

УДК 621.91

DOI:10.30987/2223-4608-2020-6-37-41

А.В. Хандожко, д.т.н.,

А.Н. Щербаков, к.т.н.,

Л.А. Захаров, к.т.н.,

А.А. Аленькин, магистрант

(ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

241035, РФ, г. Брянск, бул. 50-лет Октября, 7)

E-mail: chandosh@yandex.ru; taiga78@list.ru

Технологическое обеспечение качества механической обработки изделий из пластмасс

Приведены результаты исследования процесса разрезания изделий из пластмасс. Изложены результаты однофакторных и многофакторных экспериментов по разрезанию изделий из пластмасс многозубыми фрезами. Приведены эмпирические уравнения взаимосвязи параметра шероховатости поверхности R_a и высоты заусенца h от режимов резания: подачи, скорости и числа зубьев фрезы.

Ключевые слова: пластмассы; механическая обработка; шероховатость поверхности.

A.V. Khandozhko, Dr. Sc. Tech.,

A.N. Shcherbakov, Can. Sc. Tech.,

L.A. Zakharov, Can. Sc. Tech.,

A.A. Alen'kin, Master student

(FSBEI HE "Bryansk State Technical University", 7, 50th October Anniversary, Bryansk, the RF, 241035)

Technical support of plastic product machining quality

The investigation results of plastic cutting are shown. The results of single-factor and multi-factor experiments on plastic cutting by multi-toothed milling cutters are stated. There are shown empirical equations of the roughness parameter correlation of the surface R_a and the height of the barb h from cutting modes: feed, speed and tooth number in a milling cutter.

Keywords: plastic; machining; surface roughness.

Введение

С целью повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции, ведущие производители постоянно её совершенствуют. Это проявляется в поиске новых конструкторско-технологических решений, обеспечивающих как снижение себестоимости, так и повышение отдельных технико-экономических показателей качества продукции, имеющих наибольший приоритет для данных изделий.

Одним из направлений такого совершенствования продукции является поиск и внедре-

ние новых конструкционных материалов. В машиностроении и приборостроении в последние годы широкое применение получили неметаллические материалы, например, полимерные композиционные материалы. Одним из примеров изделий из таких материалов являются детали «изолятор».

Детали «изолятор» используют в электрических соединителях. Их изготавливают различных форм и размеров из разных композиционных материалов, относящихся к группе термопластмасс, среди которых поликарбонат, полиамид, стекловолокнит и др.

Заготовки таких деталей получают литьём под давлением. После этого их разрезают на детали требуемой длины, в соответствии с заданным числом устанавливаемых в них контактов. Такую обработку выполняют дисковыми отрезными фрезами на станках. После разрезания детали подвергают дальнейшей механической обработке вручную, так как качество полученных поверхностей не удовлетворяет конструкторским требованиям по заданным параметрам точности и шероховатости.

Существуют рекомендации по условиям механической обработки резанием изделий из различных пластмасс, полученные разными исследователями [1 – 3]. Для улучшения эксплуатационных свойств изделий из пластмасс производители постоянно совершенствуют химический состав материалов. Изменение химического состава приводит к изменению механических характеристик и обрабатываемости материала. Это вызывает необходимость поиска новых условий обработки, обеспечивающих заданные параметры качества поверхностного слоя.

Содержание исследования

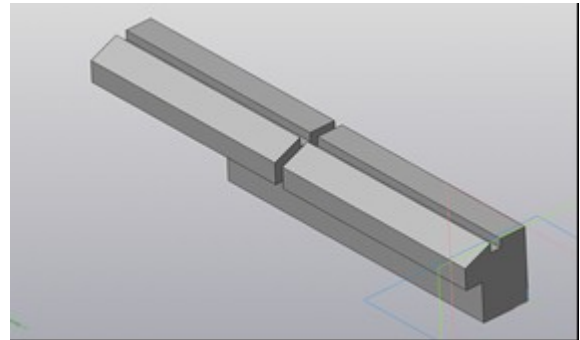
Целью исследования являлось определение влияния условий обработки изделий из поликарбоната на формирование параметра шероховатости поверхности Ra и высоты заусенца при разрезании дисковой фрезой.

