

Толстенко А.В., канд. техн. наук
(ДГАЭУ)

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Толстенко О.В., канд. техн. наук
(ДДАЭУ)

МЕХАНИЧНА ОБРОБКА ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ

Tolstenko A.V., Ph. D. (Tech.)
(DSAEU)

MACHINING OF POROUS MATERIALS

Аннотация. В статье описано влияние факторов механической обработки на шероховатость литых пористых материалов.

Рассмотрено влияние таких факторов: скорость резания, поперечная подача, используемая смазочно-охлаждающая жидкость (механическая обработка резанием); число оборотов фрезы, фактическая минутная подача стола, используемая смазочно-охлаждающая жидкость (фрезерование).

Шероховатость поверхности образцов измерялась профилометром (модель 296). Для оценки влияния указанных факторов и математического описания результатов использовалась модель первого порядка. Наибольшее влияние на шероховатость литых пористых материалов (газаров) при обработке резанием имеет число оборотов шпинделя и фрезы.

Ключевые слова: шероховатость R_a , фрезерование, обработка резанием, пористые материалы

Современной промышленности необходимы новые материалы и технологии. Это относится и к пористым материалам. Подобные материалы используются давно, но их свойства детально не изучены и не всегда удовлетворяют необходимым требованиям. Например, основные недостатки пеноматериалов – закрытые поры, что не позволяет использовать их в качестве фильтров, сепараторов и т.д. Изотропность свойств не позволяет использовать их как облегчённые конструкционные материалы. В связи с этим большой интерес представляют анизотропные литые пористые материалы с регулируемой пористостью – газары [1, 2, 3].

Газары получают направленной кристаллизацией и имеют чётко выраженную анизотропию свойств. Изменяя параметры процесса возможно управление размерами и ориентацией пор. Применение литых пористых материалов в современном машиностроении описано в работах [1, 2, 4, 5, 6].

Использование таких материалов в качестве фильтров повышает производительность, за счёт увеличения давления жидкости или газа, фильтры подвергаются регенерации, имеют меньшее гидравлическое сопротивление, большой ресурс.

Подшипники из литых пористых материалов, за счёт высокой прочности, применяются при больших нагрузках и скоростях эксплуатации.

Электрохимические источники энергии работают при повышенных механических нагрузках и вибрации.

Фрикционные материалы перспективны из-за высокой прочности и заданной ориентации пор относительно плоскости трения. Литые пористые материалы, при закрытых порах, можно применять для изготовления высокотемпературных уплотнителей и термоизоляционных прокладок.

Использование их в качестве лёгких конструкционных материалов, обеспечивает прочностные и демпфирующие свойства изделий в автомобильной промышленности, авиационной и космической технике.

Прочность и низкое сопротивление течению жидкостей и газов материалов с цилиндрическими порами позволяет использовать их в разделителях газа и жидкости, капиллярных насосах, носителях катализаторов, тепловых элементах, пламегасителях, композиционных материалах, поглотителях излучения, конденсаторах жидкостей из пара, испарительных охладителях и т.д.

Во многих приведенных случаях большое значение имеет качество механической обработки поверхности. Для обеспечения точности размеров образцов и высокого качества обрабатываемой поверхности наиболее широко применяется обработка резанием и фрезерование. Цель проведённого исследования – сравнительный анализ шероховатости поверхности образцов от следующих факторов:

- механическая обработка резанием: скорость резания, поперечная подача, используемая смазочно-охлаждающая жидкость [7];
- фрезерование: число оборотов фрезы, фактическая минутная подача стола, используемая смазочно-охлаждающая жидкость [8].

Соответственно, механическая обработка осуществлялась отрезным резцом из быстрорежущей стали Р6М5К5 и отрезной дисковой фрезой со средним зубом ($\varnothing 125 \times 1,6$; Р6М5) на горизонтально-фрезерном станке. Для удержания пористой заготовки при фрезеровании использовался цанговый зажим.

Испытания проводились на образцах медных газаров высотой 5 мм и диаметром 20 мм с аксиальными порами среднего диаметра – (20 – 40) мкм. Шероховатость поверхности образцов измерялась профилометром (модель 296).

