

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Институт машиностроения, материалов и транспорта

Работа допущена к защите

Руководитель ОП

_____ С.В. Ганин

« ____ » _____ 2020г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

вид ВКР (работа бакалавра, дипломный проект, дипломная работа, магистерская диссертация)

ИЗГОТОВЛЕНИЕ СУВЕНИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

по направлению подготовки (специальности)

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Направленность (профиль)

22.03.01_01 Материаловедение и технологии новых материалов

Выполнил
студент гр. 3332201/60101

О.А. Горинова

Руководитель
доцент, к.т.н.

С.А. Котов

Консультант
по нормоконтролю

Р.А. Паршиков

Санкт-Петербург

2020

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО
Институт машиностроения, материалов и транспорта

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОП

С.В. Ганин

« _____ » _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ

по выполнению выпускной квалификационной работы

студенту Гориновой Ольге Анатольевне, гр.3332201/60101
(фамилия, имя, отчество (при наличии), номер группы)

- 1. Тема работы:** Изготовление сувенирных изделий из порошковых материалов
- 2. Срок сдачи студентом законченной работы:** июнь 2020 г.
- 3. Исходные данные по работе:** 1. Литература и интернет-ресурсы. 2. Данные отчетов по НИР.
3. Результаты экспериментов по прессованию медных порошков. 4. Разработка эскиза сувенирного изделия
- 4. Содержание работы (перечень подлежащих разработке вопросов):** 1. Литературный обзор по материалам и методам изготовления сувенирных изделий 2. Экспериментальная часть. 3. Технология изготовления сувенирных изделий из порошков.
4. Разработка эскиза сувенирного изделия «Политеху – 125». 5. Выводы. 6. Список использованной литературы. 7. Приложения
- 5. Перечень графического материала (с указанием обязательных чертежей):** Количество слайдов 8-10.
- 6. Консультанты по работе:**
- 7. Дата выдачи задания** февраль 2020 г.

Руководитель ВКР _____
(подпись)

С.А. Котов
инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению февраль 2020 г.
(дата)

Студент _____
(подпись)

О.А. Горинова
инициалы, фамилия

Примечание: **1.** Это задание прилагается к законченной ВКР и вместе с ВКР представляется в ГЭК.

2. Кроме задания, студент должен получить от руководителя календарный график работы над проектом (работой) на весь период проектирования (с указанием сроков исполнения и трудоемкости отдельных этапов)

РЕФЕРАТ

41 страниц, 8 рисунков, 2 таблицы, 3 приложений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СУВЕНИРНЫЕ ИЗДЕЛИЯ, ИСТОРИЯ, ФОРМОВАНИЕ ПОРОШКОВ, ЧЕКАНКА, СПЕКАНИЕ, ОТДЕЛКА, ЭСКИЗ И ДИЗАЙН.

Тема выпускной квалификационной работы: «Изготовление сувенирных изделий из порошковых материалов».

Объектом разработки является юбилейное изделие «Политеху — 125».

Цель работы – исследование метода изготовления и разработка дизайна сувенирного изделия из порошковых материалов «Политеху — 125».

В первой части работы выполнен анализ литературных данных по исследуемой теме, а именно об изготовлении сувенирных изделий и способах декоративной отделки. Исследовательская часть состоит из расчета операций и разработки эскиза изделия. Для создания графического изображения использовалась программа Adobe Illustrator.

В результате проведенной работы был разработан дизайн изделия «Политеху — 125». Рассмотрение технологии изготовления изделия из порошковых материалов позволило оценить эффективность выбранного метода для дальнейшего использования.

ABSTRACT

41 pages, 8 figures, 2 tables, 3 appendices.

KEYWORD: SOUVENIRS, HISTORY, POWDER FORMING, CHASING, SINTERING, FINISHING, SKETCH AND DESIGN.

Topic of the final qualifying work: "Production of souvenir products from powder materials".

The object of development is the anniversary product "Polytech — 125".

The purpose of this work is to study the method of manufacturing and design of a souvenir product made of powdered materials "Polytech — 125".

In the first part of the work, the analysis of literature data on the topic under study, namely, the manufacture of Souvenirs and methods of decorative finishing. The research consists of the calculation operations and the design development of the product. Adobe Illustrator was used to create the graphic image.

As a result of this work, the design of the product "Polytech — 125" was developed. Consideration of the technology of manufacturing products from powder materials allowed us to evaluate the effectiveness of the chosen method for further use.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
Глава 1. Литературный обзор.....	8
1.1. История изготовления сувенирных изделий.....	8
1.2. Используемые материалы для изготовления сувенирных изделий.....	11
1.3. Декоративная отделка изделий.....	14
1.4. Технология изготовления сувенирного изделия из порошкового материала.....	22
Глава 2. Исследовательская часть.....	29
2.1. Расчеты для изготовления сувенирного изделия.....	29
2.2. Разработка эскиза и дизайна сувенирного изделия.....	33
Заключение.....	36
Список используемой литературы.....	37
Приложение 1. Эскизы изделия.....	38
Приложение 2. Первый вариант дизайна заготовки.....	40
Приложение 3. Второй вариант дизайна заготовки.....	41

Введение

Значки, медали и монеты всегда пользовались спросом. Эти художественные изделия, сделанные из металлов, указывали на определенные достижения человека в различных областях, а также на принадлежность к группе или организации.

В настоящее время художественные изделия украшают нашу повседневную жизнь, дарят праздничное настроение, напоминают о приятных моментах прошлого. Это может быть памятным подарком, сделанным в традициях определенных регионов и областей; продуктом, отображающим значимые события, происходящие в стране, в мире; изделием, связанным с важным событием в жизни человека или напоминающим туристические поездки. Сувенирных изделий существует великое множество. Памятные медали, значки, брелоки, коллекционные монеты — все они могут различаться по рисункам, материалу, технологии изготовления и назначению. А сочетание ручного труда с современными технологиями металлообработки придает сувенирам особую выразительность и уникальность.

Первые сувенирные изделия были сделаны из драгоценных металлов, так как из них легко изготовить продукт — они пластичны и их можно найти в чистом виде. Изделия из драгоценных металлов обладали привлекательным блеском и цветом, их красота оставалась на долгое время и не изменялась под воздействием окружающей среды. Эти свойства подчёркивали ценность и значимость изделий. Но со временем человечество стало использовать также и другие материалы: медь, медно-никелевые сплавы, бронза, латунь, алюминий и т. д. Существует большое разнообразие материалов для изготовления сувениров. Сегодня выбор материала зависит от его физических свойств, от художественного решения художника, назначения и стоимости. Самым актуальным материалом для изготовления сувенирных изделий является медь. Этот металл доступен по цене, имеет подходящую прочность, простоту обработки и красивый цвет.

Имеется многообразие технологий изготовления сувениров из

порошковых металлов, поскольку материалов и декоративной механической и химической отделки изделий различное множество. Выбор зависит от цели изделий, замысла автора и эстетики внешнего вида.

Целью данной работы является анализ технологии изготовления сувенирного изделия из порошковой меди с последующей художественной обработкой.

Основная цель предполагает решение следующих задач:

- Анализ литературы об изготовлении сувенирных изделий;
- Разработка технологии изготовления сувенирного изделия из порошковых материалов;
- Разработка эскизов сувенирного изделия для дальнейшего изготовления

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. История технологии изготовления сувенирных изделий

Всё время существования знаков и символов, человек воплощал их в предметной форме. Такие изделия отличаются уникальностью и умелой обработкой, а материалы с древних времен доступны и привычны: дерево, глина, стекло и металл.

Начало в отношении человека к назначению сувенира — медальон, широко распространенный в романтическую эпоху, соединяющий своего владельца и часть его внутреннего идеала. В то же время слово «сувенир» впервые было использовано во Франции — «souvenir». Тогда это слово относилось к памявному подарку.

