

ДИЗАЙН

Научная статья

УДК 671.1+739.2

EDN JYVIP

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-52-61>

Сергей Ильич Галанин¹

Сергей Александрович Шорохов²

Александр Олегович Сильянов³

Валерия Дмитриевна Макарычева⁴

Дарья Алексеевна Тюрина⁵

^{1,2,3,4,5} Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

¹ sgalanin@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5425-348X>

² s.shorokhov@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9409-9432>

³ silyanov_ao@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-3024-5521>

⁴ lera.makarycheva@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0003-4383-5913>

⁵ daryatyurina31@rambler.ru; <https://orcid.org/0009-0000-6223-0045>

ДИЗАЙН И ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЫХ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ С РЕЛЬЕФНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Аннотация. В статье рассмотрены особенности дизайна и изготовления литых ювелирных изделий с фактурированной и рельефной поверхностью. Экспериментально исследованы процессы уменьшения массы и деформации рельефной и фактурированной поверхности литых образцов из наиболее распространенного в ювелирной промышленности сплава серебра СrМЦ925 в результате полирования. Показано, что фактура поверхности практически полностью сполировывается в результате традиционных на производстве финишных операций полирования. В процессе галтовочных операций изменяется форма выступов рельефа: углы и выступающие части деформируются больше, а плоские участки поверхности менее теряют свою форму. Выработаны технологические рекомендации для сохранений формы и размеров литого рельефа поверхности в производственных условиях. Выработанные рекомендации использованы в процессе проектирования и изготовления эксклюзивных колец, посвященных четырем выдающимся географическим местам России: «Застывший Байкал», «Каменистый Кавказ», «Песчаный Калининград», «Огненная Камчатка». У каждого кольца оригинальные форма, рельеф боковой и верхней поверхности, отражающие суть географического места.

Ключевые слова: дизайн литых ювелирных изделий, эксклюзивные кольца, процесс полирования поверхности, галтование поверхности, изменение формы рельефа в процессе полирования, изменение фактуры поверхности в процессе полирования, технологические рекомендации по сохранению литого рельефа поверхности

Для цитирования: Дизайн и особенности изготовления литых ювелирных изделий с рельефной поверхностью / С. И. Галанин, С. А. Шорохов, О. А. Сильянов, В. Д. Макарычева, Д. А. Тюрина // Технологии и качество. 2026. № 2(72). С. 52–61. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-52-61>.

Original article

Sergey I. Galanin¹

Sergey A. Shorokhov²

Alexander O. Silyanov³

Valeria D. Makarycheva⁴

Daria A. Tyurina⁵

^{1,2,3,4,5} Kostroma State University, Kostroma, Russia

DESIGN AND FEATURES OF MANUFACTURING CAST JEWELLERY WITH A RELIEF SURFACE

© Галанин С. И., Шорохов С. А., Сильянов О. А., Макарычева В. Д., Тюрина Д. А., 2026

Abstract. The article considers the design and manufacturing features of cast jewellery with textured and relief surfaces. The processes of mass reduction and deformation of the relief and textured surface of cast samples made of the most common silver alloy in the jewellery industry, CpМЦ925, as a result of polishing were experimentally studied. It is shown that the surface texture is almost completely polished as a result of traditional finishing polishing operations in production. During the tacking operations, the shape of the relief protrusion changes – corners and protruding parts deform more, and flat areas of the surface lose their shapeless. Technological recommendations have been developed to preserve the shape and size of the cast surface relief in production conditions. The recommendations developed were used in the process of designing and preparing exclusive rings dedicated to four outstanding geographical sites in Russia: “Frozen Baikal”, “Rocky Caucasus”, “Sandy Kaliningrad”, “Fiery Kamchatka”. Each ring has an original shape, relief of the side and upper surface, reflecting the essence of the geographical location.

Keywords: cast jewellery design, exclusive quantities, surface polishing process, surface tumbling, changing shape of relief when polishing, surface texture changing during polishing, technological recommendations for preserving surface cast relief.

For citation: Galanin S. I., Shorokhov S. A., Silyanov A. O., Makarycheva V. D., Tyurina D. A. Design and features of manufacturing cast jewellery with a relief surface. Technologies & Quality. 2026. No 2(72). P. 52–61. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2026-2-72-52-61>.

Современные ювелирные изделия характеризуются частым использованием сложных поверхностных рельефов и фактур. Формообразование таких украшений, как правило, производится с использованием «прямого» литья по выплавляемым моделям с последующей финишной обработкой в вибро- и турбогалтовочных машинах с различными абразивами, ручным механическим и электрохимическим полированием [1]. В результате съём (удаление) материала с рельефной или фактурированной поверхности может быть весьма значительным, приводящим иногда к полному сглаживанию мелких фактур, сглаживанию и деформации первоначального рельефа. Съём металла зависит от множества технологических параметров и должен в обязательном порядке учитываться при 3D-проектировании, при котором необходимо закладывать припуски на финишную обработку [2–5]. Сплав серебра 925 пробы является одним из самых распространенных материалов для изготовления ювелирных украшений. Поэтому на его примере проведены исследования зависимости величин необходимых припусков от параметров финишной обработки.

Методика проведения эксперимента. На первом этапе исследовалось влияние режимов полирования различными абразивами на изменение шероховатости поверхности в зависимости от продолжительности обработки. Обрабатывались серебряные пластины в количестве 5 шт. из сплава серебра CpМЦ925 (лигатура AG109M с содержанием Cu 70% и Zn 30%), вырезанные с помощью лазерной установки из листового проката размером 15×5×0,5 мм. После каждого этапа обработки измерялась масса пластин и величина шероховатости их поверх-

ности Rz по стандартной методике. Измеренные значения усреднялись после отбрасывания максимальной и минимальной величин.

Последовательность обработки следующая.

