

6. Филиппов А.В., Тарасов С.Ю., Шамарин Н.Н., Подгорных О.А., Филиппова Е.О. Оценка 2D параметров шероховатости и волнистости поверхности после обработки резанием сплава АМг2 с ультрамелкозернистой структурой. Часть 1. Точение. СТИН. 2018. № 7. С. 20-24.
7. Филиппов А.В., Тарасов С.Ю., Шамарин Н.Н., Подгорных О.А., Филиппова Е.О. Оценка 2D параметров шероховатости и волнистости поверхности после обработки резанием сплава АМг2 с ультрамелкозернистой структурой. Часть 1. Фрезерование. СТИН. 2018. № 12. С. 32-35.
8. Филиппов А.В., Тарасов С.Ю., Подгорных О.А., Шамарин Н.Н., Воронцов А.В. Влияние равноканального углового прессования на качество поверхности алюминиевого сплава В95 после фрезерования. Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2018. Т. 20. № 4. С. 96-106.
9. Habrat W. et al. Evaluation of the cutting force components and the surface roughness in the milling process of micro- and nanocrystalline titanium // Arch. Metall. Mater. 2016. Vol. 61, № 3. P. 1033–1038.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛИ ПОСЛЕ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА В95 С КРУПНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ И УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРОЙ

Н.Н. Шамарин, м.н.с.,^{2,а}, А.В. Филиппов, к.т.н, ст.преп.¹, н.с.², О.А. Подгорных, зав. лаб.¹

¹ Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета,

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-7-77-61

² Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,

634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4, тел. (3822)-49-18-81

^а E-mail: shnn@ispms.ru

Аннотация: В работе рассматривается экспериментальное исследование влияния структурного состояния алюминиевого сплава В95 на качество его обработки в процессе точения. Рассматривались образцы в исходном состоянии с крупнокристаллической структурой и образцы с ультрамелкозернистой структурой. Для формирования ультрамелкозернистой структуры образцы были подвергнуты интенсивной пластической деформации с привлечением метода равноканального углового прессования. После формирования различного структурного состояния в образцах осуществлялось протачивание их наружной торцевой поверхности и оценивалось качество обработки. В результате сравнительных исследований установлено, что качество обработки ультрамелкозернистых образцов лучше по сравнению с крупнокристаллическими.

Abstract: An experimental study of the influence of the structural state of the 7075 aluminum alloy on the quality of its processing during turning is considered. Samples in the initial state with a coarse-crystalline structure and samples with an ultrafine-grained structure were considered. To form an ultrafine-grained structure, the samples were subjected to severe plastic deformation using the equal-channel angular pressing method. After the formation of a different structural state in the samples, their outer end surface was pierced and the processing quality was evaluated. As a result of comparative studies, it was found that the processing quality of ultrafine-grained samples is better compared to large-crystalline samples.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, точение, резание, ультрамелкозернистый сплав.

Keywords: aluminum alloy, turning, cutting, ultra fine-grained alloy.

Размерная механическая обработка металлов и сплавов является важным направлением деятельности промышленных предприятий в машиностроении, авиа- и ракетостроении, судостроении и приборостроении. Обеспечение требуемых показателей точности геометрии и качества поверхности детали после обработки является необходимым условием эффективного её использования в составе узлов и агрегатов различной техники. Точение является одной из основных технологических операций при формообразовании разнообразных конструкционных материалов. Токарные операции осуществляются по наружным и внутренним цилиндрическим поверхностям заготовки, а также торцевым поверхностям. Зачастую большую сложность представляет обеспечить равномерное качество и точность обработки именно торцевых поверхностей из-за неравномерности условий резания. Эта неравномерность заключается в линейном изменении скорости резания при перемещении инструмента в направлении от периферии к центру торцевой поверхности. В результате этой нестабильности скорости резания шероховатость обработанной поверхности является не одинаковой на периферии и в центре детали.