В настоящее время широко распространена сувенирная продукция: памятные значки, медали, статуэтки, брелоки, магниты, посвященные событиям и местам, призванные напоминать их владельцу яркие впечатления, связанные с ними. Предметы, вызывающие ассоциации с местами или событиями, странами или народами, по праву могут называться сувенирами.

Сувениры классифицируются в зависимости от материала и технологий, используемого для изготовления, возможных методов отделки, характера использования, а также цели.

Еще в древности люди понимали, что металл обладает отличными декоративными качествами, и использовали его для изготовления предметов быта, а также ювелирных изделий. Ремесленники на Руси обладали разнообразными приемами художественной обработки металла — тиснением, литьем, филигранью, насечкой и гравировкой. Наши предки умели искусно проектировать художественные металлические изделия — изделия из золота, серебра, меди бронзы, чугуна и т. д.

В древние времена различные страны и регионы, а также города и замки часто имели свою собственную валюту. В разные периоды истории методы и приемы изготовления монет отличались. За всю историю производства монет сформировались две основные технологии изготовления: чеканка и литье.

Первые монеты были изготовлены из бронзы в Китае в двенадцатом веке до нашей эры (рисунок 1.1), а технология и внешний вид монет оставались практически неизменными вплоть до двадцатого века. Такие монеты изготавливались методом литья, с использованием полированных плит песчаника, на которых была вырезана будущая форма аверса и реверса монет, а также цель. Но формы были недолговечными, рельеф легко стирался, а плиты часто лопались от высокой температуры. Поэтому глиняные слепки вскоре заменили их — они делались путем нанесения оттиска на массу мягкой сырой глины с помощью специальной бронзовой печати — патриция.



Рисунок 1.1 - Китайские монеты

Древние монеты были обнаружены на территории малоазиатского государства Лидия, где использовались примерно в 685 году до нашей эры. Технология изготовления была непохожа на китайскую — их изготавливали чеканкой из натурального сплава золота и серебра. Чтобы размягчить сплав, его нагревали, помещали на пластину и били молотком. Голова льва изображалась на монетах, но только с одной стороны, с другой стороны изображались один или два квадрата.

Технология чеканки монет появилась в Средние века. Долгое время размер монет был ограничен, так как производство велось вручную с помощью специального молотка. Однако в конце XV века был изобретен молотовый снаряд, избавивший от необходимости вручную приводить в движение верхний штампель. Такое изобретение стало прогрессом в технологии ручной чеканки.

Позже начали делать монеты с помощью винтового пресса, так называемого балансира, который позволял чеканить крупные монеты и штамповать медали одним нажатием. Винт вращался с помощью весьма тяжелых рычагов, совершая большое давление, которое необходимо для чеканки монет. Для изготовления медалей первый винтовой пресс был изобретен в 1508 году флорентийским художником Донато Браманте [1].

В XIX века изобретение Донато Браманте было доработано - в винтовом прессе стали использовать паровую машину в качестве движущей силы. По своим функциям он похож на нынешние монетные прессы.

С развитием технологии изготовления монет стали появляться и различные способы их ношения. Именно с этого времени возникли сувенирные изделия: брелоки, значки, медали и т.д.

Брелоки имели важное значение — с помощью декоративных подвесок утяжеляли мелкие, но ценные предметы и украшали одежду. В европейских торговых городах брелоки являлись неотъемлемым атрибутом гардероба состоятельного гражданина или торговца — на поясе были повешены цепи и шнуры, к которым были прикреплены многие мелкие предметы — сумки, кошельки, ножи, ключи, печати. Чуть позже появились монеты, украшенные индивидуальными гербами определенной семьи. Такие изделия на цепочках стали своеобразными паспортами, показывающими принадлежность к какому-либо роду или гильдии. При помощи таких небольших аксессуаров стало возможным быстро определить принадлежность человека к когорте купцов или к рыцарскому ордену. Важен тот факт, что носить такие украшения стали и женщины. До конца XIX века не было особых изменений в моде для маленьких ювелирных подвесок, появились только небольшие изменения — брелоки стали более элегантными, начали использовать карабины для крепления ювелирных изделий.

В 21 веке люди перестали украшать одежду брелоками, теперь изделия стали вешать на кольцо к ключам. Именно поэтому брелоки делали миниатюрными, чтобы они помещались в кошельках или в карманах.

Памятные значки, представляющие собой медальоны, являлись нагрудными украшениями, выполненными на исторические темы, посвященные сражениям, в которых участвовал человек. После изобретения английской булавки американцем У. Ханта, дизайн которой включал в себя ушко и иглу, появился современный значок. Такие значки популярны не только среди работников предприятий и военных, но и среди молодежи.

Технология изготовления медалей начинала развиваться, когда появлялась традиция отмечать людей за особые достижения и подвиги наградами в Древней Руси в XI веке. Тогда воинам, которые отличились мужеством и смелостью, вручали шейную гривну — «золотую деньгу» — это были предки современных медалей.

Медаль, как ценная награда, могла бы быть выпущена только с разрешения государства. В большинстве стран наградные системы сформировались к XIX веку. Появились классификации наград.

Сегодня сфера применения медалей расширилась: теперь их можно вручать не только на мероприятиях государственного уровня, но и на других событиях: корпоративных, дружественных или семейных, торжественных, для награждения сотрудников и учащихся.

1.2 Используемые материалы для изготовления сувенирных изделий

Первыми материалами, используемыми для изготовления сувенирных изделий, являются драгоценные металлы и сплавы на их основе: золото, серебро, платина. Это подчеркивает их ценность, а также было легко изготавливать изделия из таких металлов — они поддаются обработке и их можно найти в чистом виде. Но сейчас чистые драгоценные металлы практически не используются в производстве из-за неудовлетворительных технологических и механических свойств для изготовления художественных отливок.

Сегодня выбор материала основан не только на возможностях, но и в

зависимости от художественного решения, смысла и цели художника.

Металл имеет значительные характеристики в искусстве, такие как цвет и блеск. Помимо того, что эти характеристики отражают художественные и эстетические преимущества металла, из которого создано произведение искусства, они также являются признаками самого металла. Несмотря на это, в большинстве случаев цвет металла можно передать в серо-белом или серо-серебряном оттенках. Исключением из этого правила являются только золото и медь. В случае сплавов с примесями этих металлов они приобретают красный и желтый оттенки соответственно. Во многих случаях используются методы патинирования или оксидирования металла, чтобы придать продукту более насыщенный цвет. В то же время окислением позволяют добиться разнообразных оттенков любого цвета, устойчивых к внешним условиям.

Предполагается, что сувенирное изделие изготавливается методом порошковой металлургии или штамповки. Для этого материал должен обладать определёнными механическими свойствами. К ним относятся относительная твердость, прочность, пластичность и эластичность металла. К наиболее значимым технологическим свойствам металлов относятся свариваемость, ковкость, литейная усадка, текучесть, спекаемость, обрабатываемость, а также способность полироваться и шлифоваться. Наиболее важные химические свойства на практике: окисляемость и растворимость.

В настоящее время основными материалами для создания сувенирных изделий из металла являются алюминий, медь, медно-никелевые сплавы, латунь, бронза, нейзильбер и томпак. Введение в металл легирующих элементов позволяет изменять их свойства, улучшать цветовую гамму изделий, повышать их механические свойства.

Медь — один из первых металлов, широко освоенных человеком благодаря своей сравнительной доступности для производства из руды и низкой температуре плавления. Этот металл представляет собой золотисто-розовый пластичный металл, быстро покрывающийся на воздухе оксидной

пленкой, придающая ему интенсивный желтовато-красный оттенок. Тонкие пленки меди на просвете имеют зеленовато-синий цвет. Медь является подходящим металлом для изготовления сувенирных металлических изделий. Этот металл обладает высокой пластичностью, под воздействием удара чекана он уплотняется или растягивается, сохраняя форму боевой части инструмента после удара. Медь хорошо растягивается, сплющивается, куется, принимая различные формы. Данный металл используется для создания не только плоскорельефной чеканки монет, но и объемных композиций с глубокими светотеневыми эффектами. Благодаря высокой пластичности на медных штампованных изделиях можно получить как мягко спрессованные участки с гладкой поверхностью, так и хорошо проработанные детали с тончайшим моделированием.