1. Обработка в турбогалтовочной машине LM ECO-DRIVE DRY. Наполнитель – пластиковые пули и пирамиды синие. Шампунь-концентрат ОТЕС SC5 K20. Скорость вращения 270 об/мин. Продолжительность 2,5 ч.

2. Обработка в турбогалтовочной машине LM ECO-DRIVE DRY. Наполнитель – белые пирамидки и пули. Шампунь-концентрат ОТЕС SC5 K20. Скорость вращения 270 об/мин. Продолжительность 1,5 ч.

3. Промывка в УЗВ с шампунем «Полинка» и сушка термовентилятором до полного высыхания, чтобы при дальнейшей обработке мелкий абразив не «забился» в поверхностный слой металла.

4. Обработка в турбогалтовочной машине LM ECO-DRIVE DRY. Наполнитель – орех крупной фракции, голубая паста ОТЕС P1 с добавлением масла Shell Morlina. Скорость вращения 700 об/мин. Продолжительность 2,5 ч.

5. Обработка в турбогалтовочной машине LM ECO-DRIVE DRY. Наполнитель – песок, паста ОТЕС P6. Скорость вращения 700 об/мин. Продолжительность 2,5 ч.

6. Обработка в виброгалтовочной машине MOD 10 LT. Наполнитель – стальные шарики, шампунь блескообразующий зеленый DETER BRIGHT 10 мл, белый 15 мл. Скорость вращения 1500 об/мин. Продолжительность 1 ч.

7. Полирование щеткой и пастой DIALUX вручную. Продолжительность 5 мин.

Второй этап исследований заключался в обработке поверхности четырех пластинок из

серебра СpМЦ925 (лигатура АG109М с содержанием Cu 70 % и Zn 30 %) с различным рельефом разных размеров и высоты: полусферы («Огненная Камчатка») (рис. 1, а), усеченные пирамиды («Застывший Байкал») (рис. 1, б), параллелепипеды («Каменистый Кавказ») (рис. 1, в)

и волны («Песчаный Калининград») (рис. 1, г) высотой 1; 0,75; 0,5 мм по стандартному производственному циклу финишной обработки и замеры массы пластинок и высоты рельефа после каждого этапа.

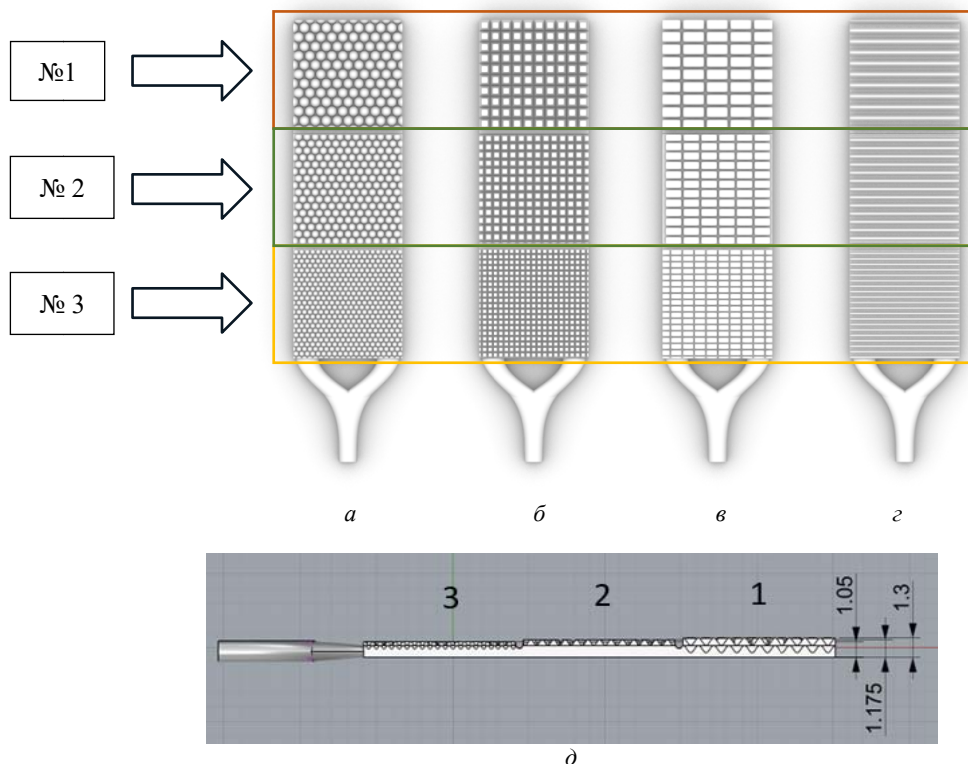


Рис. 1. Образцы с различным рельефом поверхности, выстроенные в программе Rhinoceros:
а – полусферы; б – усечённые пирамиды; в – параллелепипеды; г – волны; д – вид образцов сбоку

Среди исследователей нет общепринятого разграничения между рельефом и фактурой. Рельеф и фактура – термины, описывающие внешний вид поверхности, имеющие различные значения. Рельеф описывает трехмерные формы и их распределение на поверхности. Рельеф также может быть представлен в виде микро- и макроформ, в зависимости от масштаба. Фактура – визуальное и тактильное восприятие поверхности. В общем случае фактура описывает общее состояние поверхности, а рельеф – ее более крупное и объемное строение [6]. Формируются рельефы и фактуры поверхности различными способами [7–10].

1. 3D-моделирование. Пластины строились в программе Rhinoceros. Толщина основы 0,8 мм. Высота рельефов вместе с основой: № 1 равна 1,3 мм; № 2 – 1,175 мм; № 3 – 1,05 мм.

