

УДК 621.7.02

Повышение качества поверхности узлов трения в тормозной передаче электропоезда

В.Е. Иноземцев, Е.Н. Цыпкин, Мо Наинг У, Д.А. Нечаев
ФГБОУВПО «Московский государственный университет путей сообщения МИИТ»,
г. Москва, Российская Федерация
E-mail: vitalin-85@mail.ru, entcypkin@yandex.ru, myonaingoo27@mail.ru, dimon130784@mail.ru.

Авторское резюме

Состояние вопроса: В настоящее время существует проблема получения высокого качества поверхности пористой металлокерамики и силуминов при чистовой механической обработке. Не решены задачи обеспечения таких показателей качества, как сохранение высокой пористости и снижение шероховатости поверхности. В связи с этим актуальным является исследование и разработка методов, позволяющих достичь требуемого качества поверхности труднообрабатываемых материалов.

Материалы и методы: Собственные практические исследования и анализ проведены на основе методов статистической обработки данных и полного факторного эксперимента при изучении качества поверхности металлокерамики и силумина в результате обработки резанием с использованием твердосплавного режущего инструмента с износостойким покрытием TiN, растворов СОТС, а также с применением анодно-механической обработки.

Результаты: Дан анализ существующих способов обработки материалов. Определены факторы, влияющие на качество поверхности исследуемых материалов. Рассмотрены варианты обеспечения качества поверхности металлокерамики. Установлены критерии оптимальности условий обработки для пористой металлокерамики. Предложен новый способ чистовой обработки металлокерамических материалов и силумина. Рекомендованы условия и режимы резания для чистовой обработки металлокерамики.

Выводы: Предложенный способ чистовой обработки металлокерамических материалов и силумина позволяет изготавливать антифрикционные втулки рычажной передачи с сохранением требуемой пористости их поверхности, повышая тем самым их эксплуатационный ресурс. Данный способ обработки может применяться для изготовления деталей подшипников скольжения, антифрикционных вкладышей и многих других деталей узлов трения.

Ключевые слова: обработка металлокерамики, обработка силуминов, пористость, шероховатость поверхности, формообразование, режущий инструмент, параметры качества, поверхностный слой.

Improving friction unit surface in the brake transmission of electric trains

V.E. Inozemtsev, E.N. Tsypkin, Mo Naing U, D.A. Nechaev
Moscow State University of Railway Engineering, Moscow, Russian Federation
E-mail: vitalin-85@mail.ru, entcypkin@yandex.ru, myonaingoo27@mail.ru, dimon130784@mail.ru

Abstract

Background: Currently, there is a problem of obtaining a high-quality surface of the porous metal ceramics and silumins after finishing machining. The problem of achieving quality parameters such as maintaining high porosity and reducing surface roughness is still to be solved too. Therefore, it is urgent to study and develop methods that will make it possible to obtain the required quality of hard-to-cut material surface.

Materials and methods: The research and analysis are carried out based on applying statistical data manipulation methods and complete factorial methods to studying the surface quality of metal ceramics and silumin worked with TiN wear protection coating carbide cutting tools, lubricant-cooling agent solutions and anode-mechanical machining.

Results: The existing methods of metal processing have been analyzed. Factors affecting the surface quality of the materials under study have been identified and the ways of obtaining high quality metal ceramics surface have been considered. A new technique of finishing machining of metal ceramic materials and silumin has been suggested. The necessary conditions and cutting modes of finishing machining of metal ceramics have been recommended.

Conclusions: The suggested technique of finishing machining of metal ceramics and silumin allows producing antifriction lever transmission bushings with the required surface porosity which thereby increases their operation life. This processing method can be used for producing bush bearings, antifriction bushes and many other parts of friction units.

Key words: metal ceramics processing, silumin processing, porosity, surface roughness, forming, cutting tools, quality parameters, surface layer.

Применение труднообрабатываемых материалов позволяет решать многие технологические задачи и обеспечить необходимый уровень качества готовой продукции машиностроения. К таким материалам относятся пористые металлокерамические спеченные материалы, силумины и другие высокотехно-

логические материалы с заданными физико-механическими свойствами.

Антифрикционные направляющие втулки тормозной рычажной передачи электропоездов также изготавливаются из металлокерамики, к их поверхности предъявляются определенные технические требования. Данные втул-

ки предварительно смазывают маслом, которое удерживается на их поверхности за счет пористости. Таким образом обеспечивается процесс самосмазывания узлов трения в тормозной рычажной передаче. Эксплуатация моторвагонного подвижного состава сопровождается интенсивным износом тормозной рычажной передачи, связанным с более частым применением торможения, в отличие от остального вида подвижного состава. Следовательно, пористость поверхности данных втулок является наиважнейшим фактором, влияющим на обеспечение работоспособности тормозной рычажной передачи и позволяющим избежать преждевременного износа элементов тормозной передачи электропоездов.

