

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 08X18N10Г2М2 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 08X18N10Г2М2 на качество её обработки в процессе фрезерования. Рассматривались образцы в исходном состоянии с крупнокристаллической структурой и образцы с ульт-

рамелькозернистой структурой. Для формирования ультрамелькозернистой структуры образцы были подвергнуты интенсивной пластической деформации с привлечением методов прессования и прокатки. После формирования различного структурного состояния образцы фрезеровались и оценивалось качество обработанной поверхности. В результате сравнительных исследований установлено, что формирование ультрамелькозернистой структуры способствует повышению качества обработки коррозионнотстойкой стали 08X18Ni10Г2M2 при фрезеровании, по сравнению с крупнокристаллическими образцами.

Abstract: The paper considers an experimental study of the influence of the structural state of stainless steel 08Cr18Ni10Mn2Cu2 on the quality of its processing in the milling process. Samples in the initial state with a coarse-crystalline structure and samples with an ultrafine-grained structure were considered. For the formation of ultrafine-grained structure, the samples were subjected to severe plastic deformation involving methods of pressing and rolling. After the formation of a different structural state, the samples were milled and the quality of the treated surface was evaluated. As a result of comparative studies, it has been established that the formation of an ultrafine-grained structure contributes to an improvement in the quality of processing of corrosion-resistant steel 08Cr18Ni10Mn2Cu2 during milling, as compared to coarse-crystalline samples.

Ключевые слова: ультрамелькозернистый сплав, коррозионнотстойкая сталь, фрезерование.

Keywords: ultra fine-grained alloy, stainless steel, milling.

Фрезерование является широко распространенной технологической операцией при формообразовании деталей, применяемых в различных промышленных отраслях. Поэтому является актуальной задачей поиск путей повышения производительности, качества и точности обработки данным методом перспективных конструкционных материалов. Коррозионнотстойкие стали используются для производства изделий в химической, пищевой, нефтеперерабатывающей промышленности. Повышение механической прочности и твердости за счет применения методов объемной интенсивной пластической деформации способствует расширению области эффективного применения конструкционных материалов [1]. В свою очередь изменение механических свойств материала путем измельчения зеренной структуры может повлечь за собой изменения в показателях обрабатываемости и качества размерной обработки при формообразовании в процессе резания [2-12]. Коррозионнотстойкие аустенитные и аустенито-ферритные стали в результате интенсивной пластической деформации существенно упрочняются (повышение прочности может достигать четырех и более раз, по сравнению с исходным горячекатаным состоянием заготовок). В связи с этим целью работы является сравнительное экспериментальное исследование качества обработки коррозионнотстойкой стали 08X18Ni10Г2M2 с крупнокристаллической и ультрамелькозернистой структурой, сформированной методами интенсивной пластической деформации.

Исследовались три типа образцов. Первый тип образцов в исходном состоянии (обозначен как исходный), второй – после прессования по трем осям (обозначен как Прессованный), третий после прессования и прокатки (обозначен как Прокатанный). Исходные образцы представляют собой материал, подвергнутый закалке на аустенит. Прессованные образцы получены путем осадки образца по трем координатным осям. Прокатанные образцы получены путем прокатки образцов толщиной 20 мм, полученных после прессования, до квадратного прутка квадратного сечения 10 мм.

В данной статье рассматривается фрезерная обработка пластин толщиной 1,8 мм на обрабатывающем центре с числовым программным обеспечением DMC 635 V ecoline. Частота вращения фрезы составляла 2000 об/мин, подача – 300 мм/мин., глубина резания – 0,5 мм. Использовались концевые фрезы диаметром 10 мм из твердого сплава марки ZCC SM-3E-D10.0 KMG405. В процессе обработки использовалась водосмешиваемая смазочно-охлаждающая жидкость.

Структурные исследования для образцов после интенсивной пластической деформации выполнены методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) при помощи микроскопа JEM-2100 (JEOL Ltd, Japan). Оценка шероховатости поверхности после фрезерной обработки выполнена на лазерном сканирующем микроскопе Olympus OLS LEXT 4100 со специализированным программным обеспечением.

Исходные образцы имеют средний размер зерна порядка 30 мкм. В результате прессования достигнуто ультрамелькозернистое состояние заготовок со средним размером зерна порядка 500 нм, после прокатки также сформирована ультрамелькозернистая структура с минимальным размером зерен порядка 150 нм. После фрезерования на макроскопических изображениях обработанных поверхностей крупнокристаллических и ультрамелькозернистых образцов дефектов не выявлено. В результате микроскопических исследований и оценки шероховатости обработанной поверхности установлены следующие значения параметра Rz: 0,8 у исходного образца, 0,66 у прессованного и 0,54 у прокатанного. Параметра Ra: 0,1 у исходного образца, 0,083 у прессованного образца и 0,081 у проката-

танного образца. Таким образом установлено, что качество обработанной поверхности у образцов с ультрамелкозернистой структурой выше, чем у образцов с крупнокристаллической структурой.