2. Выращивание восковых моделей производилось на 3D-принтере PROJET 2500 W по технологии струйной печати MJP. Область построения – 294×211×144 мм (включая платформу). Режим печати – XHD высокой четкости (минимальная толщина слоя 16 мкм). Разре-

ние – 1200×1200×1600 точек на дюйм. Точность ± 0,04 мм на 1 см. Использовался воск для изделий VisiJet M2 CAST и материал для поддержек VisiJet M2 SUW.

3. Образцы отливались на индукционной автоматической литейной вакуумной машине INDUTHERM VC450V с вибрацией.

4. Удаление литников, обработка остатков литников, задней и боковых стенок с помощью бормашинки шлифовальными дисками грубой фракции.

5. Обработка в магнитной галтовке с иглами и Fairu для удаления остатков формомассы 5 мин с последующей сушкой в течение 1 мин.

6. Галтовочные операции:

6.1. Обработка в турбогалтовочной машине LM ECO-DRIVE DRY. Наполнитель – пластиковые пули и пирамиды зеленые (ментоловые). Шампунь-концентрат ОТЕС SC5 K20. Скорость вращения 270 об/мин. Продолжительность 2,5 ч.

6.2. Обработка в турбогалтовочной машине LM ECO-DRIVE DRY. Наполнитель – белые пирамидки и пули. Шампунь-концентрат ОТЕС

SC5 K20. Скорость вращения 270 об/мин. Продолжительность 1,5 ч.

6.3. Обработка в турбогалтовочной машине LM ECO-DRIVE DRY. Наполнитель – орех крупной фракции, голубая паста OTEC P1 с добавлением масла Shell Morlina. Скорость вращения 700 об/мин. Продолжительность 2,5 ч.

6.4. Обработка в турбогалтовочной машине LM ECO-DRIVED RY. Наполнитель – песок, паста OTEC P6. Скорость вращения 700 об/мин. Продолжительность 2,5 ч.

6.5. Обработка в виброгалтовочной машине MOD 10 LT. Наполнитель – стальные шарики, шампунь блескообразующий зеленый

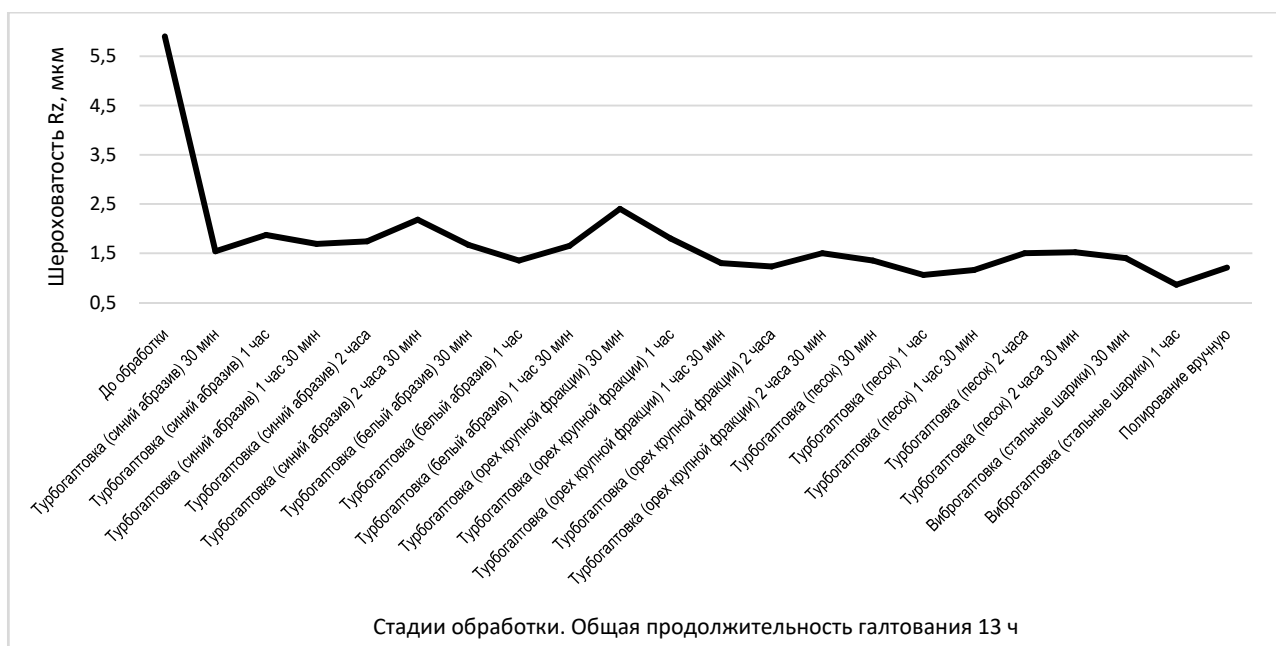
DETER BRIGHT 10 мл, белый 15 мл. Скорость вращения 1500 об/мин. Продолжительность 1 ч.

7. Полирование вручную щеткой с пастой DIALUX.