Высокопрочный алюминиевый сплав В95 является перспективным материалом для производства авиационной и ракетно-космической техники. Сочетание малой плотности и высокой прочности

позволяют проектировать компактные и легкие изделия с высокой несущей способностью. В тоже время возможно дополнительное повышение механической прочности и твердости этого материала путем измельчения его зеренной структуры методами объемной интенсивной пластической деформации [1-3]. Ранее в работах [4-10] проводились исследования обрабатываемости резанием металлов и сплавов с ультрамелкозернистой структурой. Где авторы преимущественно указывают на хорошую обрабатываемость резанием подобных материалов и на повышение качества обработки по сравнению с крупнокристаллическими аналогами. В статьях [11-12] рассматривается влияние обработки резанием (при точении и фрезеровании) на параметры шероховатости и волнистости поверхности алюминиевого сплава АМг2 с крупнокристаллической и ультрамелкозернистой структурой. Показано, что при обработке материалов с ультрамелкозернистой структурой повышается качество поверхности изделия, по сравнению с обработкой материалов с крупнокристаллической структурой. На основе полученных экспериментальных результатов в работе [13] установлено, что РКУП является эффективным способом повышения качества механической обработки поверхности при фрезеровании алюминиевого сплава В95. В то же время для обеспечения оптимального соотношения качества обработки и высокой механической прочности достаточно двух проходов РКУП при выбранных условиях осуществления процесса структурообразования. Полученные результаты указывают на большой потенциал использования изделий из объемных УМЗ-материалов в промышленности за счет возможности сочетания в них высоких механических свойств и качества механической размерной обработки.

Целью данной работы является исследование влияния структурного состояния алюминиевого сплава В95 на качество его поверхности после размерной механической обработки при точении.

В данной работе осуществлялась обработка цилиндрических заготовок на токарном станке OKUMA ES-L8II-M. Обтачивалась торцевая поверхность заготовок с КК и УМЗ структурой. Частота вращения шпинделя составляла 4000 об /мин, подача – 0,15 мм/об., глубина резания 0,4 мм. Использовался проходной резец со сменной многогранной пластиной фирмы Korloy, маркировка – CCGT 120408-AR. Обрабатывались заготовки сплава В95 с исходной КК структурой и образцы с УМЗ структурой полученные методом равноканального углового прессования (РКУП). РКУП осуществлялся по схеме Вс с углом пересечения каналов 90° при скорости деформирования 6 мм/с. Температура прессования составляла 200°С. В процессе РКУП образцы были деформированы до различной степени деформации – 1, 2 и 4. Степень деформации соответствует числу проходов при РКУП. Структурные исследования для образцов с УМЗ структурой выполнены методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) при помощи микроскопа JEM-2100 (JEOL Ltd, Japan). Оценка качества поверхности после механической обработки выполнена на лазерном сканирующем микроскопе Olympus OLS LEXT 4100 со специализированным программным обеспечением.

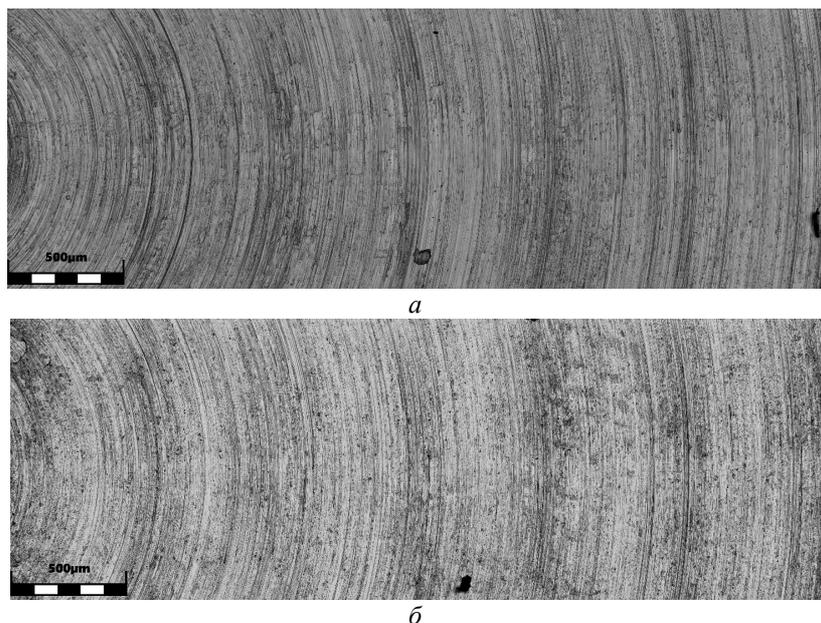


Рис. 1. Изображения обработанных поверхностей крупнокристаллического (а) и ультрамелкозернистого (б) образцов из сплава В95

