



Рис. 5. Распределение радиальных нагрузок в буксе с шарикоподшипником и укороченными цилиндрическими роликовыми подшипникам

Наружная кольцо в данном случае выполняется разъемным. Но при укорачивании длины роликов приводит к значительному уменьшению грузоподъемности, что идет в разрез с современными тенденциями [3].

На основе всего изложенного можно сделать вывод о сложности условий работы подшипников в буксах железнодорожных вагонов, а также о необходимости совершенствования подшипников с точки зрения восприятия ими сложных нагрузок и увеличения их долговечности.

Список используемых источников:

1. Бородин А.В., Устройства букс железнодорожного подвижного состава для восприятия рамной силы /Бородин А.В., Иванова Ю.А., Ковалев М.И. - Известия Транссиба. 2011. № 1 (5). С. 2-6.
2. Бородин А.В., Усовершенствование роликовой буксы грузового вагона/ Бородин А.В., Кулинич Е.Н., Иванова Ю.А. - Известия Транссиба. 2010. № 2 (2). С. 15-20.
3. Зиякаев Г.Р., Длияние трения на точность автоматической балансировки роторов /Зиякаев Г.Р., Пашков Е.Н., Урниш В.В. - В мире научных открытий. 2013. № 10-1 (46). С. 104-117.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА АРМИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ

*А.А. Подзигун, студент группы 10А61,*

*научный руководитель: Сапрыкина Н.А., доцент, к.т.н.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26,*

*E-mail: Daimonmega@mail.ru*

**Аннотация:** Армированные керамикой металломатричные композиты становятся распространенными в промышленности, и оптимальные методы механической обработки являются актуальными для исследования. В данной статье рассматриваются механические свойства, механизмы разрушения и обрабатываемость армированных композитов, при этом значительное внимание уделяется механизму формирования стружки с учетом разных доминирующих факторов.

**Ключевые слова:** металломатричные композиты, упрочнение материала, образование поверхности, микрообработка.

Армированные керамикой металломатричные композиты благодаря их улучшенными механическими свойствами при относительно небольшой массе применяются в энергетике, оборонной, авиакосмической и биотехнологической промышленности, оптике, а также в машиностроение. За последнее десятилетие был совершен существенный скачок в исследовании и развитии металломатричных композитов, что позволяет использовать современные гетерогенные материалы в различных областях, в частности для микрожидкостных каналов топливных элементов, микромасштабных отверстий волоконной оптики, массивов микрофорсунок составных электрораспылительных систем, микро сенсоров и датчиков [1–4]. Эти детали требуют достаточно высоких механических свойств, таких как малый вес, высокую прочность, высокую стойкость к ползучести, длительный усталостный

срок службы, высокую коррозионную/окислительную стойкость, низкое тепловое расширение и хорошую износостойкость. С другой стороны, появляющиеся технологии воспринимаются как ключевые технологии [2, 3]. Использование микрокомпонентов в соответствующих условиях может повысить энергоэффективность производства. Композиционные материалы с металлической матрицей на основе алюминия или магния обладают легким весом и высокой ударной вязкостью, являются хорошей основой для изготовления компонентов для таких применений. Благодаря усилению твердыми керамическими частицами механические свойства значительно улучшаются. Было обнаружено, что эти композиты демонстрируют гораздо лучшие механические свойства, такие как, более высокая прочность и превосходная износостойкость, чем чистый магний, алюминий и их сплавы [5].

Существует ряд различных способов изготовления микрокомпонентов из армированных керамикой металломатричных композитов. Поскольку, микрокомпоненты изготовлены из современных материалов, металломатричные композиты (ММК) содержат сложные трехмерные (3-D) элементы и традиционные методы их изготовления не подходят. Несколько методов микро-производства армированных ММК были описаны в литературе, Мюллер и др. [6], изучали возможности изготовления армированных частицами карбида кремния (SiC) алюмоматричных композитов с использованием электроэрозионной обработки. Результаты показали, что скорость удаления была низкой из-за плохой электропроводности частиц SiC. Кроме того, электрод подвергался быстрому износу и, следовательно, неизбежно увеличивал стоимость производства. Лазерная обработка является еще одним альтернативным методом изготовления отверстий небольшого диаметра. Однако качество поверхности после обработки было относительно низким, а микроструктура материалов изменялась под воздействием лазерного нагрева.

По сравнению с вышеупомянутыми методами процесс механической микрообработки является наиболее перспективным для массового производства деталей из ММК. Этот подход является экономически эффективным, точным, гибким и управляемым, а также способен создавать произвольный трехмерный рисунок [2, 6]. Используя технологию микрообработки можно изготавливать мелкие детали с меньшими затратами и высоким качеством.

Механические свойства, такие, как предел текучести и предел прочности ММК улучшены, но увеличенные износостойкость и модуль сдвига создают сложности при механической обработке. По сравнению с обработкой однородных металлов, сила резания при обработке ММК значительно больше из-за усиления керамическими частицами. Происходит быстрый износ инструмента. Из-за высокой амплитуды колебаний сил резания вибрации и износ инструмента являются более существенными. В результате это отрицательно сказывается как на точность размеров, так и на качество поверхности. Для улучшения качества обработки важно понимать механизм упрочнения и влияние усиливающих частиц на весь процесс резания, особенно процесс формирования стружки.