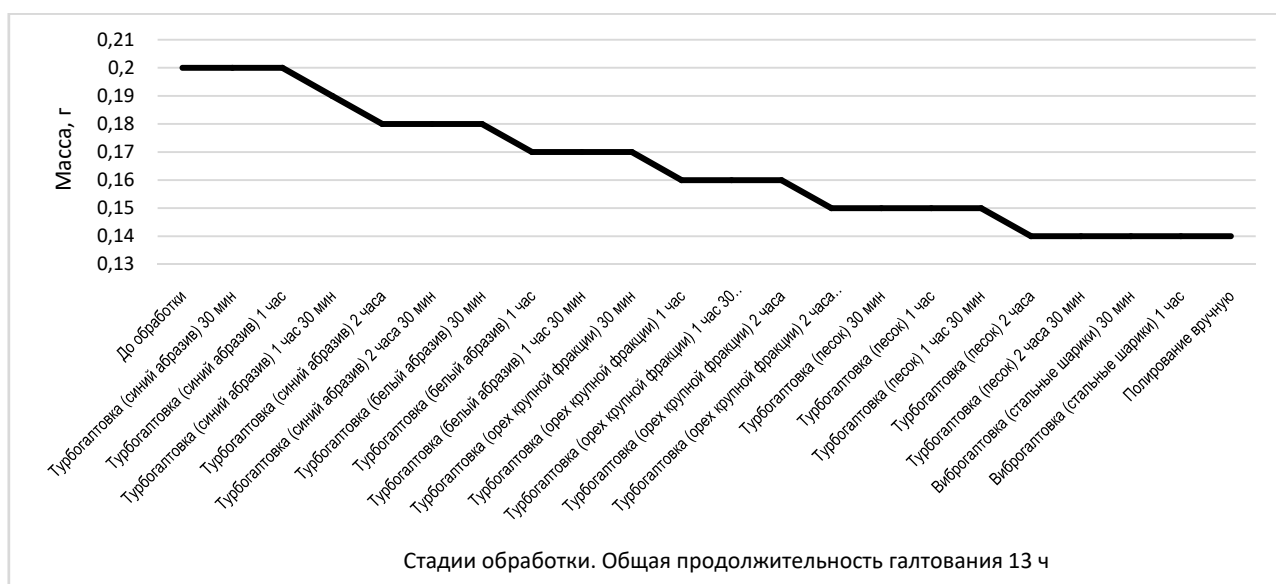
8. Электрохимическое полирование (ЭХП) с предварительным сверлением отверстий для подвешивания образцов.

После каждого этапа обработки измерялась масса образцов с помощью лабораторных весов ViBRA AJ-6200CE точностью ±0,01 г и высота фактуры механическим микрометром 0...25 мм с ценой деления 0,01 мм.

Результаты экспериментов и их обсуждение. Результаты исследований на первом этапе представлены на рисунке 2.



а



б

Рис. 2. Изменение шероховатости поверхности (а) и массы образцов (б) в процессе обработки

Как видно из зависимости на рис. 2, *a*, наибольшее изменение шероховатости наблюдается на начальном этапе обработки. Дальнейшие этапы не оказывают значительного влияния на параметры Rz, но общая тенденция к снижению шероховатости сохраняется. Эта зависимость показывает, что турбогалтовка в сочетании с виброгалтовкой является эффективным методом снижения шероховатости.

Зависимость изменения массы показывает наибольшее снижение на начальных этапах. Это

можно объяснить тем, что при галтовке параллельно протекают два процесса: съем металла и закатывание металла с выступов во впадины со сглаживанием поверхности, а на первоначальных этапах превалирует первый процесс.

Стадии обработки на втором этапе исследований, результаты измерений массы и высоты рельефа поверхности образцов представлены на рисунках 3–6.

