

Научная статья
УДК 671.1+739.2
EDN KAWWOC
<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-1-71-58-62>

Александр Олегович Сильянов¹

Сергей Ильич Галанин²

^{1,2} Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

¹ silyanov_ao@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-3024-5521>

² sgalanin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5425-348X>

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ЛИТЫХ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ С УЧЕТОМ ФИНИШНОЙ ГАЛТОВКИ

Аннотация. В статье рассматривается динамика уменьшения высоты рельефа поверхности литых образцов из различных ювелирных сплавов золота 585 пробы и серебра 925 пробы. Определено возрастание скорости уменьшения высоты рельефа от твердости сплава в следующем ряду: белое золото – красное золото – лимонное (желтое) золото – серебро. Показано, что более острые участки рельефа уменьшаются с большей скоростью по сравнению с плоскими участками. Уменьшение массы образцов незначительно в связи с особенностями сглаживания поверхности при галтовочных операциях. Даны рекомендации по проектированию 3D-моделей изделий с целью сохранения их дизайна в процессе изготовления.

Ключевые слова: «прямое» литье, рельеф поверхности, финишное галтование, дизайн ювелирных изделий, динамика уменьшения высоты рельефа, шероховатость поверхности, ювелирные сплавы

Для цитирования: Сильянов А. О., Галанин С. И. Особенности проектирования рельефа поверхности литых ювелирных изделий с учетом финишной галтовки // Технологии и качество. 2026. № 1(71). С. 58–62. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-1-71-58-62>.

Original article

Alexander O. Silyanov¹

Sergey I. Galanin²

^{1,2} Kostroma State University, Kostroma, Russia

PECULIARITIES OF SURFACE RELIEF DESIGN CAST JEWELLERY TAKING INTO ACCOUNT FINISHING GALTING

Abstract. The article deals with the dynamics of surface relief height reduction of cast samples made of different jewellery alloys of 14K gold and 22K silver. The increase in the rate of relief height reduction from the alloy hardness is determined in the following series: white gold – red gold – lemon gold – silver. It is shown that sharper relief areas decrease at a higher rate compared to flat areas. The mass reduction of the samples is insignificant due to the peculiarities of surface smoothing during galting operations. Recommendations on designing 3D models of products in order to preserve their design during manufacturing are given.

Keywords: “direct” casting, surface relief, finishing galting, jewellery design, dynamics of relief height reduction, surface roughness, jewellery alloys

For citation: Silyanov A. O., Galanin S. I. Peculiarities of surface relief design cast jewellery taking into account finishing galting. *Technologies & Quality*. 2026. No 1(71). P. 58–62. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-1-71-58-62>.

Литье по выплавляемым моделям (ЛВМ), а также его современная разновидность «прямое» литье (ПЛ) являются одними из самых распространенных технологий изготовления ювелирных украшений из драгоценных металлов и сплавов [1–3]. Технологические возмож-

ности ПЛ позволяют формировать на поверхности отливок фактуры и рельефы необходимой формы и размера (рис. 1), что значительно упрощает процесс изготовления, а иногда и полностью исключает необходимость использования других операций фактурирования [4–8].



Рис. 1. Кольца с ярко выраженным рельефом поверхности (из открытых источников)

Однако все отливки будущих изделий в обязательном порядке проходят финишные операции шлифования и полирования поверхности. При использовании современных технологических цепочек изготовления украшений такой операцией является галтование с использованием абразивного наполнителя с различным размером зерен [2]. При этом на операции галтования вместе с полировкой поверхности происходит сглаживание сформированной при литье фактуры и рельефа. Динамика процесса сглаживания в значительной степени зависит от продолжительности галтования, размеров абразива, а также материала, из которого отлиты заготовки. В настоящей статье предпринята попытка систематизировать данные о процессе сглаживания фактур на поверхности ряда наиболее распространенных драгоценных сплавов при различных условиях галтования и выработать рекомендации по проектированию размера таких фактур с учетом финишной обработки.

Методика проведения эксперимента

Исследовались образцы из следующих сплавов: красное золото ЗлСрМ 585-80, белое золото ЗлНЦМ 585-12,5-4, лимонное (желтое) золото ЗлСрМ 585-300, серебро СрМ925 с применением лигатур фирмы *Progold*.

Образцы выращивались на 3D-принтере *Flash Forge Wax Jet-510* в виде плоских пластин размером 22×22 мм с толщиной основания 1,0 мм и с фигурными регулярными выступами в виде трех групп четырехугольных пирамид и кубиков размером в основании 2,0; 1,0; 0,5 мм. Высота выступов 2,0; 1,0; 0,5 мм, расстояние между выступами равно их высоте (рис. 2).