В результате структурообразования методом РКУП после двух и четырех проходов достигнуто ультрамелкозернистое состояние заготовок со средним размером зерна порядка 500 нм и 200 нм, соответственно. На рисунке 1 приведены изображения обработанных поверхностей алюминиевого сплава В95 с крупнокристаллической и ультрамелкозернистой структурой. На макроскопическом уровне существенных различий между исследуемыми образцами не наблюдается. Выявленных поверхностных дефектов не выявлено. В тоже время, при микроскопических исследованиях, наблюдается небольшая волнообразность профиля поверхности у исходного образца и образца (кривизна составляет $2,8 \pm 0,1$ мкм), сформированного за 1 проход РКУП (Рис.2). Образцы, сформированные за 2 и 4 прохода РКУП имеют более линейный профиль. Кривизна профиля хорошо просматривается по средней линии (показана пунктиром на Рис.2.). Шероховатость поверхности для рассматриваемых образцов практически одинакова и составляет по параметру R_z $1,4 \pm 0,15$ мкм, по параметру R_a $0,27 \pm 0,03$ мкм. Следовательно, единственным отличием в качестве обработки образцов с разным структурным состоянием является кривизна профиля поверхности.

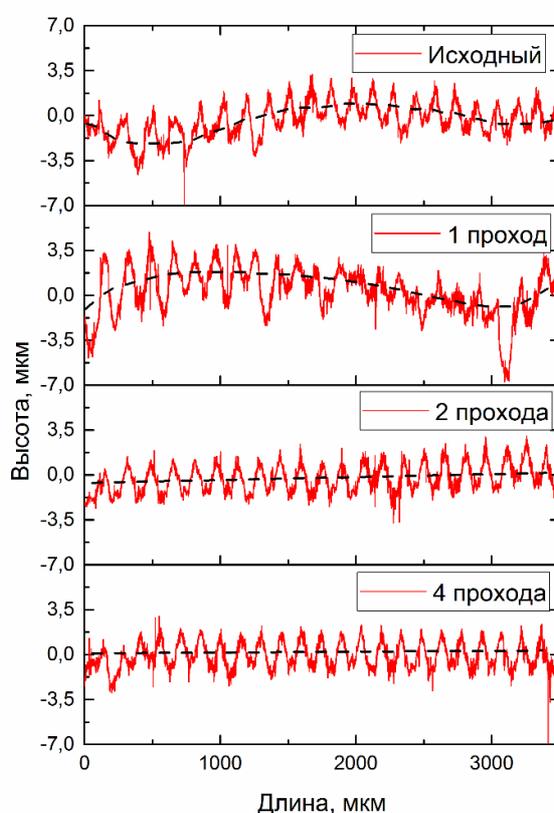


Рис. 2. Профили обработанных поверхностей крупнокристаллических и ультрамелкозернистых образцов из сплава В95

Выводы

В результате выполненных экспериментальных исследований установлено, что при обработке образцов с ультрамелкозернистой структурой профиль поверхности более линейный, чем при обработке крупнокристаллических образцов. Шероховатость поверхности крупнокристаллических и ультрамелкозернистых образцов приблизительно одинакова. Из полученных экспериментальных данных следует, что качество обработки образцов с ультрамелкозернистой структурой выше, чем качество обработки крупнокристаллических образцов алюминиевого сплава В95.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00058.