Так как при изготовлении антифрикционных втулок применяется обработка резанием, то возникают сложности, связанные с сохранением пористости металлокерамики при механической чистовой обработке и получением необходимой шероховатости поверхности, что должно соответствовать техническим требованиям, предъявляемым к поверхности деталей. Обработка металлокерамики резанием сопровождается замазыванием поверхностных пор, что полностью недопустимо для поверхности готовых изделий. С решением этих задач связано множество исследований, на основе которых сформулированы основные концепции и рекомендации по выбору режимов обработки, выбора условий среды резания и требованиям, предъявляемые к режущему инструменту. Также разработаны и существуют нетрадиционные способы формообразования, заключающиеся в комбинированной обработке, сочетающей в большинстве случаев механическую, электрическую и химическую обработку.

Как показывают исследования, комбинированная обработка является наиболее эффективной при получении требуемой шероховатости поверхности деталей из металлокерамических спеченных материалов, металлокомпозиций, получаемых литьем, силуминов и других материалов.

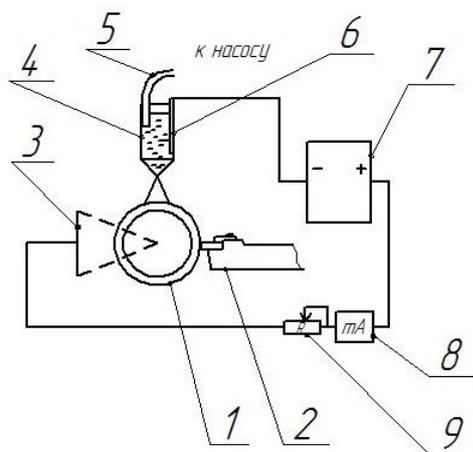
Пористая металлокерамика получается в порошковой металлургии с помощью прессования металлических порошков с добавлением порообразователя [1] и спеканием при соблюдении ряда условий. Данная металлокерамика широко используется для изготовления антифрикционных вкладышей и втулок в железнодорожном транспорте, автомобилестроении, машиностроении, приборостроении, нефтедобывающей промышленности и многих других отраслях. Предварительно готовые вкладыши из металлокерамических материалов смачивались маслом. Смазывание таких вкладышей осуществляется в процессе работы за счет масла, которое удерживается порами в поверхности детали. В процессе получения заготовок формирование структуры материала

полностью контролируется, в результате полученный материал обладает требуемой техническим регламентом пористостью и шероховатостью. Таким образом, окончательные геометрические параметры антифрикционных вкладышей и втулок достигаются в результате чистовой механической обработки спеченных заготовок [2]. Как показывают результаты лезвийной обработки, пористая структура поверхностного слоя металлокерамики значительно деформируется и процесс резания сопровождается затягиванием полостей пор деформируемым материалом. Данное явление значительно ухудшает качественные показатели поверхности готовых изделий. Происходит резкое снижение плотности пор на поверхности, и в результате невозможно получить нужный эффект самосмазывания узлов трения из таких деталей.

Пористость поверхностного слоя в результате применения лезвийной обработки сокращается по сравнению с первоначальной в 1,7–2 раза. В целях повышения пористости поверхности металлокерамических спеченных материалов можно использовать рациональные режимы резания. Установлено, что на изменение пористости при механической обработке существенное влияние оказывают такие факторы, как вид материала применяемого режущего инструмента, скорость резания, величина подачи, глубина резания, геометрические параметры режущего инструмента, наличие и вид применяемой смазочно-охлаждающей технологической среды (СОТС) [3]. Таким образом, при исследовании процесса резания бронзографита и железнографита установлено, что для пористых металлокерамических материалов с пористостью поверхности 18–25 % наиболее рациональным является использование высоких скоростей резания, применение твердосплавного инструмента с износостойким покрытием, с минимальным радиусом вершины, имеющим минимальное округление режущей кромки [4]. Передний и задние углы режущего инструмента должны находиться в рекомендуемых пределах – $\gamma = 4-5^\circ$, $\alpha = 7-8^\circ$ соответственно, подача не должна превышать 0,05 мм/об, глубина резания должна быть минимальной, но не должна быть меньше, чем радиус вершины режущего инструмента. Для чистовой механической обработки металлокерамических спеченных материалов рекомендуется использовать водорастворимые СОТС: Укринол-1М, Велс-1М. В ряде случаев этого может быть достаточно, если полученная пористость поверхности и шероховатость удовлетворяют техническим требованиям, предъявляемым к поверхности изделий из пористых металлокерамических материалов.