Латунь — сплав меди с цинком, менее пластична, обладает более высокой прочностью, коррозионной стойкостью и упругостью. Латунь является наиболее подходящим материалом для чеканки плоских рельефов, так как в технологии чеканки существуют операции, сходные с технологией холодной штамповки. В отличие от меди, латунь имеет не красноватый, а желто-золотистый цвет, иногда с некоторой зеленоватостью.

Бронза — это сплав меди и олова, часто используемый в скульптуре, где текучесть, прочность на сжатие, плотность и твердость этого материала особенно ценны. Алюминиевые бронзы хорошо противостоят коррозии и обладают высокими механическими и технологическими свойствами. Они отличаются высокими механическими, антикоррозийными и антифрикционными свойствами.

Железо используется для создания художественных работ в техникековки, литья и сварки. Литое железо, сжатое в холодном состоянии, позволяет добиться четких форм, а это необходимо в архитектуре, где требуется надежность и прочность, например, для изготовления ворот, декоративных решеток и дверных светильников. Из кованого тонкого железа в результате горячей обработки могут создаваться узоры из тонких листов.

Алюминиевые сплавы легко окисляются, продукты при износе быстро теряют свой первоначальный эстетический вид. Сплав имеет специфический цвет, что снижает привлекательность для потребителя по сравнению с серебряными изделиями. Однако материал намного дешевле и пластичнее по сравнению с другими металлами.

1.3 Декоративная отделка изделий

Декоративная отделка — это обязательный завершающий шаг в создании художественного произведения. Этот этап изготовления включает в себя целый набор технологических процессов, придающих сувенирному изделию законченный художественный вид. Выразительность изделия в основном зависит от характера и качества отделки.

Благодаря отделке можно улучшить изображение на изделии. Чтобы увеличить контрастность рисунка, необходимо затемнить детали, а подчеркнуть рельеф можно с помощью затемнения фона. Придать рисунку мягкость и плавность позволяет приглушение переходов выступающих частей и уменьшение блеска чистого металла.

Основным требованием отделки сувенирных изделий является обеспечение сохранности фактуры поверхности и цвета изделий при различных условиях эксплуатации. Это важно для изделий, находящихся на открытом воздухе и для изделий из медных сплавов. Вследствие образования сульфидов и оксидов меди цвет приобретает тёмный цвет.

Пленки всех видов, которые образуются на металле искусственно или в атмосферных условиях, обладают не только декоративными, но и защитными свойствами.

При обработке поверхности заготовки для нанесения различных покрытий обычно используют механическую обработку. Она включает в себя: шлифование и полирование, если нужно получить гладкую поверхность; пескоструйную обработку и крацевание, если надо матовую поверхность.

При обработке шлифованием металлическая поверхность, на которой изначально были крупные царапины, следы коррозии и другие дефекты, доводится до состояния, близкое к зеркальному. Операция шлифования может как промежуточной, так и последней, предотвращая полировку или нанесение покрытия. Процесс обработки осуществляется с помощью шлифовальной шкурки или абразивных порошков. Для увеличения скорости шлифования используются абразивные материалы — корунд, наждак и др.

Чтобы довести металлическую поверхность изделия до зеркального состояния, изделие полируют. Такая металлическая поверхность не рассеивает луч света, а полностью отражает его. Существуют различные приемы полирования изделия: химическая, механическая электрохимическая и ручная полировка. Во время химической полировки происходит химическое взаимодействие между поверхностью изделия и активным раствором. Механическая полировка осуществляется эластичными лентами и кругами с полировочными материалами на поверхности. Электрохимический метод полировки проводится в сопровождении химических реакций под воздействием электрического тока между электролитом и изделием [2].

Крацевание — обработка изделий металлической щеткой. Её применяют для подготовки изделия к химической или гальванической отделке. Для изделий из твердых металлов необходимы щетки со стальной проволокой диаметром 0,15-0,2 мм, а для мягких изделий — щетки с латунной проволокой диаметром 0,1 мм. Чтобы ускорить процесс чистки, щетки закрепляются в патроне электродрели. В зависимости от жесткости щеток могут быть получены разные поверхности, например, используя жесткие щетки, получают матовую поверхность изделия, мягкие щетки — блеск на поверхности.

Матовую поверхность сувенирных изделий получают пескоструйной обработкой. Изделия помещают в специальные камеры, в которые подается сухой песок под давлением сжатого воздуха по резиновому шлангу. С помощью такой обработки поверхность получается от грубозернистой до мягко-бархатистой. Для получения желаемой фактуры поверхности изделия и

с учетом материала изделия выбираются подходящие размеры зерен.

Цвет металлов и сплавов часто бывает достаточно однородным: преобладают серебристые, серые или слегка голубоватые цвета. Однако некоторые металлы являются исключением: золото с насыщенным желтым цветом; медь, имеющая характерный красный цвет; сплав меди и никеля, близкие к золоту по цвету; латунь и бронза, окрашенные в зеленоватые или желтоватые тона. Поэтому окраска поверхности часто используется в отделке художественных изделий. Для придания изделиям разнообразных цветов и оттенков используют различные химические составы. Благодаря химическим реакциям между раствором и металлами на поверхности изделия появляются новые химические соединения, которые прочно связаны с основным металлом и придающие изделию тот или иной цвет. Полученные соединения зачастую являются оксидами, поэтому химическая обработка называется окислением.

В основном окислению подвергаются медные изделия. Современные художественные изделия из меди обрабатываются серосодержащими соединениями, а именно полисульфидами калия, сульфидами натрия и алюминия. На поверхности при высокой концентрации растворов образуются черные и темно-коричневые пленки, при низких концентрациях (менее 0,1%) происходит окрашивание поверхности в золотисто-коричневый цвет.

Электрохимическое осаждение металлов из водных растворов солей заключается в следующем: при растворении в воде соли распадаются на положительные и отрицательные ионы. Если через такой раствор пропускать постоянный ток, то положительные ионы будут стремиться к отрицательному полюсу (катоде), а отрицательные — к положительному — аноду (рисунок 1.2).

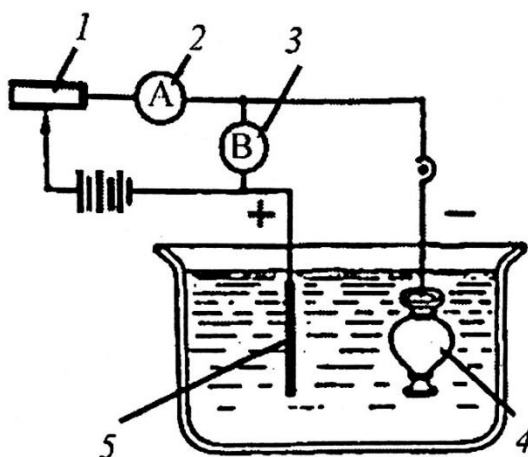


Рисунок 1.2 - Схема гальванической установки:
 1 - реостат; 2 – амперметр; 3 - вольтметр; 4 - анод (изделие); 5 – катод

Поверхность изделий перед нанесением покрытий должна быть совершенно чистой. Это обеспечивает хорошее сцепление осажденного металла с основным.

Поверхность подготавливают тремя видами обработки — механической, химической и электрохимической, которые дополняют друг друга.

Медные покрытия обычно применяют при многослойных покрытиях декоративного характера — хромирование, никелирование, серебрение, золочение. Применение медного подслоя обеспечивает лучшее сцепление между покрытием и изделием.

Гальванический способ получения бронзовых покрытий заключается в совместном электролитическом осаждении меди и олова. При 3 %-ном содержании олова покрытие приобретает золотисто-желтый оттенок.