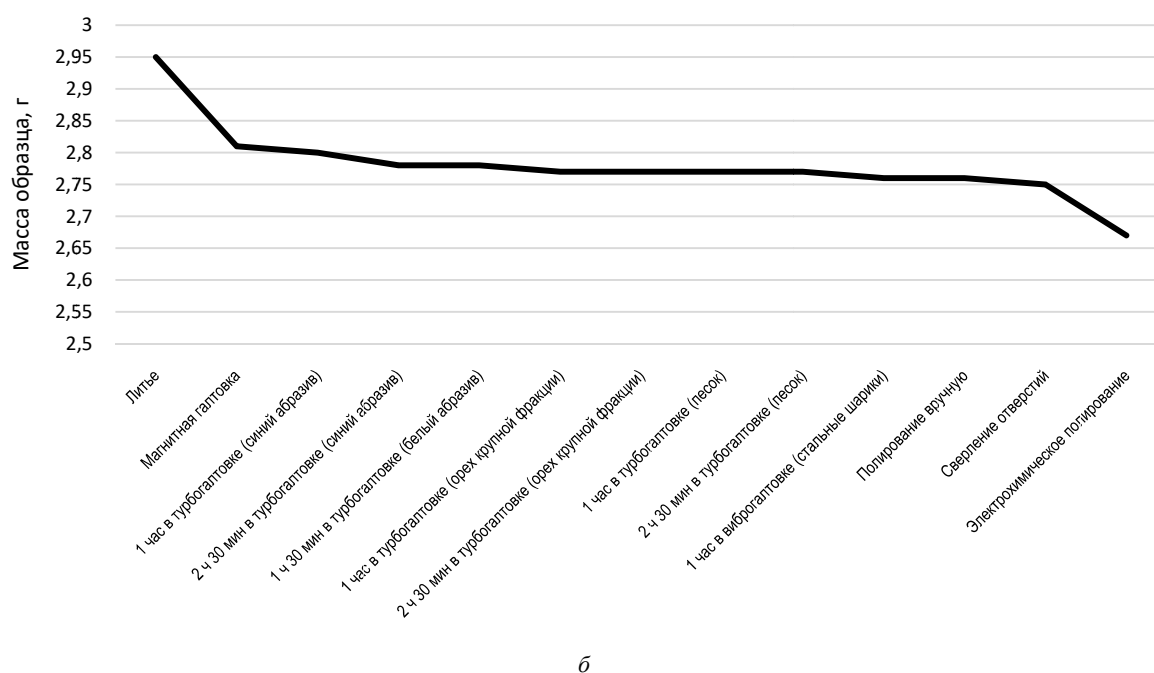
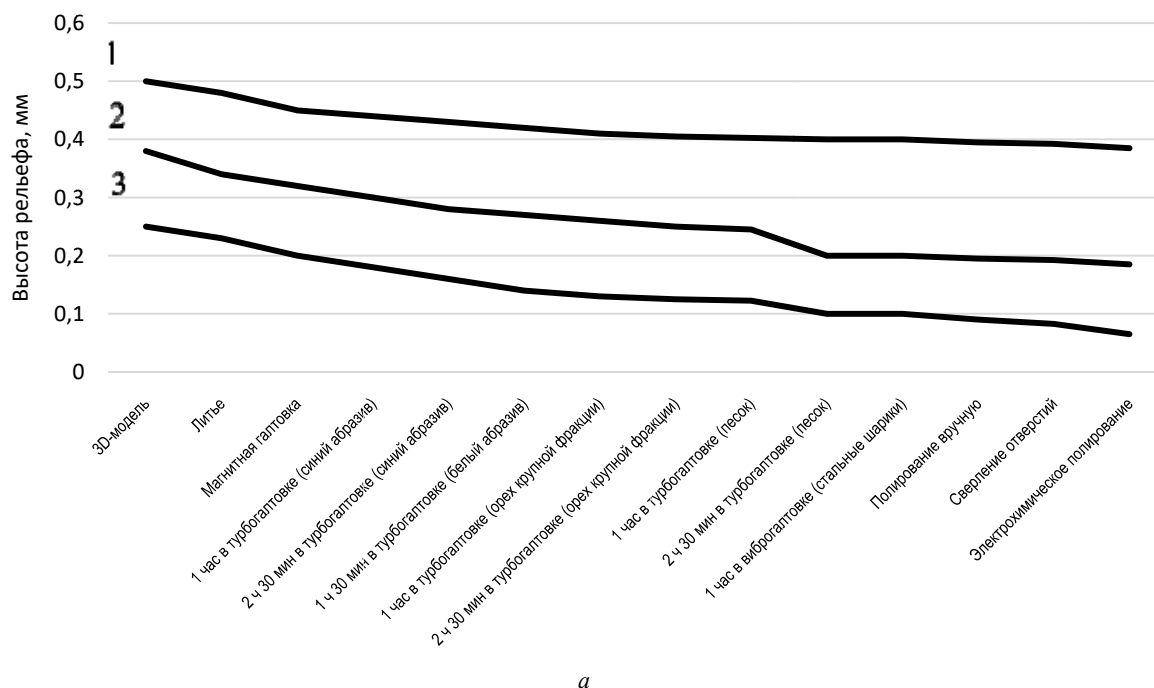