Пористость и шероховатость поверхности готовых изделий указываются в сертификате качества продукции и являются основопо-

лагающими показателями качества поверхности для антифрикционных вкладышей и втулок [5]. В некоторых случаях после чистовой механической обработки удается достигнуть нужной пористости поверхности, но при этом не достигается требуемая шероховатость. Применение СОТС при механической обработке позволяет воздействовать на варьирование пористости и шероховатости поверхности. Наиболее эффективным способом для получения требуемых параметров качества поверхностного слоя деталей из пористых металлокерамических материалов является комбинированная механоэлектрохимическая обработка с СОТС. Принципиальная схема установки для механоэлектрохимической обработки представлена на рисунке.



Принципиальная схема установки для комбинированной электрохимической обработки: 1 – заготовка; 2 – режущий инструмент; 3 – динамическое токосъемное устройство; 4 – активатор; 5 – подвод сжатого воздуха для создания давления; 6 – электрод; 7 – источник питания; 8 – микроамперметр; 9 – переменный резистор

Электрическая цепь замыкается через струю химически активного раствора, попадающую из емкости с анодом в зону резания. В качестве анода служит поверхность обрабатываемой пористой металлокерамики, в качестве катода используется металлический стержень, помещенный в емкость с химически активным раствором [2, 6]. Величина тока и напряжения зависит от режимов резания, марки обрабатываемой металлокерамики, вида материала инструмента и его геометрических параметров. Подключение анода к источнику питания лучше осуществлять посредством динамического токосъемного устройства, контактирующего непосредственно с обрабатываемой заготовкой. Режущий инструмент желательно исключить из электрической цепи, так как при его износе изменяется сопротивление цепи, а также во избежание разрушения защитного износостойкого покрытия из-за действия электрического тока [7, 8].

Применение данного комплекса механической обработки и электрохимической акти-

зации СОТС позволяет предотвратить затягивание пор и получить поверхностную пористость, соответствующую пористости заготовок при спекании, а также шероховатость, отвечающую техническим требованиям качества продукции.

Таким образом, при обработке заготовок антифрикционных втулок из бронзографита BrOgr3N целесообразно использовать механоэлектрохимическую комбинированную обработку, сочетающую резание сменными твердосплавными пластинами с покрытием нитрида титана, имеющими радиус вершины не более 0,4 мм, одновременное травление за счет образования электрической цепи, замыкающейся через струю СОТС из водного раствора CuSO_4 (25 %). В результате шероховатость полученной поверхности составила $Ra\ 0,63\text{--}1,25$, что отвечает техническим требованиям, предъявляемым к поверхности антифрикционных втулок. Для обработки железографита целесообразно применять сульфат железа.

Механическая обработка материалов на основе алюминия сопровождается задирами на поверхности, выходящей из-под резца, а также налипанием удаляемого материала на режущую кромку инструмента, что приводит к снижению эффективности процесса резания, повышенному тепловыделению и износу инструмента. Для достижения высокого качества поверхности при резании силуминов рекомендуется использовать специальные режущие пластины с алмазоподобным углеродным покрытием и другими износостойкими покрытиями. При этом режущий инструмент должен обладать большим передним углом, малым радиусом округления режущей кромки r и малым радиусом вершины инструмента r . Для увеличения теплоотвода в отдельных случаях, когда ведется обработка тонкостенных втулок, целесообразно использовать СОТС [9]. Также в целях снижения шероховатости возможно добавление в СОТС химических реактивов, снижающих прочность удаляемого слоя материала.

Предлагаемый способ обработки имеет широкие возможности управления качественными показателями образующегося поверхностного слоя, что позволяет при соответствующей комбинации факторов достигать требуемой шероховатости поверхности труднообрабатываемых материалов.

Список литературы

1. Бабич Б.Н., Вершинина Е.В., Глебов В.А. Металлические порошки и порошковые материалы: справочник. – М.: ЭКОМЕТ, 2005. – С. 450.
2. Иноземцев В.Е., Куликов М.Ю. Исследование влияния условий чистовой механической обработки металлокерамических спеченных материалов на качество образуемой поверхности // Физика, химия и механика трибосистем: межвуз. сб. науч. тр. Иван. гос. ун-та. Трибологический центр ИвГУ. Вып. X. – Иваново, 2011. – С. 88–93.
3. Куликов М.Ю., Иноземцев В.Е., Мо Наинг У. Способ улучшения качества поверхностного слоя с помо-

щью комбинированной механо-электрохимической обработки // Високи тенології в машинобудуванні: сб. науч. тр. Харьковского политехнического ин-та. – 2012. – № 1. – С. 168–170.

4. Куликов М.Ю., Иноземцев В.Е. Исследование воздействия условий резания на качество формирования поверхности металлокерамических изделий при их чистой токарной обработке // Мир транспорта. – 2012. – № 2. – С. 44–49.

5. Иноземцев В.Е. Использование и обработка металлокерамики // Мир транспорта. – 2010. – № 4. – С. 44–48.