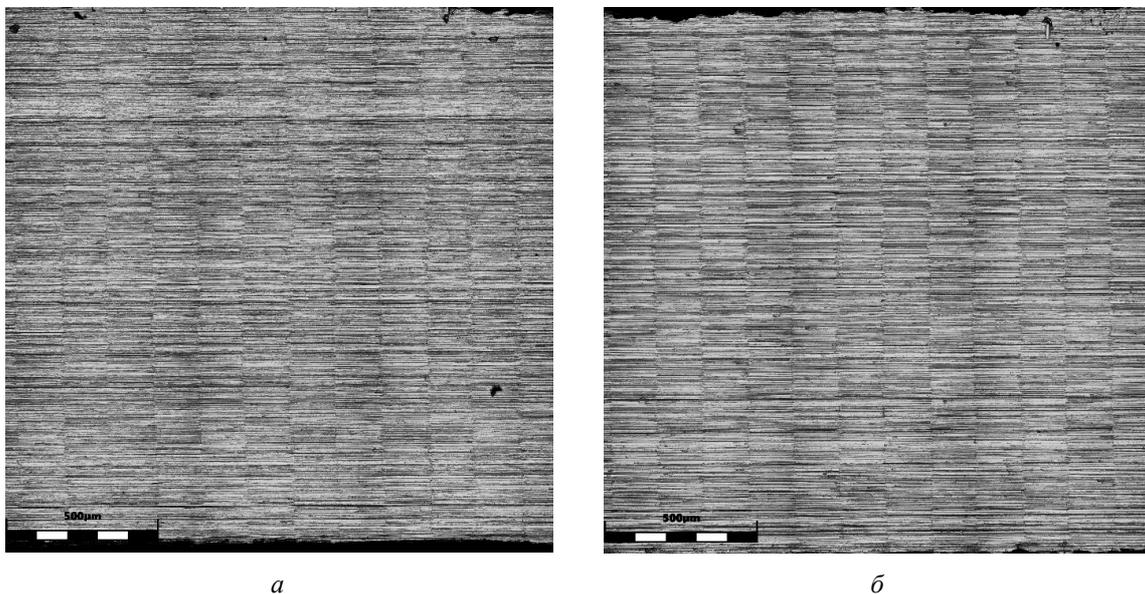


Рис. 1. Изображения обработанных поверхностей крупнокристаллического (а) и ультрамелкозернистого (б) образцов из коррозионностойкой стали 08X18H10Г2М2

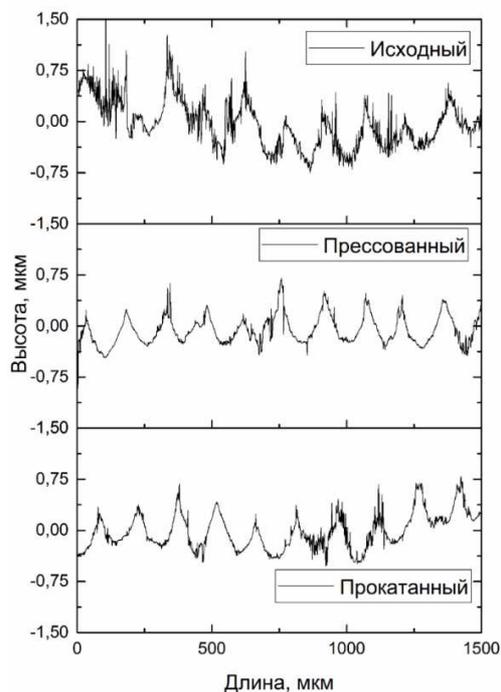


Рис. 2. Профили обработанных поверхностей крупнокристаллических и ультрамелкозернистых образцов из коррозионностойкой стали 08X18H10Г2М2

Выводы

В результате выполненных экспериментальных исследований установлено, что формирование ультрамелкозернистой структуры способствует повышению качества обработки коррозионностойкой стали 08X18H10Г2М2 при фрезеровании, по сравнению с крупнокристаллическими образцами.

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

Список литературы:

1. Valiev RZ, Kozlov E V., Ivanov YF, Lian J, Nazarov AA, Baudelet B. Deformation behaviour of ultra-fine-grained copper. *Acta Metall Mater* 1994;42:2467–75. doi:10.1016/0956-7151(94)90326-3.
2. Xu J, Li J, Shan D, Guo B. Microstructural evolution and micro/meso-deformation behavior in pure copper processed by equal-channel angular pressing. *Mater Sci Eng A* 2016;664:114–25. doi:10.1016/j.msea.2016.03.016.
3. 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
4. Chertovskikh V. Cuttability of UFG titanium BT1-0 obtained by ECAE. *Russian Engineering Research*. 2007. Vol. 27. P. 260–264. doi: 10.3103/S1068798X0705005X.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
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. Фрезерование. *СТИН*. 2018. № 12. С. 32-35.
12. 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.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ КОМБИНИРОВАННОГО ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

О.В. Захаров, д.т.н., проф., М.Ш. Тамбиев, студ.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77, тел. (8452)-99-86-31

E-mail: tms@sstu.ru

Аннотация: на основе анализа современных конструкций комбинированных шлифовальных кругов предложена новая конструкция, которая является эффективной и технологически простой

Abstract: based on the analysis of modern designs of combined grinding wheels, a new design is proposed that is efficient and technologically simple

Ключевые слова: шлифование, шлифовальный круг, комбинированный круг, конструкция, прерывистая поверхность

Keyword: grinding, grinding wheel, combination wheel, construction, intermittent surface