марков А.М., Бондарь Е.Б. Моделирование сил резания при точении стеклопластика // Управление качеством образования, продукции и окружающей среды: материалы третьей межрегиональной научно-практической конференции 29–30 июня 2005 г. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2005. – С. 217–220.

12. Материаловедение. Технология композиционных материалов: учебник / А.Г. Кобелев, М.А. Шаронов, О.А. Кобелев, В.П. Шаронова. – КноРус, 2014. – 270 с.

13. Бондарь Е.Б. Повышение производительности изготовления деталей из стеклопластика резцами со сменными многогранными пластинами: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул, 2007. – 20 с.

OBRAVOTKA METALLOV

(METAL WORKING AND MATERIAL SCIENCE)

N 4(65), October – December 2014, Pages 6–10

Process control of chip formation during plastic material processing

Mozgovoy N.I., Ph.D. (Engineering), e-mail: nick_3@mail.ru

Mozgovaya Y.G., Ph.D. (Engineering), e-mail: yanagm@mail.ru

I.I. Polzunov Altai State Technical University, 46 Lenina avenue, Barnaul, Altai region, 656038, Russian Federation

Abstract

The process of chip formation and possible ways of its control during plastic material processing is considered. The dependence of the chips type on the cutting conditions is determined. Processing of some plastic materials such as fiberglass is accompanied by several problems: the tendency to form burns and peeling of the material; heterogeneity of the structure; strong abrasive effect on the tool; reduced thermal conductivity; difficulty in applying lubricating substances. Chip formation process in this case is very important to ensure the quality of the manufactured

products, the smooth operation of the equipment and, as a result, increase in efficiency, security of workers. These studies have determined the type of chips from the cutting conditions. Nomograms, reflecting areas that preclude the emergence of the flow chips and ingress of discontinuous and dusty chip into the air are obtained. It is showed that when creating a model of the process of chip formation it is necessary to consider the above-mentioned features of plastic materials processing and solve the problem of designing systems with complex geometric configuration and irregular physical structure.

Keywords:

chip formation, plastic materials, surface quality, process control, material handling.

References

1. Baranchikov V.I., Tarapanov A.S., Kharlamov G.A. *Obrabotka spetsial'nykh materialov v mashinostroenii. Spravochnik. Biblioteka tekhnologa* [Machining of special materials in mechanical engineering. Handbook. Library of industrial engineer]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2002. 264 p.
2. Cherpakov B.I., Al'perovich T.A. *Metallorazhushchie stanki* [Metal cutting machines]. Moscow, Publishing center "Academia", 2003. 368 p.
3. Feshchenko V.N., Makhmutov R.Kh. *Tokarnaya obrabotka* [Turning]. 6th ed. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 2005. 303 p.
4. Panov A.A., Anikin V.V., Boim N.G., Bez'yazychnyi V.F., Volkov V.S. et al. *Obrabotka metallov rezaniem. Spravochnik tekhnologa* [Metalcutting: Directory of Industrial Engineer]. 2nd ed. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2004. 784 p.
5. Burkov P.V. *Strukturoobrazovanie, fazovyi sostav i svoystva kompozitsionnykh materialov na osnove karbida titana* [Structure formation, phase composition and properties of composite materials based on titanium carbide]. Tomsk, TPU Publ., 2011. 190 p. ISBN 978-5-98298-884-3
6. Mozgovoy N.I., Mozgovaya Ya.G. [Processing features holes in parts made of glass-fiber material]. *Tezisy dokladov VII Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Informatsionnye tekhnologii v promyshlennosti»* [Proceedings of the VII International Scientific Conference "Information Technologies in Industry" (ITI * 2012)]. Minsk, UIIP NAS Belarus Publ., 2012, pp. 207–209. ISBN 978-985-6744-78-8
7. Mozgovoy N.I., Mozgovaya Ya.G. Issledovaniya vliyaniya fiziko-mekhanicheskikh svoystv stekloplastikov na protsess rezaniya [Investigations of the influence of physical and mechanical properties of glass-fiber material on the cutting process]. *Vestnik Altaiskoy nauki – Bulletin of the Altai Science*, 2013, no. 2–1, pp. 15–19.
8. Mozgovoy N.I., Markov A.M., Dots M.V. *Stekloplastik i osobennosti ego mekhanicheskoi obrabotki* [Glass-fiber material and features of its machining]. Saarbrücken, Germany, LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 100 p.
9. Mozgovoy N.I., Markov A.M., Mozgovaya Ya.G. Problemy i perspektivy primeneniya plasticheskikh materialov dlya detalei mashinostroeniya [Problems and perspectives of the use of plastic materials for machine parts]. *Polzunovskii al'manakh – Polzunov Almanac*, 2013, no. 2, pp. 92–95.
10. Bondar' E.B., Markov A.M. Problemy obrabotki plastmass rezaniem [Problems processing plastic cutting]. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) – Metal Working and Material Science*, 2004, no. 2, pp. 20–21.
11. Dots M.V., Markov A.M., Bondar' E.B. [Simulation of cutting forces in turning glass-fiber material]. *Materialy III Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Upravlenie kachestvom obrazovaniya, produktsii i okruzhayushchei sredy"* [Proceedings of the III Inter-Regional Scientific-Practical Conference]. Biysk, AltSTU Publ., 2005, pp. 217–220.
12. Kobelev A.G., Sharonov M.A., Kobelev O.A., Sharonova V.P. *Materialovedenie. Tekhnologiya kompozitsionnykh materialov* [Materials science. The technology of composite materials]. Moscow, Knorus Publ., 2014. 270 p.
13. Bondar' E.B. *Povyshenie proizvoditel'nosti izgotovleniya detalei iz stekloplastika reztsami so smennymi mnogogrannymi plastinami*. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Increasing machining productivity of parts made of glass-fiber material by cutters with indexable inserts. Author's abstract of Dr. tech. sci. diss.]. Tomsk, 2010. 20 p.

Received 05 September 2014

Revised 15 September 2014

Accepted 25 September 2014