Латунирование — это процесс применяют как подслоя вместо меди и как самостоятельное покрытие. Различные оттенки латуни могут получаться при неравномерном распределении тока на поверхности изделия, изменении температуры электролита, а также при неравномерном расположении изделий в ванне по отношению к анодам.

Никелевые защитно-декоративные покрытия применяют очень широко как в технике, так и в художественных изделиях из металла. Эти покрытия отличаются красивым внешним видом и легко принимают полировку.

Основным компонентом электролита является сернокислый никель. Но ванна из одной этой соли плохо проводит ток. Для лучшей проводимости тока в ванну вводят дополнительно сернокислый натрий и сернокислый магний.

Никелевые покрытия в основном используются для внутренней отделки изделий. Они очень декоративные, имеют серебристый цвет с теплым желтоватым оттенком. Они успешно используются для меди, ее сплавов, стали и алюминия.

Хромированное покрытие характеризуется высокой твердостью, высокой коррозионной стойкостью, высокой термостойкостью. Это покрытие имеет красивый блеск и прохладный серо-синий цвет.

Для декоративных покрытий хромирование проводится вдоль медно-никелевого подслоя.

Одним из вариантов хромирования является черное хромирование. В дополнение к своим свойствам это покрытие имеет коэффициент отражения света в видимой части спектра — 2%, благодаря этому оно слабо отражает свет.

Черное хромирование — сложный электрохимический процесс. Электролит содержит сложные оксиды, гидроксиды и гидриды хрома. Покрытие является неполным продуктом восстановления хрома. Электролит высочайшего качества — литохром [2].

В настоящее время освоена промышленная технология черного хромирования изделий из бронзы, стали, латуни и алюминиевых сплавов.

Серебрение используется в ювелирной промышленности, производстве столовых приборов и т. Д. Цвет выпавшего серебра — белоснежный.

Облицовка — это самый красивый и дорогой способ декорирования художественных изделий, используемый в основном в ювелирном деле. Для гальванического золочения обычно используются цианидные электролиты, несмотря на их токсичность и относительно ограниченную плотность тока. Также используются не содержащие цианидов электролиты.

Эмаль представляет собой тонкий слой расплавленного стеклянного сплава разных цветов. Её наносят на поверхность изделия в виде порошка

изделия и плавят на нем при нагревании самого изделия. Такое покрытие обладает не только декоративными свойствами, но и антикоррозионными, защитными свойствами: устойчивость к воздействию атмосферы, химических веществ, кислот, щелочей, газов и т. д.

Эмаль содержит разнообразные наполнители: твердые стекловидные растворы глинозема, кремнезема, и другие различные оксиды.

Оксиды калия и натрия используют для того, что повысить плавкость эмали несмотря на то, что такой наполнитель делает эмаль менее устойчивым к внешним условиям. Для повышения прочности и огнеупорности эмали могут быть использованы оксиды алюминия, магния и кремния.

Оксиды кобальта, никеля и свинца служат для пигментации эмали. Смешивая эти оксиды, можно получить желаемый цвет для сувенирного изделия. Нужно учитывать, что избыток тугоплавких компонентов плохо сказываются на эмали, после охлаждения и затвердевания могут появиться пятна или другие различные дефекты. Эмаль разъедается кислотами и легко растрескивается вследствие преобладания легкоплавких соединений (оксид калия и натрия). Эмалированное покрытие на основе оксида свинца весьма мягкое, легко царапается острым предметом. Чтобы избежать дефекты и получить качественное покрытие, нужно выбрать правильное соотношение между этими оксидами [3].

Существует три вида эмалей:

1. Прозрачные эмали

Они имеют глянцевую, блестящую поверхность с глубоким цветом. Прозрачная эмаль наносится на серебряные и золотые поверхности изделий.

2. Глухие эмали

Чтобы изделие имело достаточно яркий цвет рисунка, поверхность покрывают глухими эмалями. Чаще всего такую эмаль наносят на медные изделия.

3. Полупрозрачные или опаловые эмали

Они обладают качествами прозрачных и глухих эмалей. В зависимости

от угла падающего света такая эмаль сначала проявляется прозрачной, затем как глухая эмаль, с разнообразной игрой цветов и оттенков. Благодаря этим качествам полупрозрачная эмаль напоминает толстый опал.

Для получения эмалей сначала изготавливается основной бесцветный сплав (флюс), а затем к сплаву добавляются различные красители и снова переплавляют.

Флюсы плавят в керамических или графитовых тиглях. Тигель предварительно нагревают в муфеле и, чтобы не остудить его, смесь засыпают небольшими порциями. Прежде всего, состав превратится в гранулированную массу, которая впоследствии расплавится и начнет кипеть с выделением газа; при этом пузырьки всплывут на поверхность. Степень готовности определяется путем пробы. Для этого в расплавленный состав помещается длинный стальной крючок с раскаленным концом. Если флюс удлиняется в виде прямого и тонкого волоса, это означает, что флюс готов. Тигель захватывается щипцами, и его содержимое выливается в воду для охлаждения и очистки флюса. Полученный флюс измельчают в мелкий порошок в ступке и отправляют на сушку.

Сырые смеси плавятся при более высокой температуре, чем уже изготовленные сплавы того же состава, поэтому в муфеле температура высокая.

Многокомпонентные смеси плавятся легче, чем чистые материалы, взятые по отдельности.

Хорошо просушенные готовые флюсы хранятся в плотно закрытой стеклянной таре и тщательно защищены от пыли и других загрязнений.

Для получения цветных эмалей используют красители: закись-окись кобальта (синий различных оттенков, голубой), оксид олова (молочно-белый, заглушающий прозрачность), которые добавляются к основе (флюсу) в различных пропорциях. Оксид олова при плавке образует однородную прозрачную массу, а при охлаждении и затвердевании происходит выделение непрозрачных элементов и эмаль становится глухой [4].

Порошок эмали должен быть достаточно мелким, примерно до 0,01 мм, потому что крупные частицы трудно распределить равномерно на поверхности металла.

Очень важно, чтобы зерна были примерно одного размера, потому что мелкие зерна плавятся гораздо быстрее и успевают выгореть, прежде чем наиболее крупные зерна начнут плавиться. В результате цвет эмали становится тусклым и грязным (особенно у прозрачных эмалей). Чтобы удалить частицы, образовавшиеся путем измельчения чрезмерно мелких пылевидных эмалей, порошок промывают водой. Размолотая эмаль несколько раз вымачивается в воде — крупные частицы быстро оседают на дно, а мелкие пылевидные частицы сливаются в виде мути.

Лакокрасочные покрытия в основном защищают отливки от коррозии, но в то же время имеют декоративную и отделочную функцию.

В настоящее время в качестве растворителей используются бензол, бензин, спирты, ацетон, скипидар, сложные эфиры. Однако многие из них токсичны, например метиловый спирт и серный эфир.

Наполнителями лаков являются разнообразные по составу и свойствам смолы, которые хорошо растворяются в растворителях при нагревании, размягчении и расплавлении, но такие лаки нерастворимы в воде.

Растворителями красок являются различные масла или нитросоединения, такие как ацетон, нитролак; наполнители — пигменты, которые используются в качестве тонкоизмельченных цветных солей и оксидов различных металлов или натуральных красителей.

Для стальных изделий обычно используют масляно-лаковые эмали и бакелитовые смолы. Изделия из меди и ее сплавов можно покрыть золотистым спиртовым лаком.

Лакокрасочные покрытия наносятся кистями, распылением, в электростатическом поле и другими методами.

1.4 Технология изготовления сувенирного изделия из порошкового

материала

Изделия из металлических порошков появились ещё в древние времена. Порошки меди, бронзы и золота использовались в качестве красок и использовались в декоративных целях в живописи и керамике. Ювелирные изделия, которые получают путем спекания засыпанных в соответствующие формы порошков серебра и золота, встречаются среди сокровищ египетских фараонов, вавилонских царей и древних инков. В дальнейшем этот способ получения художественных металлических изделий был практически забыт.