Исходя из выполненных ранее работ [4, 5], были определены пути совершенствования процессов механической обработки деталей из пластмасс. На основании этого была спроектирована и изготовлена опытная модель станка оригинальной компоновки. На данное компоновочное решение получен патент Российской Федерации на полезную модель [6].

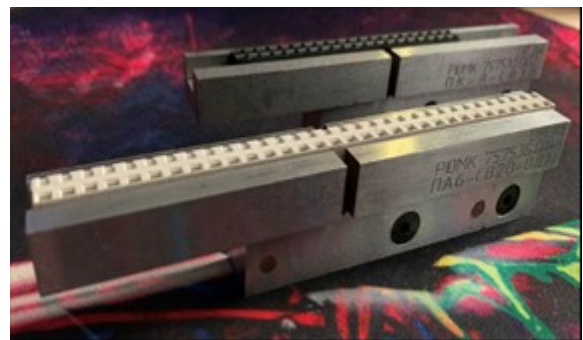
Станок позволяет обрабатывать детали «изолятор» различных форм и размеров. Для этого в конструкции станка предусмотрено унифицированное приспособление под конкретный тип изолятора. В станке также предусмотрена возможность изменять скорости главного движения и подачи в широком диапазоне. Все это позволяет проводить исследования процесса разрезания изделий и в дальнейшем эффективно обрабатывать детали из различных композиционных материалов на данном станке.

Для изучения процесса разрезания деталей на станке использовались изоляторы из поликарбоната ПК-Л-СВ30. Для этих изоляторов

были спроектированы и изготовлены соответствующие сменные модули приспособления (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. Приспособление для изолятора:

а – 3D-модель; б – общий вид

Такие сменные модули устанавливаются и жестко фиксируются клином в основании приспособления на столе станка. Приспособление с заготовкой изолятора, собранное на станке, представлено на рис. 2.



Рис. 2. Приспособление с заготовкой изолятора, собранное на станке

Для проведения исследований по обработке изоляторов использовался режущий инстру-

мент – дисковые отрезные фрезы по ГОСТ 2679-2014 с наружным диаметром $D = 80$ мм; посадочным диаметром $d = 22$ мм; шириной $B = 1,6$ мм двух типов: 1-й тип – фреза с мелким зубом (число зубьев $z = 100$), 2-й тип – фреза со средним зубом (число зубьев $z = 48$).

В качестве выходных параметров принимали высотные параметры шероховатости Ra , Rz и $Rmax$, мкм, и высоту получаемого заусенца h , мм. Кроме того, на обработанной поверхности, согласно конструкторской документации, недопустимо образование сколов и оплавлений.

Для измерения шероховатости поверхности был использован профилометр мод. «АБРИС-ПМ7», а для измерения высоты заусенца – цифровой USB-микроскоп мод. DigMicro Prof.

Вначале был проведен ряд экспериментов по определению граничных условий обработки изоляторов (скоростей резания и подачи) с дальнейшим анализом качества обработанной поверхности.

С учетом предварительно проведенных исследований были установлены ориентировочные значения диапазонов варьирования режимов резания. Для выбранных режимов были проведены эксперименты по выявлению их влияния на качество обработанной поверхности.

Так как не установлена физическая картина формирования шероховатости при фрезеровании пластмасс, то были проведены однофакторные эксперименты по установлению влияния отдельных режимов на высотные параметры шероховатости и высоту заусенца.

Эксперименты с варьируемой подачей проводились при постоянной скорости резания 800 м/мин. Результаты экспериментов по определению влияния подачи инструмента S_m на высотные параметры шероховатости и высоту заусенца h представлены на рис. 3. Высоту заусенца измеряли с использованием фотографий образцов (рис. 4), полученных с помощью цифрового микроскопа.

Полученные результаты исследования показывают, что подача режущего инструмента оказывает значительное влияние на высотные параметры шероховатости и величину заусенца. С ростом подачи в исследуемом диапазоне высотные параметры шероховатости увеличиваются примерно в 4 раза, а высота заусенца – в 2,5 раза.