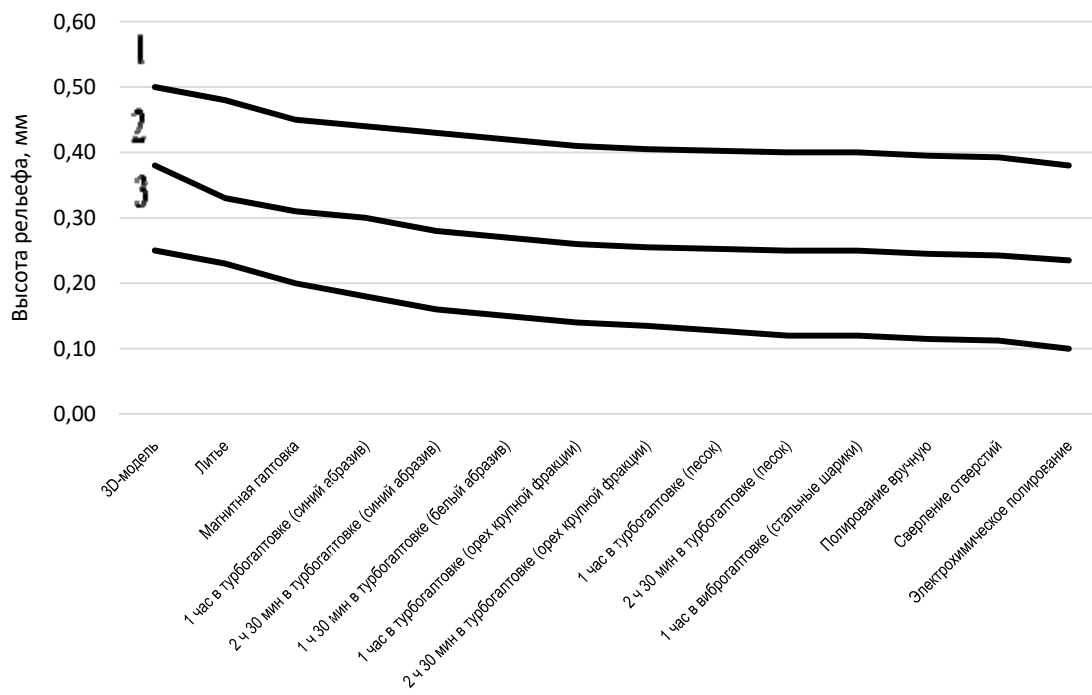
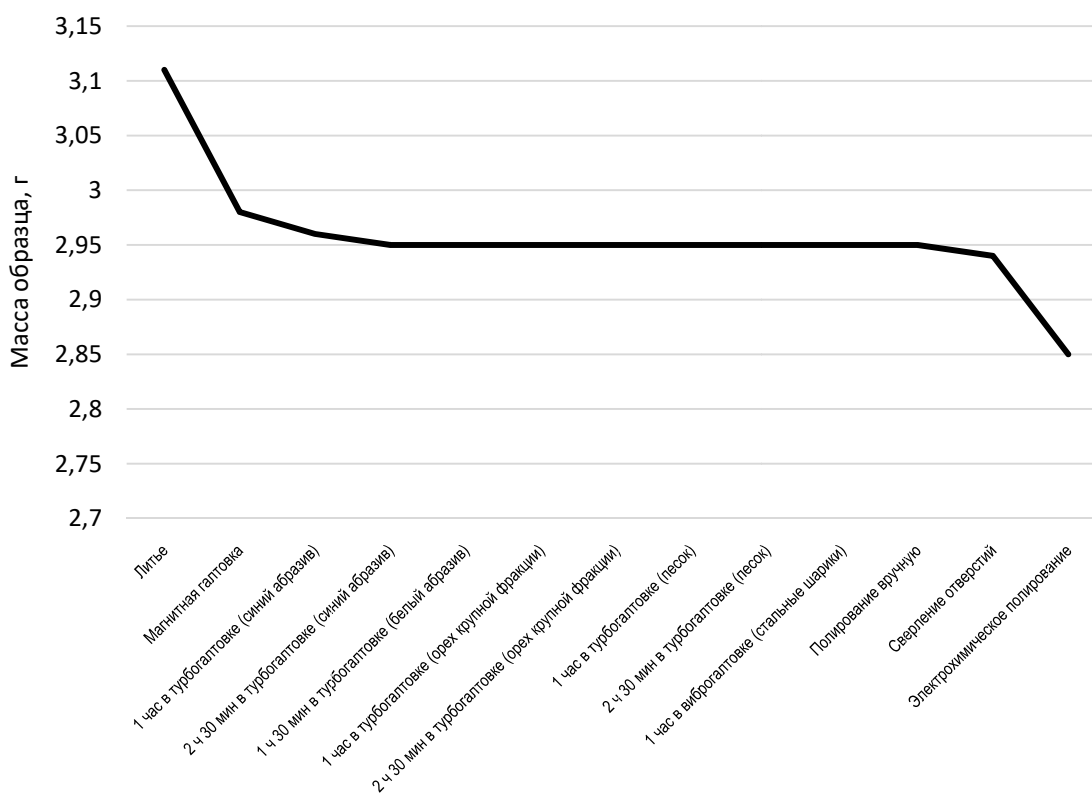