Заслуга возрождения порошковой металлургии и превращения ее в технологический процесс производства металлических изделий принадлежит русскому металлургу и ученому П. Г. Соболевскому (1781–1841), который в первой половине XIX века совместно с горным инженером В. В. Любарским разработал способ получения ковкой платины, а также прессования и спекания платинного порошка и изготовление изделий из него.

В 1819 году на Урале были открыты залежи платины. Благодаря этому на русском монетном дворе стала развиваться технология чеканки платиновых монет. Однако платина не ковалась под молотом, а расплавить ее было невозможно из-за высокой температуры плавления — 1769 °С [5].

П. Г. Соболевский и его коллега В. В. Любарский разработали способковки платины, не прибегая к плавке. Русские учёные путём химической очистки, а именно, растворяя платину в царской водке, получали гексахлороплатиновую (IV) кислоту, после этого добавляя хлористый аммоний, выделяли платину из раствора в виде комплексной соли. После промывки и прокалывания этой соли можно было получать платиновую губку, которая без труда размалывалась в порошок. Далее путём прессования в холодном и в горячем состоянии в специальных формах из порошка получали изделия высокого качества. В 1826 году таким способом были изготовлены платиновые проволоки, тигли, медали и монеты [5].

Порошковая металлургия не потеряла своего значения и по сей день. Сейчас изготовление изделий этим методом значительно упростилось

благодаря пластичным металлам, которые имеют возможность принимать различные формы. Такими металлами являются медь, латунь и алюминий. Их используют для изготовления художественных и декоративных изделий.

Обычно медали, брелоки, монеты и значки из порошков изготавливаются путём холодной чеканки профиля на прессе из предварительно спрессованной и спечённой порошковой заготовки. Для этого используют два штампа: основной штамп для получения изображения на значке и штамп для формования заготовки.

При проектировании и изготовлении штамповочных деталей с рисунком учитывают ряд специфических требований: острые выступы, способные срезать металл, не приемлемы для штамповки; при необходимости штамповки изделия с большой глубиной, процесс разделяют на несколько переходов, выполняемых последовательно в различных штампах с промежуточными отжигами. Штампы для значков, медалей и знаков подвергаются очень высоким механическим нагрузкам, поэтому они должны быть изготовлены из специальных сталей и закалены особым образом. В зависимости от размера значка или нагрудного знака, медали или монеты будут различаться размер и вес штампа.

Гравёр, используя готовый эскиз, вырезает мастер-пуансон из стальной цилиндрической заготовки. На нём изображение точно соответствует рельефу будущего изделия. Далее переводной штамп закаливается в муфельной печи при температуре до 850°C. Термической обработкой металла — закалкой, нагревают штамп выше критической температуры с последующим быстрым охлаждением в жидкости (масло или вода). После закалки металл становится более твердым и пригодным для использования.

Для придания заготовке будущей матрицы некоторой пластичности, ее необходимо отжечь в термической печи. Затем намечают место будущего отпечатка в центре заготовки. На прессе с усилием 1000т мастер-пуансон вдавливаются в стальной цилиндр, копируя обратный рельеф. Таким образом, получается формовочная матрица.

Наряду с традиционным методом используется метод трехмерной гравировки. Такой метод позволяет делать четкие геометрические формы, а также сократить время изготовления и стоимость матрицы. Суть метода заключается в том, что с помощью специальных компьютерных программ производится точный рисунок изделия, как в двухмерной плоскости, так и в объеме. Затем изображение передается на трехмерно-фрезеровальный станок, вырезающий модель. По этой модели с использованием электрохимического копировально-прошивочного станка изготавливается матрица. Матрица подвергается термической обработке и механической отделке. Далее она используется для штамповки изделий.

Холодное статическое прессование в закрытых пресс-формах является относительно простым по технологической реализации и универсальным методом для прессования изделий различной формы из порошков разных составов. Широкая применимость этого метода объясняется высокой производительностью, сравнительной простотой пресс-оснастки, а также высокой точностью получения неспеченных заготовок по форме и размерам (с учетом изменения размеров после выпрессовки и спекания), соответствующих готовым изделиям.

Прессование заготовки в закрытых пресс-формах включает следующие операции: подготовку порошка к прессованию; дозировку порошка; засыпку порошка в пресс-форму; помещение пресс-формы в гидравлический или механический пресс; прессование изделия; выпрессовку изделия из пресс-формы.

Подготовка порошков к прессованию состоит из очистки от возможных примесей, термической или механической обработки, отсева на фракции по величине частиц, смешивания различных компонентов. Пластификаторы, вводимые в прессуемый порошок или нанесенные на стенки пресс-формы, служат для облегчения процесса прессования. Существуют добавки, относящиеся сразу к нескольким группам. Среди многообразия добавок выделяют две крупные категории: смазки, понижающие коэффициент трения,

и тем самым минимизирующие износ инструмента и связующие добавки, обеспечивающие прочность прессовок в неспеченном состоянии.

Подготовленный порошок засыпается в матрицу пресс-формы, далее рабочим пуансоном производят прессование. В процессе прессования частицы порошка подвергаются упругой и пластической деформациям, при этом существенно увеличивается контакт между частицами порошка и уменьшается пористость, что дает возможность получить заготовку нужной формы и достаточной прочности. Прессование выполняют на гидравлических или механических (эксцентриковых, кривошипных) прессах. Для получения достаточно прочных заготовок при холодном прессовании применяются значительные давления, которые в зависимости от требуемой плотности и свойств порошка могут колебаться 50-200 МПа для твердосплавных смесей с пластификатором и 100-400 МПа для железных и стальных порошков [6].

Заготовку после прессования спекают для получения готовых изделий с заданными плотностью, размерами и свойствами, необходимыми для последующей обработки. Спекание заготовок проводят при температуре ниже точки плавления наиболее легкоплавкого компонента или их соединений. После спекания изделия обычно имеют некоторую пористость (от нескольких процентов до 30-40%, а в отдельных случаях до 60%). Спекание проводят в защитной среде (водород; диссоциированный аммиак, атмосфера, содержащая соединения углерода; вакуум; защитные засыпки). Защитная среда должна обеспечивать восстановление оксидов, не допускать образования нежелательных загрязнений продукции (копоти, карбидов, нитридов и т.д.), предотвращать выгорание отдельных компонентов, обеспечивать безопасность процесса спекания. Конструкция печей для спекания должна предусматривать проведение не только нагрева, но и охлаждения продукции в защитной среде [6].

Для уменьшения или полного устранения пористости, повышения механических свойств и доводки до точных размеров применяется дополнительное прессование спечённой заготовки — калибровка.

С целью нанесения рисунка последующая деформация заготовки, обычно имеющей плоскую форму, осуществляется при чеканке между верхней и нижней частями штампа без существенного изменения ее толщины. Вследствие перемещения объема металла по поверхности детали заполняются все углубления на поверхности штампа с формированием выпукло-вогнутого рельефа (рисунок 1.3).

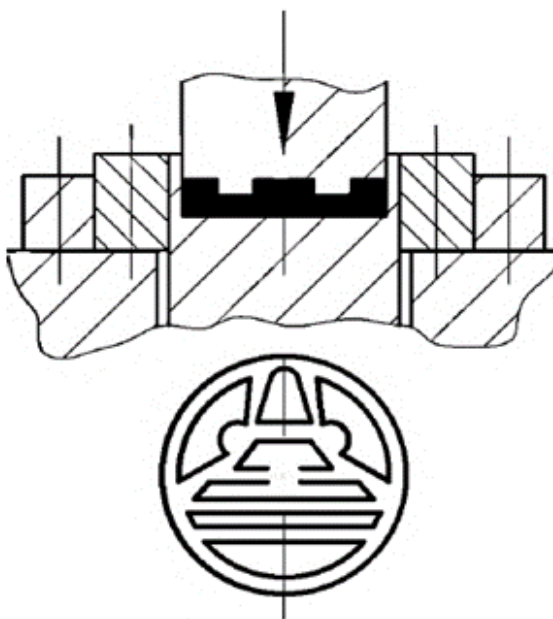


Рисунок 1.3 - Схема чеканки

В этом технологическом процессе большое значение имеет строгое соответствие размеров пуансона и матрицы. Рельеф пуансона обычно выполняется позитивно, а матрицы — негативно. Все размеры их должны быть так согласованы, чтобы металлическая заготовка как можно точнее прилегала к ним. Рабочие поверхности штампа должны иметь минимальную шероховатость, чтобы металлическая заготовка могла скользить по ним с минимальным трением.