Затем изучалось формирование высотных параметров шероховатости и высоты заусенца h от скорости резания v , м/мин при фиксированном значении подачи $S_m = 5$ м/мин. Результаты представлены на рис. 5.

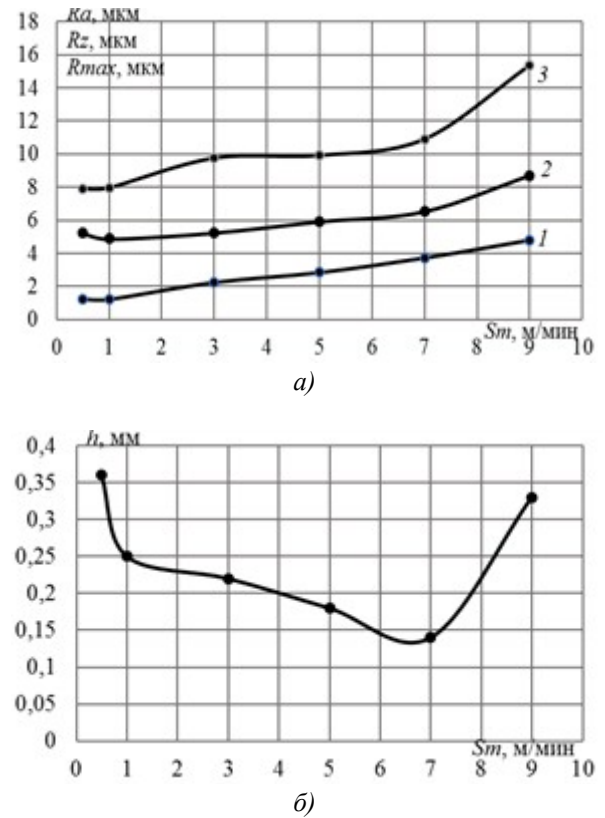


Рис. 3. Графики зависимости:

а – высотных параметров шероховатости от скорости резания: 1 – Ra ; 2 – Rz ; 3 – $Rmax$; б – высоты заусенца от подачи

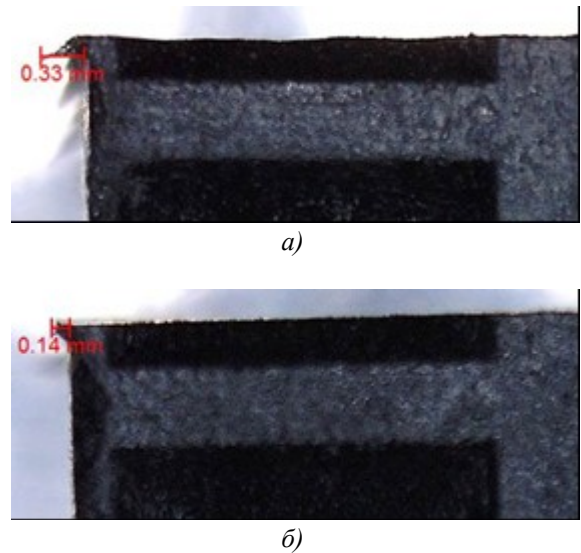
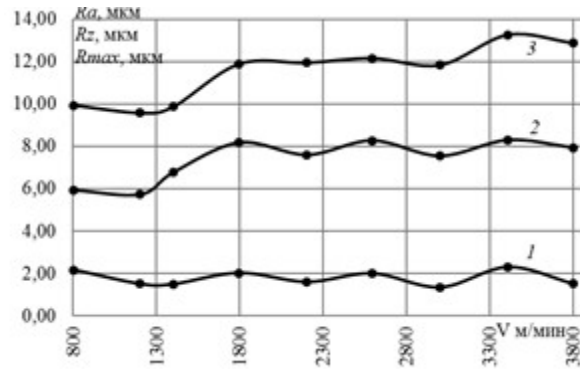