Рис. 3. Изменение высоты рельефа, мм (*a*) и массы образца, г (*б*) в процессе обработки. «Застывший Байкал»

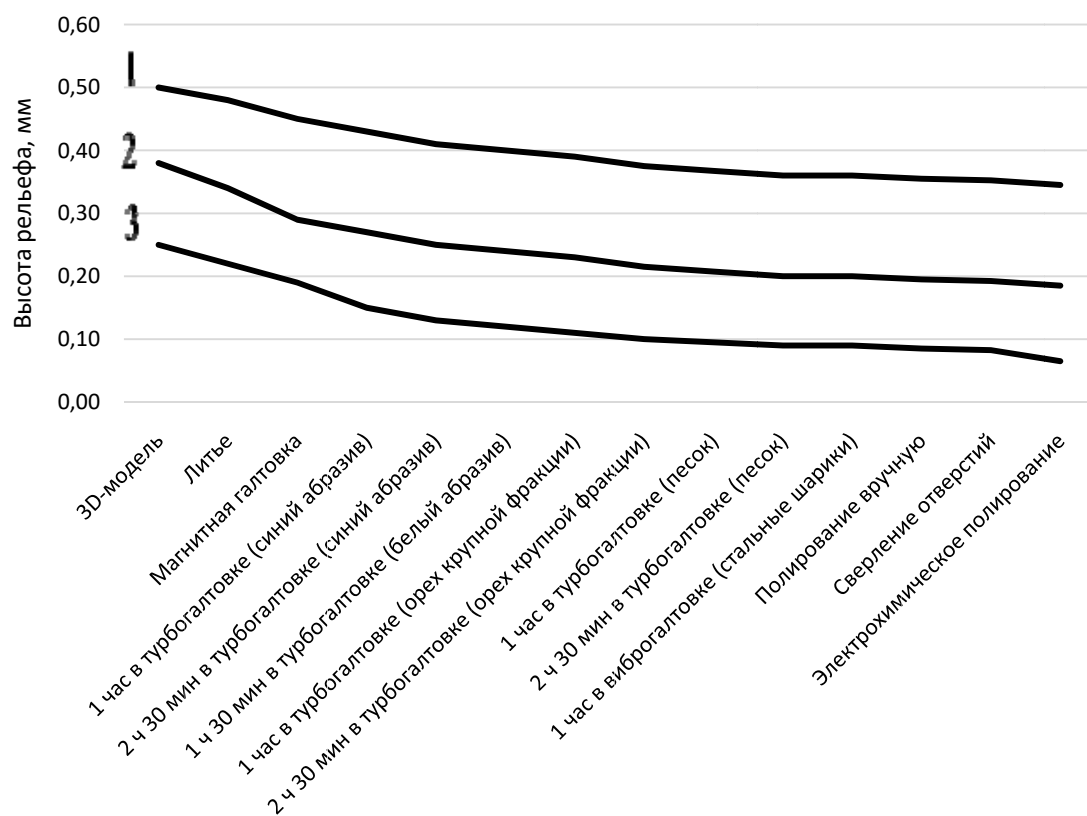


a

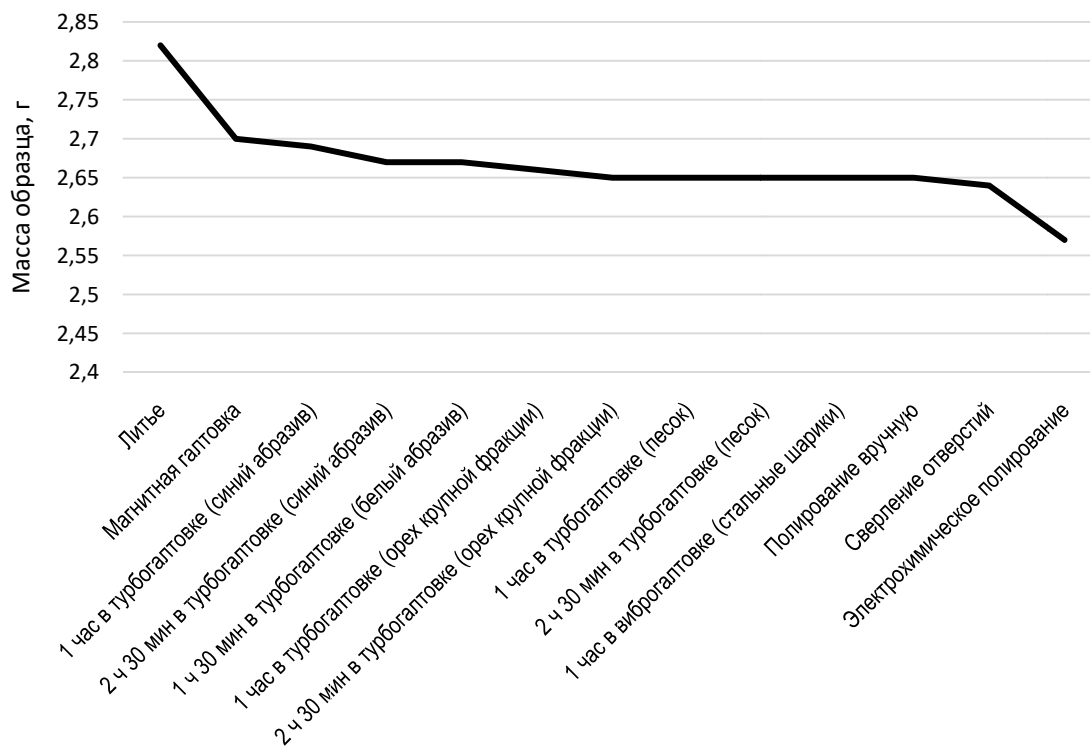


b

Рис. 4. Изменение высоты рельефа, мм (а) и массы образца, г (б) в процессе обработки. «Каменистый Кавказ»



а



б

Рис. 5. Изменение высоты рельефа, мм (а) и массы образца, г (б) в процессе обработки. «Песчаный Калининград»

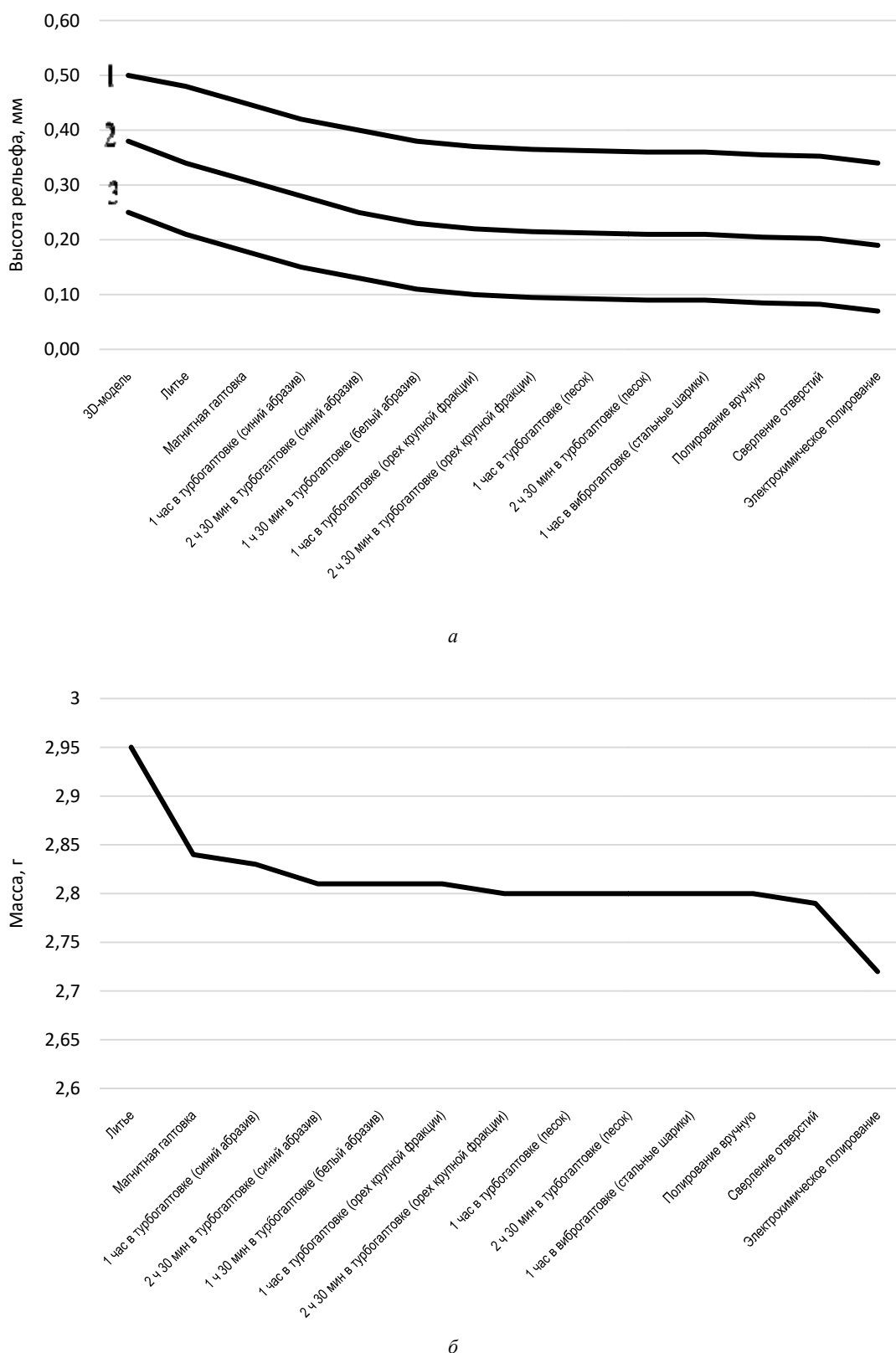


Рис. 6. Изменение высоты рельефа, мм (а) и массы образца, г (б) в процессе обработки. «Огненная Камчатка»

Динамика изменения высоты рельефа поверхности и массы образцов на втором этапе исследований в общем случае повторяет тенденции изменения высоты фактуры и массы, выявленные на первом этапе.