После чеканки изделие очищают травлением в слабом растворе серной кислоты или в азотной кислоте, промывают и подвергают нагреву в печи до появления тончайшей пленки оксида на поверхности металла. Эта пленка очень прочно соединена с металлом и способствует прочному соединению

эмали с металлом. Обработанное таким образом изделие вынимают из печи, дают ему остыть и затем приступают к наложению эмали.

Существует два способа нанесения эмали на изделие: ручной и машинный.

Ручной способ заключается в следующем: размолотую эмаль смешивают с водой и в виде кашицы наносят на изделие с помощью кисточек или узкого металлического шпателя (рисунок 1.4). Ручной способ обычно используется при нанесении эмали на небольшие поверхности сложных конфигурации и профилей, например, ювелирных изделий.



Рисунок 1.4 - Схема нанесения эмали

Машинный способ используется для эмалирования больших плоских поверхностей.

После нанесения эмали изделие тщательно высушивается, поскольку, когда эмаль обожжена, оставшаяся вода кипит, на изделии образуются дефекты в виде пузырьков, пустот и т.п. Сначала вода удаляется путем приложения кусочка бумаги на край изделия. Затем подготовленное изделие подсушивают, поместив их сверху подогретого муфеля, пока порошок не станет сухим (больше не будет выделяться пар).

Эмаль обжигается при температуре 600-800°C. Обычно используются электрические печи с открытыми спиралями. Мелкие ювелирные изделия помещают в обычные электрические печи — лабораторные муфели с закрытой обмоткой. Для обжига эмали можно использовать газовое пламя и другие источники тепла. Однако, во всех случаях пламя не должно вступать в контакт с поверхностью эмали, так как попадание копоти на эмаль может испортить

изделие. Поэтому обычно открытое пламя направляют на обратную сторону изделия.

При обжиге изделие должен быть размещен на специальной подставке, от качества которой во многом зависит успех обжига.

По мере нагревания поверхность эмали выравнивается и приобретает стекловидный блеск. После этого изделие быстро вынимают из печи, и оно постепенно остывает.

Если после первого нанесения и обжига эмали на изделии обнаружены незначительные дефекты — трещины, пузыри, чистые места металла без покрытия эмали, то их исправляют: эмаль повторно наносится на изделие, просушиваются и обжигаются. Затем изделие окончательно отделывают: отбеливают металлические участки изделия, которые в результате обжига покрываются оксидной пленкой. Отбеливание производят в слабом растворе серной кислоты (15%), поскольку не стойкие к кислотам эмали могут выцвести и потерять свою яркость и блеск.

Очищенную лицевую сторону изделия покрывают защитным лаком или тонким слоем прозрачного флюса и обжигают.

ГЛАВА 2 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Расчеты для изготовления сувенирного изделия

В ходе работы были проведены исследования уплотняемости и спекаемости порошка.

Уплотняемость — это способность металлического порошка к уменьшению занимаемого объема под воздействием давления.

Суть метода исследования уплотняемости порошка заключается в измерении плотности одного и того же образца при различных нагрузках в условиях одностороннего прессования. В качестве оборудования использовались матрица круглого сечения и верхний и нижний пуансоны. Для прессования — пресс ПСУ-50.

Перед началом работы в матрицу вставляется верхний пуансон и замеряется высота пуансона над матрицей. Затем навеска порошка пересыпается в матрицу, и сверху вставляется пуансон для замера его высота над матрицей. Разница между вторым и первым значением будет величиной высоты засыпки. Из нее при известном диаметре сечения матрицы можно найти объем навески и ее плотность.

После первых измерений пресс-форму устанавливают между плитами пресса и дают минимальную нагрузку, после этого вытаскивают пресс-форму и опять замеряют высоту пуансона над матрицей. Так повторяют с уменьшением шага нагрузки до того момента, пока высота верхнего пуансона над матрицей не перестанет меняться.

Данные опыта заносят в таблицу и рассчитывают значения объема, плотности и пористости навески для каждого значения давления (таблица 2.1). Построение кривой уплотняемости является важной технологической характеристикой порошка, она показывает зависимость плотности прессовки от давления прессования, по ней можно судить о прессуемости порошка — способности сохранять форму и определенную плотность после снятия нагрузки.

Данные для проведения работы с порошком ПМС-1:

$d = 1,67$ см – внутренний диаметр пресс-формы;

$h_0 = 5,35$ см – высота между пуансоном и матрицей без порошка;

$S = 2,19$ см² – площадь сечения;

$m = 10$ г – масса медного порошка;

$h_1 = 8,0$ мм – высота, соответствующая насыпной плотности;

$V = 1,97$ см³ – объем навески;

$\rho_k = 8,92$ г/см³ – компактная плотность меди.

Расчет насыпной плотности:

$$\rho = \frac{m}{S \cdot h}, \quad (1)$$

где ρ – насыпная плотность, г/см³;

m – масса порошка, г;

S – площадь сечения см²;

h – высота насыпной плотности, см.

Расчет давления:

$$p = \frac{P}{S}, \quad (2)$$

где p – давление, т/см² ($1 \text{ т/см}^2 = 100 \text{ МПа}$);

P – усилие, т.

Расчет пористости:

$$\Pi = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_k}\right) \cdot 100\% \quad (3)$$

Таблица 2.1 - Экспериментальные и расчётные данные

№	m , г	P , т	h_2 , см	ρ , г/см ³	p , МПа	V , см ³	Π , %
1	9,9	2,4	0,8	5,1	110	1,93	42,8
2	10	4	0,79	5,7	180	1,74	36,1
3	10	5,6	0,69	6,6	260	1,52	26,0
4	9,8	8	0,63	7,1	365	1,38	20,4
5	9,9	9,6	0,61	7,4	440	1,33	17,1

По данным таблицы 2.1 построена кривая уплотняемости.