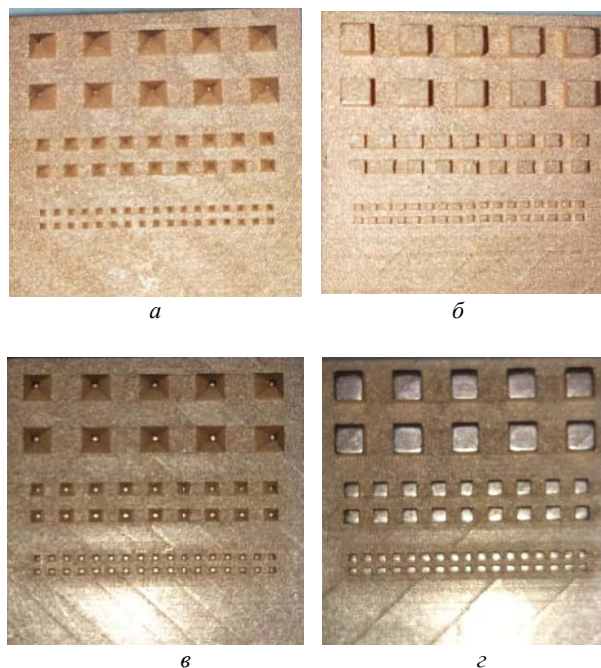


Рис. 2. Внешний вид образцов до (а, б) и после обработки (в, з)

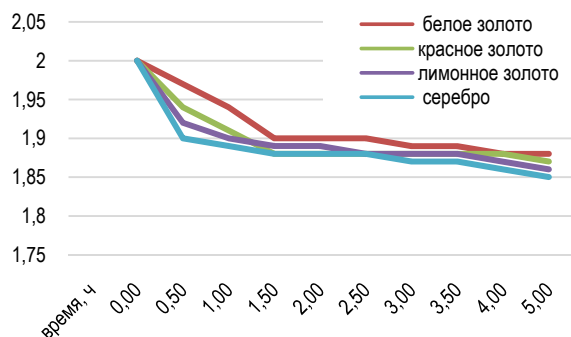
Также предусмотрено свободное поле без выступов для определения эффективности полирования в галтовочной машине плоских участков.

Высота выступов измерялась с помощью штанген-циркуля через равные промежутки времени обработки в 30 мин. Также визуально определялся результат галтования. Обработка проводилась на мокрой роторной галтовке *OTEC CF 1×18 B Element WET* при скорости вращения ротора 240 об/мин с использованием компаунда *SC5K20* (рис. 3, а).

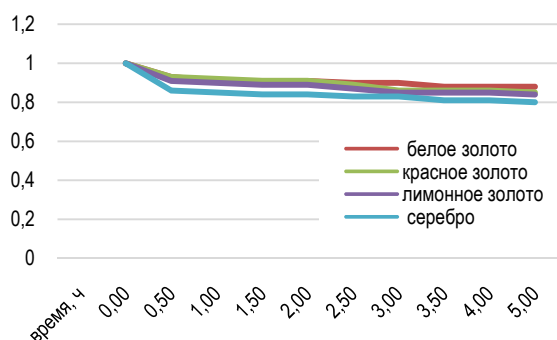


Рис. 3. Внешний вид роторной галтовочной машины (а) и пластикового наполнителя для галтовки *OTEC KM10 V2095* средней абразивности (б)

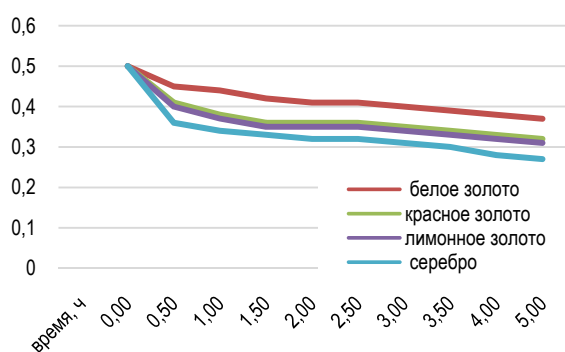
В качестве абразива использовались: пластиковый наполнитель для галтовки *OTEC KM10 V2095* в виде конусов размером 10×10 мм средней абразивности ментолового цвета (см. рис. 3, б) и высокой абразивности красного цвета. Продолжительность обработки составила 5 ч.