6. Иноземцев В.Е. Факторы, влияющие на технологические возможности металлокерамических спеченных материалов, в процессе лезвийной чистовой обработки // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2011. – № 4/2 (288). – С. 61–66.

7. Ковенский И.М., Кусков В.Н., Прохоров Н.Н. Структурные превращения в металлах и сплавах при электролитическом воздействии. – Тюмень, 2001. – 115 с.

8. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов. – М.: Высш. шк., 1974. – С. 469–470.

9. Латышев В.Н. Повышение эффективности СОЖ. – М.: Машиностроение, 1985. – С. 59.

References

1. Babich, B.N., Vershinina, E.V., Glebov, V.A. *Metallicheskie poroshki i poroshkovye materialy: spravochnik* [Metallic Powders and Powder Materials: Reference Book]. Moscow, EKOMET, 2005. 450 p.

2. Inozemtsev, V.E., Kulikov, M.Yu. *Issledovanie vliyaniya usloviy chistovoy mekhanicheskoy obrabotki metallokeramicheskikh spechennykh materialov na kachestvo obrazuemy poverkhnosti* [Studying of the Influence of Metallic Ceramic Sintered Material Finishing Machining Conditions on the Surface Quality]. *Mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov «Fizika, khimiya i mekhanika tribosistem» Ivanovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Collected Inter-University Scientific

Works «Physics, Chemistry and Mechanics of Tribosystems». Ivanovo State University]. Ivanovo, 2011, issue X, pp. 88–93.

3. Kulikov, M.Yu., Inozemtsev, V.E., Mo Naing U. *Sposob uluchsheniya kachestva poverkhnostnogo sloya s pomoshch'yu kombinirovannoy mekhamo-elektrokhimicheskoy obrabotki* [Improving Surface Layer Quality by Combined Mechanical-Electrochemical Machining]. *Sbornik nauchnykh trudov «Visoki tenologii v mashinobuduvanni» Khar'kovskogo politekhnicheskogo instituta* [Collected Scientific Works «High Technologies in Mechanical Engineering». Kharkov Polytechnical Institute]. Khar'kov, 2012, no. 1, pp. 168–170.

4. Kulikov, M.Yu., Inozemtsev, V.E. *Issledovanie vozdeystviya usloviy rezaniya na kachestvo formirovaniya poverkhnosti metallokeramicheskikh izdeliy pri ikh chistovoy tokarnoy obrabotke* [Studying of the Influence of Cutting Conditions on the Quality of Metallic Ceramics Surface Processed by Finishing Rotary Machining]. *Mir transporta*, 2012, no. 2, pp. 44–49.

5. Inozemtsev, V.E. *Ispol'zovanie i obrabotka metallokeramiki* [Using and Processing of Metal Ceramics]. *Mir transporta*, 2010, no. 4, pp. 44–48.

6. Inozemtsev, V.E. *Faktory, vliyayushchie na tekhnologicheskie vozmozhnosti metallokeramicheskikh spechennykh materialov, v protsesse lezviynoy chistovoy obrabotki* [Factors Affecting Technological Capability of Metal Ceramic Sintered Materials Processed by Edge Cutting Finishing Machining]. *Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii*, 2011, № 4/2 (288), pp. 61–66.

7. Kovenskiy, I.M., Kuskov, V.N., Prokhorov, N.N. *Strukturnye prevrashcheniya v metallakh i splavakh pri elektrolyticheskom vozdeystvii* [Structural Transformations of Metals and Alloys Under Electrolytic Action]. Tyumen, 2001. 115 p.

8. Poduraev, V.N. *Rezanie trudnoobrabatyvaemykh materialov* [Cutting of Hard-to-Cut Materials]. Moscow, Vysshaya shkola, 1974, pp. 469–470.

9. Latsyhev, V.N. *Povyshenie effektivnosti SOZh* [Lubricoolant Efficiency Improvement]. Moscow, Mashinostroenie, 1985. 59 p.

Иноземцев Виталий Евгеньевич,

ФГБОУВПО «Московский государственный университет путей сообщения МИИТ», ассистент кафедры технологии транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава, телефон (8499) 684-28-63.

Цыпкин Евгений Николаевич,

ФГБОУВПО «Московский государственный университет путей сообщения МИИТ», старший преподаватель кафедры технологии транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава, телефон (8499) 684-28-63.

Мо Наинг У,

ФГБОУВПО «Московский государственный университет путей сообщения МИИТ», аспирант кафедры технологии транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава, телефон (8499) 684-28-63.

Нечаев Дмитрий Александрович,

ФГБОУВПО «Московский государственный университет путей сообщения МИИТ», старший преподаватель кафедры технологии транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава, телефон (8499) 684-28-63.