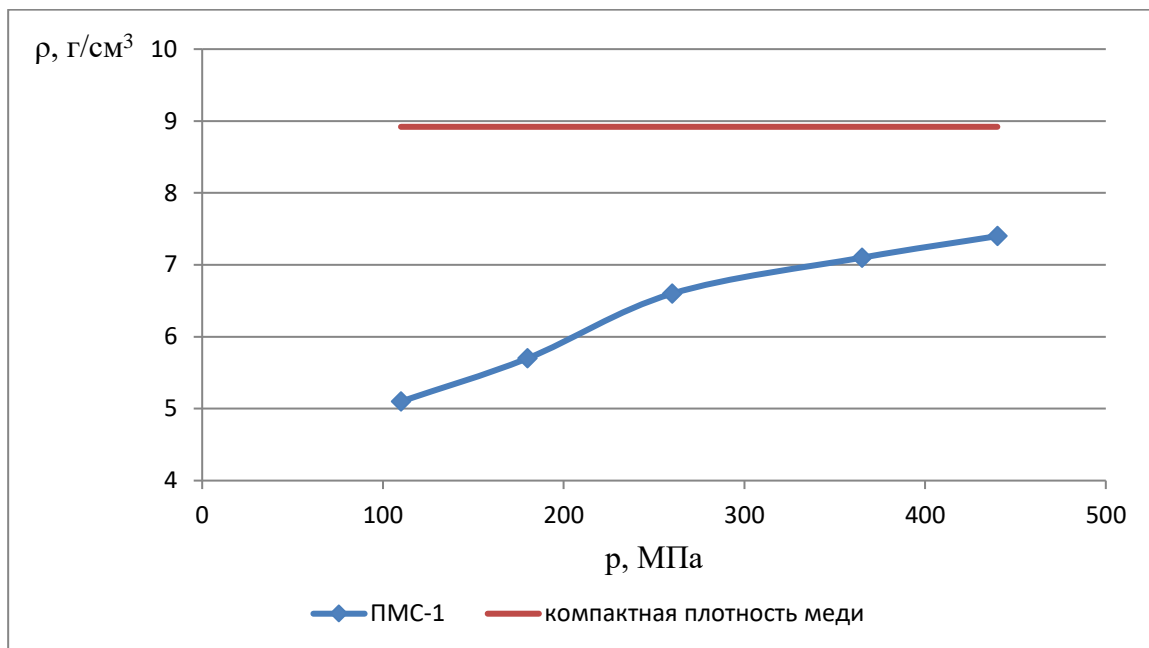


Рисунок 2.1 - Кривая уплотняемости для порошка ПМС-1

Спекание порошковых материалов представляет собой термическую обработку прессованной заготовки при температуре плавления металла порошка в однокомпонентной системе или ниже температуры плавления основного металла в многокомпонентной системе порошков. Спекание любой системы состоит из нагрева изделий до заданной температуры, изотермической выдержки при этой температуре и охлаждения до комнатных температур. Операция спекания предназначена для повышения уровня связности частиц порошка за счет действия атомных и молекулярных сил притяжения в твердом состоянии с применением нагрева.

Образцы подвергались спеканию в печи камерного типа. После остывания все образцы были обмерены и взвешены, а также были рассчитаны их плотность и пористость. Результаты для образцов приведены в таблице 2.2.

Данные для проведения работы:

$T = 850^{\circ}\text{C}$ – температура выдержки;

Время выдержки – 1 час.

Таблица 2.2 - Экспериментальные и расчётные данные

№	m, г	h _{исх} , см	h _{сп} , см	d _{исх} , см	d _{сп} , см	V _{исх} , см ³	V _{сп} , см ³	ρ _{сп} , г/см ³	П, %
1	9,5	0,8	0,73	1,67	1,56	1,93	1,39	6,83	23,4
2	9,6	0,79	0,64	1,67	1,58	1,74	1,25	7,68	13,9
3	9,6	0,69	0,58	1,67	1,6	1,52	1,16	8,27	7,3
4	9,5	0,63	0,57	1,67	1,63	1,38	1,19	8,10	9,2
5	9,6	0,61	0,54	1,67	1,66	1,33	1,17	8,20	8,1

По данным таблицы 2.2 построены кривая уплотняемости и кривая пористости

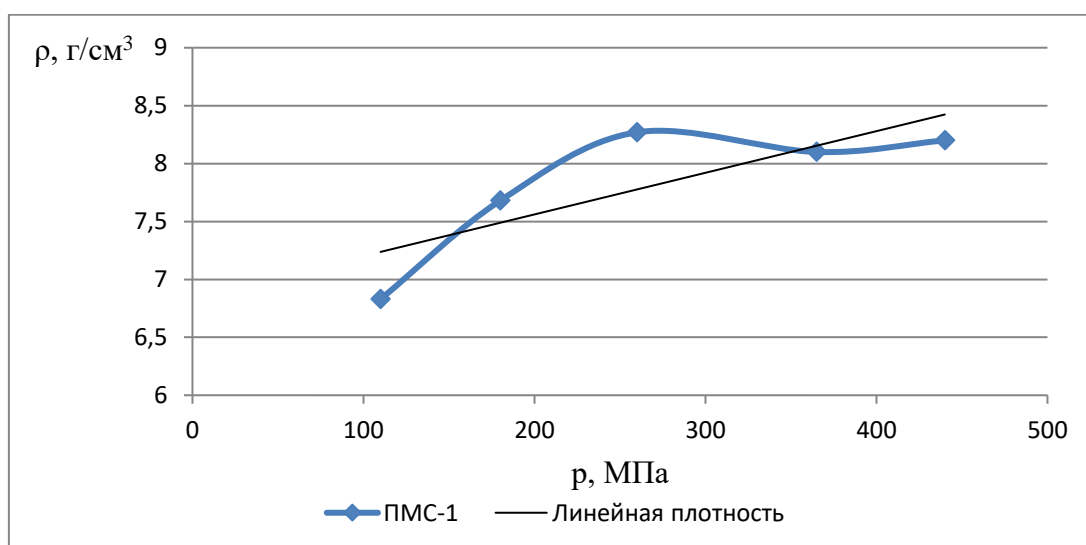


Рисунок 2.2 -Кривая уплотняемости для порошка ПМС-1 после спекания

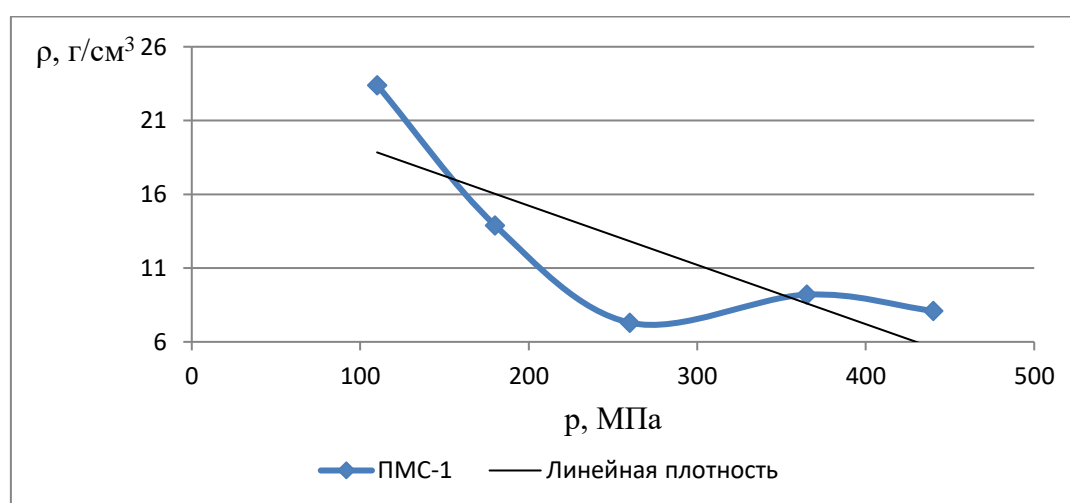


Рисунок 2.3 -Кривая пористости для порошка ПМС-1 после спекания

С образцов, которые подверглись закалке в воде, сразу отлетела окалина. Это привело к небольшой потере веса при взвешивании.

Следует отметить, что с повышением нагрузки прессования образцов при спекании уменьшалась пористость и увеличивалась плотность. Однако, в результате спекания самым плотным оказался третий образец, спрессованный при нагрузке $p = 260$ Мпа. Причиной могло послужить то, что с повышением давления пористость образцов становилась закрытой, и водные пары, находящиеся в порах, с повышением температуры расширялись. Это и могло повлечь за собой нелинейное изменение кривой пористости и уплотняемости порошка ПМС-1 после спекания.

2.2 Разработка эскиза и дизайна сувенирного изделия

Заготовка для сувенирного изделия «125 лет Санкт-Петербургскому политехническому университету» представляет из себя плоское штампованное изделие.

Первый вариант изделия состоит из изображения основных зданий университета и лентой с надписью «125». На обратной стороне изделия герб университета. Представленный вариант служит классическим вариантом для любых юбилейных сувенирных изделий (Приложение 2).

Второй вариант — изображение «125» с графическими элементами институтов. На обратной стороне также присутствует герб (Приложение 3).

При разработке рисунка «125 лет» в первую очередь было уделено много внимания её размерам, поскольку композиция должна наноситься на круглую заготовку. Нужно было учитывать, что размер изделия небольшое — 30 мм, это означало, что рисунок должен читаться, не превращаясь в пятно.