а



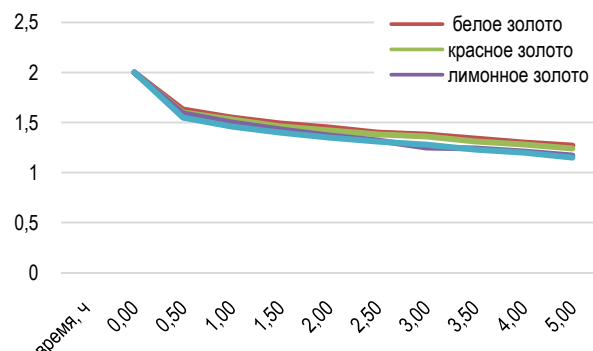
б



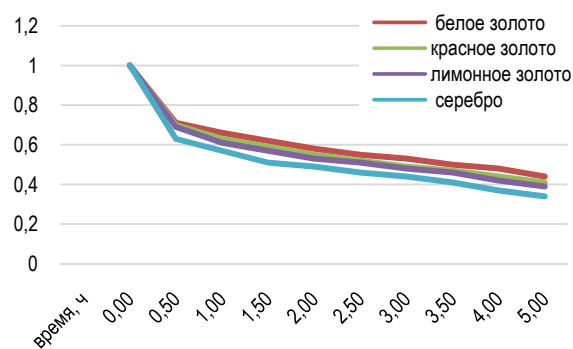
в

Рис. 4. Изменение высоты рельефа поверхности различных сплавов в виде куба в зависимости от продолжительности галтования в наполнителе красного цвета высокой абразивности при различной исходной высоте куба:
а – 2,0 мм; б – 1,0 мм; в – 0,5 мм

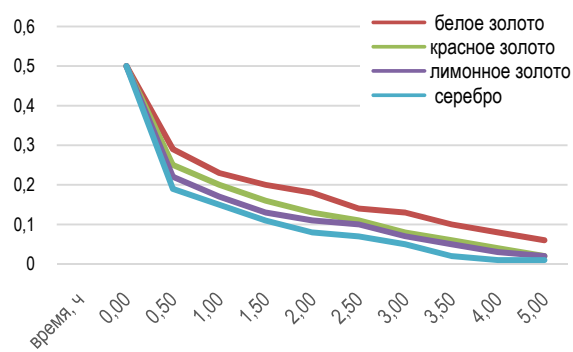
Результаты эксперимента и их обсуждение. Зависимости изменения высоты рельефа поверхности на образцах из различных сплавов представлены на рисунках 4, 5.



а



б



в

Рис. 5. Изменение высоты рельефа поверхности различных сплавов в виде пирамиды в зависимости от продолжительности галтования в наполнителе красного цвета высокой абразивности при различной исходной высоте пирамиды:
а – 2,0 мм; б – 1,0 мм; в – 0,5 мм

На основании анализа зависимостей можно сделать следующие выводы.

1. Для всех материалов исходная шероховатость поверхности составляет $Rz = 3,2...6,3$ мкм, и на свободном поле она сглаживается значительно быстрее выступов – через 3...4 ч обработки (в зависимости от твердости сплава) шероховатость снижается до $Rz = 0,025...0,05$ мкм, и участки поверхности образцов приобретают полуматовый блеск.

2. Для всех исследованных сплавов скорость снижения высоты пирамид выше, чем скорость снижения высоты кубиков, что особенно явно прослеживается в первоначальный период обработки. Этот ожидаемый факт объясняется меньшей эффективной площадью сечения вершины пирамиды по сравнению с кубиком и возрастанием этой площади по мере удаления вершин пирамид.

3. Твердость исследованных сплавов снижается, а склонность к увеличению удаления металла с выступов при галтовании возрастает в следующем ряду: белое золото, красное золото, лимонное (желтое) золото, серебро. Твердость сплава золота 585-й пробы варьируется от 125 HV до 165 HV в зависимости от состава лигатуры.

