

## ВЫГЛАЖИВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДВОЙНОЙ КРИВИЗНЫ ДЕТАЛЕЙ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Швецов А.Н., Хаймович А.И.

Самарский университет, г. Самара, [shvecov.an@ssau.ru](mailto:shvecov.an@ssau.ru)

*Ключевые слова: аддитивные технологии, выглаживание, криволинейная поверхность, шариковый выглаживающий инструмент, шероховатость*

Выглаживание является одним из наиболее простых и эффективных методов отделочно-упрочняющей обработки, где в качестве рабочего инструмента служат, как инденторы из синтетических или натуральных алмазов [1], так и инденторы оснащенные шариковыми или роликовыми элементами. Выглаживание позволяет снизить шероховатость поверхности, сформировать в поверхностном слое благоприятные сжимающие остаточные напряжения, повысить степень деформационного упрочнения. Выглаживание наиболее распространено при обработке деталей типа тел вращения, как наружных, так и внутренних поверхностей, с использованием специальных оправок с жестким и упругим способом закрепления инструмента [1].

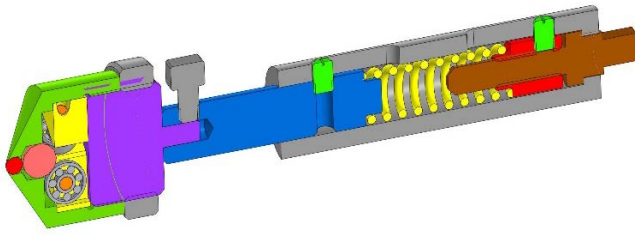
Детали, получаемые аддитивными технологиями, не всегда позволяют обеспечить требуемую шероховатость поверхности без последующей финишной обработки. В большинстве случаев методом аддитивных получают сложно профильные детали, имеющие двойную кривизну поверхности. В работе [2] приводятся средние значения шероховатости поверхностей деталей ( $Ra$  6...12 мкм), из различных порошковых материалов, полученных методом аддитивных технологий. Высокая шероховатость как отмечено в работе Алексева В.П. [3] может быть обусловлена неправильным сплавлением частиц порошка и эффектом комкования.

Для осуществления выглаживания криволинейных поверхностей, полученных методом аддитивных технологий, было спроектировано (рис.1, *а*) и изготовлено (рис.1, *б*) приспособление с пружинным типом нагружения рабочего элемента, в качестве которого использовался шарик от шарикоподшипника диаметром 5 мм. Приспособление предназначено для использования на программных фрезерных станках и обрабатывающих центрах. Конструкция приспособления позволяет рабочему элементу свободно обкатываться по обрабатываемой поверхности в любом направлении без скольжения.

Исследование выглаживания осуществлялось на образце из жаропрочного никелевого сплава ВЖ159 имеющего малую кривизну поверхности, на программном фрезерном станке 6М13ГН1 с системой ЧПУ FMS-3000, процесс выглаживания представлен на рис.1, *в*. Выглаживание осуществлялось по написанной в G-коде управляющей программе при следующем режиме выглаживания: скорость выглаживания  $v = 120$  мм/мин, величина подачи между проходами составляла  $S = 0,1$  мм.

После процесса выглаживания на исследуемом образце оценивалась шероховатость поверхности с использованием автоматизированного профилографа-профилометра модели БВ-7669.

Результаты выглаживания показывают, что на образце (рис. 2) после выглаживания, наблюдается сглаживание частиц порошка, при этом направленность текстуры сформированной на этапе выращивания методом аддитивных технологий сохранилась.



*a*



*б*



*в*

*Рис. 1 – Приспособление для выглаживания: а – компоновка (3D-модель); б – общий вид; в – процесс выглаживания криволинейной поверхности*



*Рис. 2 – Криволинейный образец после выглаживания*

Результаты исследования шероховатости поверхности криволинейного образца показали, что в продольном направлении шероховатость снизилась с  $Ra$  1,09 мкм до  $Ra$  0,375 мкм, в поперечном направлении с  $Ra$  2,11 мкм до  $Ra$  0,59 мкм. В свою очередь подобные результаты говорят о возможности применения выглаживания сложнопрофильных деталей имеющих двойную кривизну.

### **Список литературы**

- 1 Торбило, В.М. Алмазное выглаживание / В.М. Торбило. – М.: Машиностроение, 1972. – 105 с.
- 2 Сухов, Д.И. Исследование параметров шероховатости поверхностного слоя и точности изготовления изделий аддитивного производства / Д.И. Сухов, С.В. Неруш, С.В. Беляков, П.Б. Мазалов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2017. – №9 (690). – С. 73-84.
- 3 Алексеев, В.П. Совершенствование инструментов повышения качества продукции в процессах производства деталей методом селективного лазерного сплавления: дис... канд. техн. наук: 2.5.22 / Алексеев Вячеслав Петрович. – Самара, 2024. – 132 с.

### **Сведения об авторах**

Швецов Алексей Николаевич, к.т.н., доцент кафедры технологий производства двигателей, область научных интересов: процессы поверхностно-пластического деформирования материалов.

Хаймович Александр Исаакович, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой технологий производства двигателей, область научных интересов: автоматизация металлообработки, формообразующие процессы и технологии; аддитивные технологии LDED, LPBF; автоматизация управления качеством производственных процессов.

## **BURNISHING SURFACES OF DOUBLE CURVATURE OF PARTS ADDITIVE MANUFACTURING**

Shvetsov A.N., Khaymovich A.I.

Samara University, Samara city, [shvecov .an@ssau.ru](mailto:shvecov.an@ssau.ru)

*Key words: additive technologies, smoothing, curved surface, ball smoothing tool, roughness*

This paper presents the results of a study of burnishing with a ball burnishing layer on a CNC milling machine of a curved surface of a part obtained by additive technologies, on surface roughness. The designs of the proposed and individual device for burnishing on a CNC milling machine are presented.