Уравнение регрессии, после расчёта коэффициентов, для токарной обработки:

$$R_a = 2,82 + 0,98X_1 - 0,75X_2 + 0,13X_3 - 0,51X_1X_2 - 0,32X_1X_3 + 0,44X_2X_3 + 0,18X_1X_2X_3 \quad (1)$$

Измерение среднего арифметического отклонения профиля обработанной поверхности медного газара (R_a) проводилось при подачах (0,05-0,1) мм/об (X_2), скоростях резания (78,5-31,4) м/мин (X_1) и при использовании смазочно-охлаждающих жидкостей двух составов X_3 (водный раствор мыла, индустриальное масло). Для оценки влияния указанных факторов и математического описания результатов использовалась модель первого порядка. Значения выбранных уровней варьируемых факторов для токарной обработки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Уровни варьируемых факторов (токарная обработка)

Факторы	Скорость резания, м/мин	Поперечная подача, мм/об	Смазочно-охлаждающая жидкость
Верхний уровень	78,5	0,1	Индустриальное масло (И20)
Нижний уровень	31,4	0,05	Водный раствор мыла

После расчёта коэффициентов уравнение регрессии, для фрезерной обработки, выглядит следующим образом:

$$R_a = 0,593 + 0,208X_1 + 0,041X_2 - 0,057X_3 + 0,095X_1X_2 + 0,020X_1X_3 + 0,055X_2X_3 \quad (2)$$

Измерение среднего арифметического отклонения профиля обработанной поверхности медного газара (R_a) при фактических минутных подачах стола (35-65) мм/мин (X_2), числе оборотов вращения фрезы (100-800) мин⁻¹ (X_1) и при использовании смазочно-охлаждающих жидкостей двух составов X_3 (водный раствор мыла, индустриальное масло).

Значения выбранных уровней варьируемых факторов для фрезерной обработки даны в табл. 2.

Сопоставив полученные результаты в первом приближении, можно сделать следующие выводы:

1. Наибольшее влияние на шероховатость поверхностей литых пористых материалов (газаров) при обработке резанием имеет число оборотов шпинделя или фрезы;

2. При токарной обработке наименьшее влияние на шероховатость обрабатываемой поверхности оказывает смазочно-охлаждающая жидкость. При фрезерной обработке – фактическая минутная подача стола;

3. При токарной обработке поверхности литых пористых материалов количество открытых пор больше, чем при фрезерной обработке (соответственно, шероховатость поверхности будет выше при токарной обработке).

Таблица 2 – Уровни варьируемых факторов (для фрезерной обработки)

Факторы	Число оборотов фрезы, мин ¹	Фактическая минутная подача стола, мм/мин	Смазочно-охлаждающая жидкость
Верхний уровень	800	65	Индустриальное масло (И20)
Нижний уровень	100	35	Водный раствор мыла

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаповалов, В.И. Легирование водородом / В.И. Шаповалов. – Днепропетровск: Журфонд, 2013. – 385 с.
2. Шаповалов, В.И. Влияние водорода на структуру и свойства железо-углеродистых сплавов / В.И. Шаповалов. – М.: Metallurgiya, 1982. – 235 с.
3. Карпов, В.В. Формирование отливок газаров со сложной структурой / В.В. Карпов, С.И. Губенко, В.Ю. Карпов // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. научн. трудов. – Днепропетровск, ГВУЗ «ПГСА», 2012. – Вып. 64. – С. 326-328.
4. Shapovalov, V.I. Prospective Applications of Gas-Eutectic Porous Materials (Gasars) in USA. Materials Science Forum / V.I. Shapovalov. – Switzerland: Trans. Tech. Publications, 2007. – Vol. 539-543. – P. 1183-1187.
5. Banhart, J. Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams / J. Banhart // Progress in Material Science. – 2001. – Vol. 46. – P. 559-632.
6. Высоцкий, А.С. Антифрикционные самосмазывающиеся материалы на основе газо-кристаллических композиций / А.С. Высоцкий, В.Ю. Карпов // Тези міжнародної конференції «Машинобудування та металообробка – 2003», Україна, Кіровоград, 17-19 квітня 2003 року.
7. Карпов, В.Ю. Шероховатость литых пористых материалов (газаров) при обработке резанием / В.Ю. Карпов, А.В. Толстенко, А.С. Бедин // Новые материалы и технологии в машиностроении. Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. – Брянск: БГИТА, 2012. – Вып. 15. – С. 64-65.
8. Карпов, В.Ю. Шероховатость литых пористых материалов (газаров) при фрезерной обработке / В.Ю. Карпов, А.В. Толстенко, А.С. Бедин, А.С. Биб, Б.Г. Харченко // Новые материалы и технологии в машиностроении. Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. – Брянск: БГИТА, 2013. – Вып. 17. – С. 44-45.