Период стойкости режущего инструмента при токарной обработке зависит от нескольких параметров, таких, как скорость резания, подача, глубина резания, обрабатываемый материал, геометрические параметры режущей части инструментов и т.д. Однако при механической обработке скорость резания, подача и глубина резания являются наиболее значимыми параметрами [7].

Ravinder Kumar [8] рекомендует для обработки ММК поликристаллический алмазный инструмент, высокий период стойкости которого обусловлена его высокой твердостью и теплопроводностью.

Сила резания в основном зависит от структуры матрицы и армирующих материалов. В работе [9] были исследованы взаимодействие инструмента с частицами ММК в процессе ортогонального резания. Для объяснения взаимодействия инструмента с керамическими частицами были определены три области: когда частица располагалась вдоль режущей кромки, частица находилась выше режущей кромки и когда частица была ниже режущей кромки. В зоне, где микрочастицы располагались вдоль режущей кромки имели место трещины и смещение. В процессе резания они склонны смещаться, а не разрушаться [10].

В процессе микрообработки отношение толщины стружки к радиусу режущей кромки инструмента становится существенным фактором, влияющим на производительность резания. При уменьшении этого отношения удельная энергия резания при обработке увеличивается нелинейно. На это влияет нескольких факторов, включая эффект упрочнения материала и размер радиуса режущей кромки инструмента.

Из-за усиления керамическими частицами композитов с матрицей на основе магния и теплового несоответствие между абразивными частицами армирования и материалами матрицы в процессе резания требуется в семь раз больше энергии, чем при резании чистого Mg [10]. Различия в силах

резания между ММК и его сплавом обусловлены вариациями термического размягчения, взаимодействия между частицами инструмента и эффекта упрочнения работы.

При увеличении скорости силы резания также возрастают из-за развития трения между режущей кромкой и заготовкой. Наличие пористости уменьшает усилие, необходимое для резания. Смазочно-охлаждающие жидкости необходимы для всех операций механической обработки для охлаждения и смазывания инструмента и заготовки для улучшения обрабатываемости,

Наличие твердых армирующих частиц повышает хрупкость стружки в композитах. А.Pramanik и др. [12] проводили эксперимент по влиянию подачи на форму стружки при механической обработке металломатричного композита Al 6061/20 vol% SiC. При подаче 0,025 мм/об, стружка была короткой, неравномерной формы. Длинная стружка формировалась при увеличении подачи. При подаче 0,05 и 0,1 мм / об соответственно формировалась длинная спиральная и прямая стружка. Однако при увеличении подачи до 0,2 и 0,4 мм/об стружка превращалась в короткую и С-образную.

Согласно проведенному обзору, механизм резания для армированных керамическими частицами ММК до конца не изучен, особенно для nanoармированных ММК. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы выявить основы резания таких материалов с точки зрения распределения напряжений-деформации, режима разрушения, износа инструмента, поведения частиц и т. д. Для лучшего понимания необходимо провести теоретические и экспериментальные исследования.

Список используемых источников:

1. K.U. Kainer Metal Matrix Composites – Custom-made Materials for Automotive and Aerospace Engineering WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany (2006)
2. X. Liu Cutting mechanisms in micro-endmilling and their influence on surface generation (Ph.D. Dissertation) University of Illinois at Urbana-Champaign (2006)
3. Chae, J., Park, S.S., Freiheit, T., 2006, Investigation of micro-cutting operations, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 46/3–4: 313–332.
4. Rawal, S., 2001, Metal–matrix composites for space applications, Journal of the Minerals Metals and Materials Society, 53/4: 14–17.
5. Aust, E., Elsaesser, M., Hort, N., Limberg, W., 2006, Machining of hybrid reinforced Mg-MMCs using abrasive water jetting, 7th Magnesium Technology Symposium, pp.345–348.
6. Müller, F., Monaghan, J., 2000, Non-conventional machining of particle reinforced metal matrix composite, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 40/9: 1351–1366.
7. Rajesh Kumar Bhushan. Multiresponse Optimization of Al Alloy-SiC Composite Machining Parameters for Minimum Tool Wear and Maximum Metal Removal Rate. J Mater Sci Eng 2013; Vol. 135 / 021013-1.
8. Ravinder Kumar, Santram Chauhan. Study on surface roughness measurement for turning of Al 7075/10/SiCp and Al 7075 hybrid composites by using response surface methodology (RSM) and artificial neural networking (ANN). Measurement 2015; 65: 166–180.
9. A. Pramanik, L.C. Zhang, J.A. Arsecularatne An FEM investigation into the behavior of metal matrix composites: tool–particle interaction during orthogonal cutting International Journal of Machine Tools and Manufacture, 47 (10) (2007), pp. 1497-1506
10. J. Liu, J. Li, C. Xu Cutting force prediction on micromilling magnesium metal matrix composites with nanoreinforcements ASME Transaction, Journal of Micro and Nano-Manufacturing, 1 (1) (2013) 0110101–01101010.
11. K. Liu, S.N. Melkote Material strengthening mechanisms and their contribution to size effect in micro-cutting Journal of Manufacturing Science and Engineering, 128 (3) (2006), pp. 730-738
12. Pramanik A, Zhang LC, Arsecularatne JA. Machining of metal matrix composites: Effect of ceramic particles on residual stress, surface roughness and chip formation. J. Mach. Tool. Manu 2008; 48: 1613–1625.