4. Уменьшение величины выступов составляет для разных сплавов:

- белое золото: 0,11...0,62 мм для ментолового наполнителя, 0,12...0,73 мм для красного наполнителя;
- красное золото: 0,12...0,65 мм для ментолового наполнителя, 0,13...0,76 мм для красного наполнителя;
- лимонное (желтое) золото: 0,14...0,66 мм для ментолового наполнителя, 0,14...0,83 мм для красного наполнителя;

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Особенности создания современных ювелирно-художественных изделий : монография. Кострома : Костромской государственной университет, 2023. 173 с. 1 CD-ROM.
2. Галанин С. И., Арнольди Н. М., Зезин Р. Б. Технология ювелирного производства / под общ. ред. Ю. А. Василенко. М. : СПМ-Индустрия, 2017. 511 с.
3. Сильянов А. О., Галанин С. И. Дизайн-иллюзии «прямого» литья // Технологии и качество. 2024. № 2(64). С. 38–43.
4. Галанин С. И. Декорирование поверхности ювелирных изделий // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2018. № 2. С. 5–6.
5. Галанин С. И., Шорохов С. А. Декоративная электрохимическая обработка поверхности металлов и сплавов : монография. Кострома : Костромской государственной технологический университет, 2015. 151 с.
6. Галанин С. И., Висковатый И. С. Декоративное электрохимическое фактурирование поверхности серебра 925 пробы // GAUDEAMUS IGITUR. 2015. № 1. С. 11–13.

– серебро: 0,15...0,71 мм для ментолового наполнителя, 0,15...0,85 мм для красного наполнителя.

Чем более острая фактура (рельеф), тем быстрее она сполнируется до средних значений. Мелкая фактура сполнируется полностью.

5. Съем металла с образцов в процессе галтования незначителен и составляет величину порядка 0,1 % за час обработки. Столь незначительные величины объясняются спецификой механического абразивного полирования, когда металл с выступов не удаляется безвозвратно с поверхности, а как бы «размазывается» по ней и «закатывается» во впадины.

Особенности проектирования рельефа на литых изделиях. Эксперимент показал, что высоты рельефа поверхности в результате финишных галтовочных операций претерпевают значительные изменения. Поэтому при проектировании 3D-моделей высоты рельефа должны увеличиваться на указанные значения с учетом материала, из которого будут они в дальнейшем отливаться. При этом необходимо учитывать и форму рельефа – чем острее форма, тем на большую величину необходимо корректировать ее величину.

ВЫВОДЫ

В результате эксперимента определены величины уменьшения высоты рельефа поверхности отливок из различных ювелирных сплавов в результате финишных галтовочных операций. Даны рекомендации по корректированию высот рельефа при проектировании 3D-моделей, позволяющие сохранить задуманный дизайн ювелирных изделий на этапе изготовления.

7. Сильянов А. О., Сильянова Е. А., Галанин С. И. Создание фактур на поверхности ювелирных изделий с помощью литья по выплавляемым моделям // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Кострома, 26–28 марта 2025 г.) / сост. и отв. ред. Т. В. Лебедева. Кострома : Костромской государственной университет, 2025. С. 349–351.
8. Галанин С. И., Трошина О. А. Рельеф, фактура и текстура в дизайне ювелирных изделий // Дизайн и технологии. 2020. № 7(119). С. 14–21.

REFERENCES

1. Galanin S. I., Kolupaev K. N. Features of the creation of modern jewelry and art products. Kostroma, Kostroma St. Univ. Publ., 2023. 173 p. 1 CD-ROM. (In Russ.)
2. Galanin S. I., Arnoldi N. M., Zezin R. B., Vasilenko Yu. A. (ed.). Jewelry Manufacturing Technology. Moscow, SPM-Industriya Publ., 2017. 511 p. (In Russ.)
3. Silyanov A. O., Galanin S. I. Design illusions of “direct” castings. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;2(64):38–43. (In Russ.)
4. Galanin S. I. Decoration of jewelry surface. *Trudy Akademii tekhnicheskoy estetiki i dizajna* [Proceedings of the Academy of Technical Aesthetics and Design]. 2018;2:5–6. (In Russ.)
5. Galanin S. I., Shorokhov S. A. Decorative electrochemical treatment of metals and alloys. Kostroma, Kostroma St. Technol. Univ. Publ., 2015. 151 p. (In Russ.)
6. Galanin S. I., Viskovaty I. S. Decorative electrochemical surface texturing of sterling silver. *GAUDEAMUS IGITUR*. 2015;1:11–13. (In Russ.)
7. Silyanov A. O., Silyanova E. A., Galanin S. I. Creating textures on the surface of jewelry using investment casting. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologij* [Scientific research and development in the field of design and technology]. Kostroma : Kostroma St. Univ. Publ., 2025. P. 349–351. (In Russ.)
8. Galanin S. I., Troshina O. A. Relief, facture and texture in jewelry design. *Dizajn i texnologii* [Design and Technology]. 2020;7(119):14–21. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 30.09.2025
Принята к публикации 09.02.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

А. О. Сильянов, аспирант

С. И. Галанин, доктор технических наук, профессор