Список литературы:

1. Vaseghi M., Karimi Taheri A., Hong S.I., Kim H.S. Dynamic ageing and the mechanical response of Al–Mg–Si alloy through equal channel angular pressing. *Journal Materials Design*. 2010. Vol. 31. P. 4076–4082. doi: 10.1016/j.matdes.2010.04.056
2. Roven H.J., Liu M., Werenskiold J.C. Dynamic precipitation during severe plastic deformation of an Al–Mg–Si aluminium alloy. *Material Science and Engineering A*. 2008. Vol. 483. P. 54–58. doi:10.1016/j.msea.2006.09.142
3. Valiev R., Islamgaliev R., Alexandrov I. Bulk nanostructured materials from severe plastic deformation. *Progress in Materials Science*. 2000. Vol. 45. P. 103–189. doi:10.1016/S0079-6425(99)00007-9.
4. Ning J. Inverse determination of Johnson – Cook model constants of ultra-fine-grained titanium based on chip formation model and iterative gradient search. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2018. doi: 10.1007/s00170-018-2508-6
5. Chertovskikh V. Cuttability of UFG titanium BT1-0 obtained by ECAE. *Russian Engineering Research*. 2007. Vol. 27. P. 260–264. doi: 10.3103/S1068798X0705005X.
6. Huang Y., Morehead M. Study of Machining-Induced Microstructure Variations of Nanostructured/Ultrafine-Grained Copper Using XRD. *Journal of Engineering Materials and Technology*. 2011. Vol. 133. P. 021007. doi: 10.1115/1.4003105.
7. Rodrigues A.R., Balancin O., Gallego J., De Assis C.L.F., Matsumoto H., De Oliveira F.B., Moreira S.R.D.S., Da Silva Neto O.V. Surface integrity analysis when milling ultrafine-grained steels. *Materials Research*. 2012. Vol. 15. P. 125–130. – doi: 10.1590/S1516-14392011005000094.
8. de Assis C.L.F., Jasinevicius R.G., Rodrigues A.R. Micro end-milling of channels using ultrafine-grained low-carbon steel. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2015. Vol. 77. P. 1155–1165. doi: 10.1007/s00170-014-6503-2.
9. Surya Kiran G.V.V., Krishna K.H., Sameer S., Bhargavi M., Kumar B.S., Rao G.M., Naidubabu Y., Dumpala R., Sunil B.R. Machining characteristics of fine grained AZ91 Mg alloy processed by friction stir processing. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*. 2017. Vol. 27. P. 804–811. doi: 10.1016/S1003-6326(17)60092-X.
10. Bayat Asl Y., Meratian M., Emamikhah A., Mokhtari Homami R., Abbasi A. Mechanical properties and machinability of 6061 aluminum alloy produced by equal-channel angular pressing. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. 2015. Vol. 229. P. 1302–1313. doi: 10.1177/0954405414535921.
11. Филиппов А.В., Тарасов С.Ю., Шамарин Н.Н., Подгорных О.А., Филиппова Е.О. Оценка 2D параметров шероховатости и волнистости поверхности после обработки резанием сплава АМг2 с ультрамелкозернистой структурой. Часть 1. Точение. *СТИН*. 2018. № 7. С. 20-24.
12. Филиппов А.В., Тарасов С.Ю., Шамарин Н.Н., Подгорных О.А., Филиппова Е.О. Оценка 2D параметров шероховатости и волнистости поверхности после обработки резанием сплава АМг2 с ультрамелкозернистой структурой. Часть 1. Фрезерование. *СТИН*. 2018. № 12. С. 32-35.
13. Филиппов А.В., Тарасов С.Ю., Подгорных О.А., Шамарин Н.Н., Воронцов А.В. Влияние равноканального углового прессования на качество поверхности алюминиевого сплава В95 после фрезерования. *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2018. Т. 20. № 4. С. 96-106.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ
КОРРОЗИОННОСТОЙКОЙ СТАЛИ 08X18H10Г2М2 С КРУПНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ
И УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОЙ СТРУКТУРОЙ**

А.В. Филиппов, к.т.н, ст.преп.¹, н.с.², Н.Н. Шамарин, м.н.с.², О.А. Подгорных, зав. лаб.¹

¹ *Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-7-77-61

² *Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,*

634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4, тел. (3822)-49-18-81

E-mail: avf@ispms.ru

Аннотация: В работе рассматривается экспериментальное исследование влияния структурного состояния коррозионностойкой стали 08X18H10Г2М2 на качество её обработки в процессе фрезерования. Рассматривались образцы в исходном состоянии с крупнокристаллической структурой и образцы с ульт-