REFERENCES

1. Shapovalov, V.I. (2013), *Legirovaniye vodorodom* [Alloying hydrogen], Zhurfond, Dnepropetrovsk, Ukraine.
2. Shapovalov, V.I. (1982), *Vliyaniye vodoroda na strukturu i svoystva zhelezo-uglerodistykh splavov* [Influence of hydrogen on the structure and properties of iron-carbon alloys], Metallurgiya, Moscow, USSR.
3. Karpov, V.V., Gubenko, S.I. and Karpov, V.Yu. (2012), "Formation of gasars casts with complex structure", *Stroitel'stvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye*, no. 64, pp. 326-328.
4. Shapovalov, V.I. (2007), "Prospective Applications of Gas-Eutectic Porous Materials (Gasars) in USA", *Science Forum*, Switzerland, pp. 1183-1187.
5. Banhart, J. (2001), "Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams", *Progress in Material Science*, vol. 46, pp. 559-632.
6. Vysotskiy, A.S. (2003), "Anti-friction self-lubricating materials based on gas-crystalline compositions", *Tezi mi-zhnarodnoi konferentsii, Mashinobuduvannya ta metaloobrobka – 2003* [Mechanical engineering and metal working – 2003], Kirovograd, Ukraine, April 17-19.
7. Karpov, V.Yu., Tolstenko, A.V. and Bedin, A.S. (2012), "Roughness of cast porous materials (gasars) in cutting", *Novyye materialy i tekhnologii v mashinostroyenii*, no. 15, pp. 64-65.
8. Karpov, V.Yu., Tolstenko, A.V., Bedin, A.S., Bib, A.S. and Kharchenko, B.G. (2013), "Roughness of cast porous materials (gasars) in milling", *Novyye materialy i tekhnologii v mashinostroyenii*, no. 17, pp. 44-45.

Об авторе

Толстенко Александр Васильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Надежность и ремонт машин», Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, Украина.

About the author

Tolstenko Alexandr Vasil'yevich, Candidate of Technical Science (Ph. D.), Associate Professor of Department «Reliability and repair of machinery», Dnepropetrovsk State Agrarian and Economic University (DSAEU), Dnepropetrovsk, Ukraine.

Анотація. У статті описано вплив факторів механічної обробки на шорсткість литих пористих матеріалів. Надана інформація перспективного застосування пористих матеріалів (газарів).

Розглянуто вплив таких чинників: швидкість різання, поперечна подача, мастильно-охолоджуюча рідина (механічна обробка різанням); число обертів фрези, фактична хвилинна подача стола, мастильно-охолоджуюча рідина (фрезерування).

Шорсткість поверхні зразків вимірювалася профілометром (модель 296). Для оцінки впливу зазначених факторів і математичного опису результатів використовувалася модель першого порядку. У відповідності з моделлю, найбільший вплив на шорсткість литих пористих матеріалів (газарів) при обробці різанням має число обертів шпинделя і фрези.

Ключові слова: шорсткість R_a , фрезерування, обробка різанням, пористі матеріали

Abstract. The article describes mechanical treatment factors impacting on a degree of surface roughness of the cast porous materials.

Special attention focuses on such factors as cutting speed, cross feed, type of the cooling lubricants (for mechanical treatment by cutting and milling operations), cutter speed, factual speed of the table feed per minute.

Surface roughness of the samples was measured by a profile meter (model 296). A model of the first order was used for evaluating degree of the above factors' impact and for mathematic describing of the results obtained. It is stated that spindle and cutter speed impacts mostly on the surface roughness of cast porous materials.

Keywords: surface roughness R_a , milling, treatment by cutting, porous materials

Стаття постуила в редакцію 05.09.2014

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук, проф. В.И. Дырда