Наиболее существенно масса образцов уменьшается при магнитной галтовке и ЭХП поверхности. Это можно объяснить тем, что магнитная галтовка убирала остатки формомассы, «забившейся» в углубления рельефа, а при

ЭХП происходит растворение металла, что неизбежно приводит к потере массы.

Изменение внешнего вида фактур в результате обработки представлено на рисунке 7.

Высота рельефа относительно равномерно уменьшалась на каждой стадии обработки. Наиболее визуально заметное изменение высоты зафиксировано у малоразмерного рельефа. Из рисунка 7 видно, что в процессе галтовки изменяется форма выступов рельефа: углы и выступающие части сглаживаются больше, а плоские участки поверхности менее теряют свою форму. Аналогичный результат был получен и в работе [5].

ВЫВОДЫ

На основании полученных экспериментальных результатов можно выработать рекомендации по проектированию ювелирных украшений с рельефной поверхностью. Высоту рельефа необходимо проектировать в 3D-моделях с учетом уменьшения высоты рельефа при финишной обработке на 0,1...0,15 мм. На финишных операциях желательно применять турбогалтовку в течение 1,5 ч с использованием ореховой скорлупы и песка. Для формирования

блеска поверхности рекомендуется электрохимическое полирование и завершающая виброгалтовка с металлическими шариками в течение 10 мин. Такая обработка придает поверхности яркий блеск без нарушения геометрии рельефа.

Мелкая фактура практически всегда в процессе галтования полностью удаляется с поверхности. Поэтому ее лучше формировать на заключительных операциях, например пескоструйной обработкой.

Практическое воплощение результатов исследований. Дизайнерская задача состояла в разработке эксклюзивных колец, посвященных четырем выдающимся географическим местам России: «Застывший Байкал», «Каменистый Кавказ», «Песчаный Калининград», «Огненная Камчатка» (рис. 8). У каждого кольца оригинальные форма, рельеф боковой и верхней поверхности, отражающие суть географического места. На каждом кольце закреплен вращающийся глобус, с указанным географическим местонахождением. В технологии проектирования и обработки поверхности учтены рекомендации, выработанные по результатам проведенных исследований.



а



б

Рис. 7. Образцы после литья (а) и после обработки (б)



а



б



в



г

Рис. 8. Эксклюзивные кольца: а – «Застывший Байкал»; б – «Каменистый Кавказ»; в – «Песчаный Калининград»; г – «Огненная Камчатка» (серебро 925 пробы)

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сильянов А. О., Галанин С. И. Дизайн-иллюзии «прямого» литья // Технологии и качество. 2024. № 2(64). С. 38–43.
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. Галанин С. И., Колупаев К. Н. Особенности создания современных ювелирно-художественных изделий : монография. Кострома : Костромской государственной университет, 2023. 173 с. 1 CD-ROM.
4. Галанин С. И., Сильянов А. О. От литья в технике «утраченного воска» к «прямому» литью: технология и дизайн // Технологии и качество. 2025. № 2(68). С. 65–69.
5. Галанин С. И., Сильянов А. О. Особенности проектирования рельефа поверхности литых ювелирных изделий с учётом финишной галтовки // Технологии и качество. 2025. № 3(69). С. 72–75.
6. Чем отличается фактура от рельефа // Нейрум : SaaS-платформа. URL: https://ya.ru/neurum/c/kultura-i-iscusstvo/q/chem_otlichaetsya_faktura_ot_relefa (дата обращения: 09.07.2025).
7. Галанин С. И., Шорохов С. А. Декоративная электрохимическая обработка поверхности металлов и сплавов : монография. Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2015. 151 с.
8. Галанин С. И., Висковатый И. С. Декоративное электрохимическое фактурирование поверхности серебра 925 пробы // GAUDEAMUS IGITUR. 2015. № 1. С. 11–13.
9. Галанин С. И. Декорирование поверхности ювелирных изделий // Труды Академии технической эстетики и дизайна. 2018. № 2. С. 5–6.
10. 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. Silyanov A. O., Galanin S. I. Design illusions of “direct” castings. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2024;2(64):38–43. (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. 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.)
4. Galanin S. I., Silyanov A. O. From “lost wax” casting to “direct” casting: technology and design. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2025;2(68):65–69. (In Russ.)
5. Galanin S. I., Silyanov A. O. Peculiarities of surface relief design cast jewelry taking into account finishing galting. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2025;(69):72–75. (In Russ.)
6. What is the difference between texture and relief? Neirum. URL: https://ya.ru/neurum/c/kultura-i-iscusstvo/q/chem_otlichaetsya_faktura_ot_relefa (accessed 07.09.2025). (In Russ.)
7. Galanin S. I., Shorokhov S. A. Decorative electrochemical treatment of metals and alloys. Kostroma, Kostroma St. Technol. Univ. Publ., 2015. 151 p. (In Russ.)
8. Galanin S. I., Viskovaty I. S. Decorative electrochemical surface texturing of sterling silver. GAUDEAMUS IGITUR. 2015;1:11–13. (In Russ.)
9. Galanin S. I. Decoration of jewelery surface. *Trudy Akademii tekhnicheskoy estetiki i dizajna* [Proceedings of the Academy of Technical Aesthetics and Design]. 2018;2:5–6. (In Russ.)
10. 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 10.10.2025
Принята к публикации 27.04.2026

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

С. И. Галанин, доктор технических наук, профессор
С. А. Шорохов, кандидат технических наук, доцент
А. О. Сильянов, аспирант
В. Д. Макарычева, студент
Д. А. Тюрина, студент