Следующим шагом реализации дизайна «125 лет» было решение «выпуклости» элементов на рисунке. Так как дизайн разрабатывался на основе предстоящего юбилея университета, в первом варианте (Приложение 2) сделан акцент на «125» — этот элемент не будет продавлен пуансоном. Все остальные графические элементы выполнены контуром. Название и логотип

университета также должны быть включены в эскиз.

Когда все поставленные задачи дизайна были решены, необходимо было приступить к разработке эскиза, с соблюдением необходимых параметров, заключающиеся в том, чтобы эскиз был максимально похож на результат конечного продукта, выполненного из меди. Для начала необходимо было воспользоваться различной графической информацией, относящейся к университету. Для поиска вариантов были рассмотрены фотографии корпусов университета (рисунок 2.4) и логотипы институтов. Задача состоялась в том, как установить элементы на эскизе между собой.

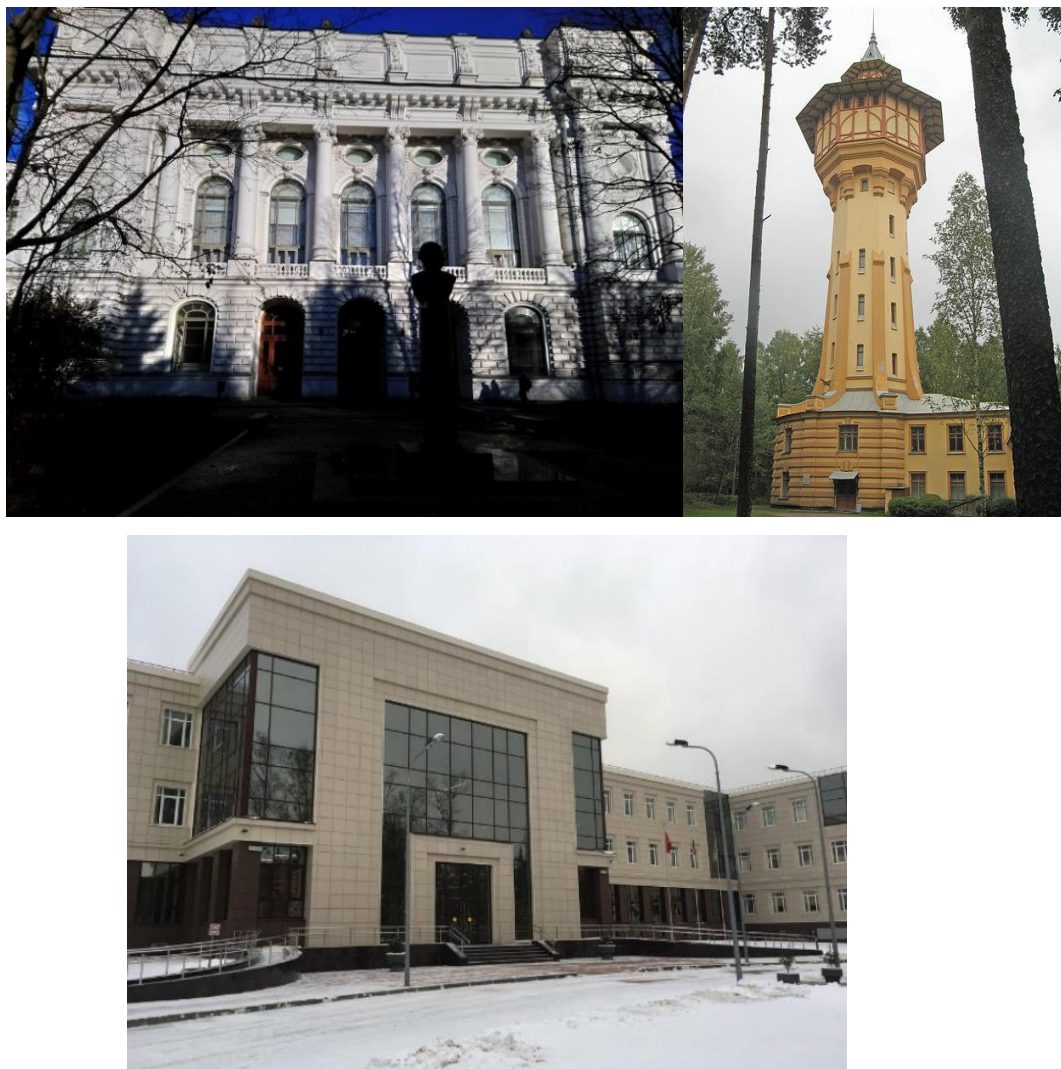


Рисунок 2.4 - Фотографии корпусов Санкт-Петербургского политехнического университета

После поиска нужной графической информации, следующим шагом стала непосредственно прорисовка эскиза. Было сделано несколько вариантов эскиза. Некоторые из них не были включены в дальнейшей разработке из-за недопустимых размеров элементов на рисунке (Приложение 1).

Конечным этапом разработки дизайна стало отрисовка эскизов в программе Adobe Illustrator. После завершения работы был решен окончательный вопрос о выборе дизайна из нескольких вариантов для дальнейшего изготовления заготовки. Второй вариант дизайна (Приложение 3) является более современным и несёт в себе графическую информацию о науках, изучаемых в СПбПУ. В итоге было решено использовать его в дальнейшем изготовлении сувенирного изделия.

Заключение

В заключение проведенной работы можно сделать вывод об изготовлении сувенирных изделий из порошковых материалов:

1. Проведен анализ литературных источников по изготовлению сувенирных изделий
2. Проведен расчет для изготовления сувенирных изделий из порошковых материалов.
3. Разработан дизайн сувенирного изделия для дальнейшего изготовления.

Список использованной литературы

1. Квашнин А.С. История чеканки монет. От Древнего мира до настоящего времени [Электронный ресурс] Ювелирный дом «Квашнин» – URL: <http://kvashnin-art.com/blog/istoriya-chekanki-monet/> (дата обращения: 10.05.2020).
2. Мишуков Ф. Я. Техника декоративной обработки металлов. – М.: НИИХП, 1946. – 135 с.
3. Флеров А. В. Демина М. Т. Техника художественной эмали, чеканки иковки. Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1986. - 191 с.
4. Петцольд А., Петман Г. Эмаль и эмалирование: Справ. изд. Пер. с нем. – М.: Металлургия, 1990. – 576 с.
5. Цукерман С.А. Порошковая металлургия. – М.: Академия наук СССР, 1958. – 159 с.
6. Кипарисов С.С., Либенсон Г.А. Порошковая металлургия. – М.: Металлургия, 1972. – 528 с.
7. Магницкий О.Н., Пирайнен В.Ю., Колбасников Н. Г. Художественная деформация металла: Учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Технология художественной обработки материалов». – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. – 255 с.
8. Иванова Н.Д. Теория и практика применения защитно-декоративных покрытий металлами и сплавами. – Киев: Наук. думка, 1981. – 22 с.
9. Хохлова Е. Н. Художественные изделия из металла. – М.: Всесоюзное Кооперативное Издательство, 1959. – 29 с.
10. Степанов В. Н. Технология чеканки штампованных деталей и конструкций чеканочных штампов. – М.: Оборонгиз, 1954. – 193 с.
11. Логинов Ю. Н. Изготовление полуфабрикатов и изделий из порошков меди и медных сплавов. Учебное пособие/Уральский государственный технический университет-УПИ. – Екатеринбург, 2008. – 207 с.



Рисунок П.1 - Эскизы сувенирного изделия «Политеху — 125»



Рисунок П.1 - Эскизы сувенирного изделия «Политеху — 125»



Рисунок П.2 - Первый вариант дизайна сувенирного изделия «Политеху —

125»»



Рисунок П.3 - Второй вариант дизайна сувенирного изделия «Политеху — 125»