Рис. 4. Фото заусенца на обработанных образцах

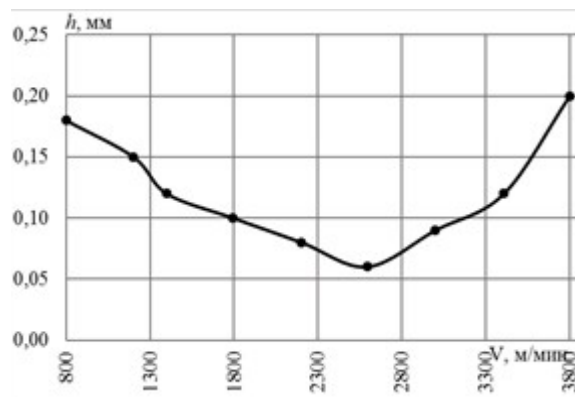
Из полученных результатов видно, что влияние скорости резания на высотные параметры шероховатости незначительно. С ростом скорости резания в диапазоне от 800 до 2600 м/мин высота заусенца уменьшается в три раза. Дальнейший рост скорости приводит к увеличению высоты заусенца, что можно объяснить ростом температуры в зоне резания

и, как следствие, увеличением пластичности обрабатываемого материала. Так, например, на поверхностях образцов, обработанных при

скоростях резания более 3000 м/мин (рис. 6) видны следы оплавления материала, что является недопустимым.



а)



б)

Рис. 5. График зависимости:

а – высотных параметров шероховатости от скорости резания: 1 – Ra ; 2 – Rz ; 3 – R_{max} ; б – величины заусенца от скорости резания v

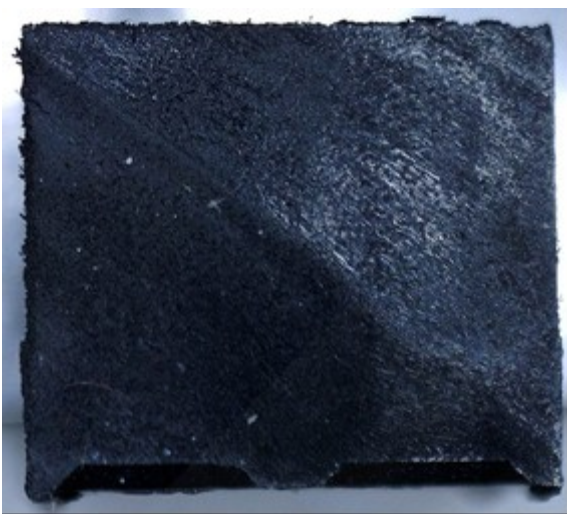


Рис. 6. Фото образца с оплавленной поверхностью

Проведенные эксперименты позволили определить диапазоны варьирования режимов

резания для проведения дальнейших исследований.

Для выявления совместного влияния входных факторов (скорость резания, подача и число зубьев фрезы) на формируемые параметры шероховатости и высоту заусенца был проведен трехфакторный эксперимент. При этом на основании однофакторных экспериментов, приведенных выше, производилось логарифмическое кодирование входных факторов и исследуемых параметров. В качестве условий были приняты диапазоны варьирования: для скорости резания от 800 до 2600 м/мин; для подачи от 0,0005 до 0,05 мм/зуб и два типа дисковых фрез с числом зубьев $z = 48$ и $z = 100$.

После проведения экспериментов по результатам измерений и их математической обработки были получены уравнения, описывающие взаимосвязь режимов резания и исследуемых параметров шероховатости Ra ,

мкм, и высоты заусенца h , мм, следующего вида:

$$Ra = 6,745 \frac{S_z^{0,05}}{V^{0,037} z^{0,188}}; h = \frac{3,881}{V^{0,373} S_z^{0,039} z^{0,182}}$$

Анализируя полученные результаты, можно отметить следующее. С увеличением скорости резания в исследуемом диапазоне значение параметра Ra изменяется незначительно, в то время как высота заусенца уменьшается примерно на 50 %. С увеличением подачи шероховатость увеличивается на 30 %, а высота заусенца уменьшается на 25...30 %. Увеличение числа зубьев фрезы в два раза приводит к уменьшению высотного параметра шероховатости и высоты заусенца примерно на 15 %. При обработке результатов экспериментов в исследуемом диапазоне режимов, не наблюдалось появление таких дефектов как сколы и оплавление обработанной поверхности.

Заключение

Полученные зависимости можно рекомендовать технологу в качестве справочного материала при назначении режимов обработки деталей «изолятор». Это позволит производить обработку с заданными минимальными параметрами шероховатости и наименьшим заусенцем без возникновения различных дефектов в виде сколов и оплавлений. Это в свою очередь позволит уменьшить процент возникновения брака и сократить объём дальнейших слесарных работ, снизив тем самым себестоимость изготовления изделий «изолятор».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Общемашиностроительные** нормативы режимов резания, норм износа и расхода резцов, сверл и фрез при обработке неметаллических конструкционных материалов (пластмасс) / А.Д. Локтев [и др.]. – М.: НИИМаш, 1982. – 145 с.
2. **Штучный, Б.П.** Механическая обработка пластмасс: справочник / Б.П. Штучный, 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 152 с.
3. **Янюшкин, А.С., Рычков, Д.А., Лобанов, Д.В., Ткаченко, Е.В., Ткаченко, Н.А.** Особенности фрезерования полимерных композиционных материалов // Системы.

Методы. Технологии. – 2013. – № 2 (18). – С. 88-90.

4. **Федонин, О.Н., Хандожко, А.В., Щербаков, А.Н., Захаров, Л.А., Гавриленко Т.В.** Механическая обработка изделий из пластмасс // Научно-технические технологии в машиностроении. – 2015. – № 6(48). – С. 24-29.

5. **Хандожко, А.В., Щербаков, А.Н., Захаров, Л.А.** Совершенствование технологии и оборудования для механической обработки изделий из пластмасс // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2018. – № 12(73). – С. 44-49.

6. **Пат. на полезную модель № 168907 РФ**, МПК В29В 11/02 (2006.01), В26D 1/14 (2006.01), В26D 5/02 (2006.01), В26D 5/08 (2006.01), В26D 5/42 (2006.01). Специализированный отрезной станок: № 2016124240: заявл. 17.06.2016; опубл. 28.02.2017 / Федонин О.Н., Хандожко А.В., Щербаков А.Н., Захаров Л.А., Шмат А.С., Костюков М.В.; заявитель ФГБОУВО «Брянский государственный технический университет». – 9 с.

REFERENCES

1. *General Mechanical Engineering Standards of Cutting Modes, Wear Standards and Demand of Cutters, Drills and Milling Cutters at Non-metal (plastic) Structural Material Machining* / A.D. Loktev [et al.]. – M.: NIIMach, 1982. – pp. 145.
2. *Shtuchny, B.P. Plastic Machining: reference book* / B.P. Shtuchny, second edition revised and supplemented. – M.: Mechanical Engineering, 1987. – pp. 152.
3. *Yanyushkin, A.S., Rychkov, D.A., Lobanov, D.V., Tkachenko, E.V., Tkachenko, N.A.* Milling peculiarities of polymeric composites // *Systems. Methods. Technologies.* – 2013. – No.2 (18). – pp. 88-90.
4. *Fedonin, O.N., Khandozhko, A.V., Shcherbakov, A.N., Zakharov, L.A., Gavrilenko, T.V.* Plastic machining // *Science Intensive Technologies in Mechanical Engineering.* – 2015. – No.6 (48). – pp. 24-29.
5. *Khandozhko, A.V., Shcherbakov, A.N., Zakharov, L.A.* Improvement of technology and equipment for plastic machining // *Bulletin of Bryansk State Technical University.* – 2018. – No.12 (73). – pp. 44-49.
6. *Pat. for utility model No. 168907 the RF, IPC B29B 11/02 (2006.01), B26D 1/14 (2006.01), B26D 5/02 (2006.01), B26D 5/08 (2006.01), B26D 5/42 (2006.01).* Special Cutting Machine: No. 201612240: applied 17.06.2016, published: 28.02.2017 / Fedonin O.N., Khandozhko A.V., Shcherbakov A.N., Zakharov L.A., Shmat A.S., Kostyukov M.V.; applicant: FSBEI HE “Bryansk State Technical University”. – pp. 9.

Рецензент д.т.н. А.Н. Прокофьев