

Региональный конкурс исследовательских и проектных работ
школьников «Высший пилотаж- Пенза»

Декоративное травление металлов

Исследовательская работа

Направление «Химия»

Автор:

Машнин Арсений Валерьевич
обучающийся 10 класса
МОУ СОШ с. Вадинск

Руководитель:

Дёмина Ирина Владимировна
учитель химии МОУ СОШ с. Вадинск



2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

- I. Введение.
- II. Основная часть
 - 2.1 История развития технологии травления металлов.
 - 2.2 Виды травления металлов.
 - 2.3 Особенности химического травления металлов.
 - 2.4 Электрохимическое (гальваническое) травление металлов.
 - 2.5 Техника безопасности при проведении процесса травления.
- III. Выводы
- IV. Список литературы.
- V. Приложение №1. Инструкция по проведению травления металлического изделия.
- VI. Приложение №2. Фотоотчет.

I. ВВЕДЕНИЕ.

Травление металла – древняя технология, применяемая человеком тысячелетиями. В прошлом она использовалась для обработки оружия, предметов ритуальных церемоний и украшений. Сегодня травление применяется и в промышленности, и в домашних условиях, предоставляя широкие возможности для творчества. В наши дни травление металлов используется в художественных промыслах, для нанесения гальванических покрытий, для создания изображений и надписей на металлических изделиях. Такая гравировка смотрится очень красиво, и любоваться ею приносит удовольствие. И, пожалуй, самое важное – рисунки и надписи, нанесенные методом травления на металле, долговечны. Со временем они практически не меняют свой внешний вид.

Актуальность работы: декоративное травление металла позволяет создавать авторские работы своими руками в домашних условиях, которые пользуются интересом и спросом. Число просмотров видео с советами по домашнему травлению металла достаточно большое. Мастера изготавливают визитки и таблички с надписями, наносят на ножи, брелоки и инструменты рисунки.

Цель исследования: практика травления металла, получение рисунка на металлическом изделии.

Задачи:

- Работая с источниками, изучить технологию травления металла.
- Провести травление металла.
- Определить факторы, влияющие на скорость процесса травления.
- Разработать инструкции по проведению химического и электрохимического травления металлов.

Методы исследования: наблюдение, эксперимент, анализ, выводы.

Объект исследования: процесс травления металлов.

Предмет исследования: нанесение рисунка на металл с помощью травления.

Обзор источников: в ходе исследования была рассмотрена специальная литература, интернет-источники, подобные работы школьников.

Практическая значимость: изготовление сувениров методом травления металла.

II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.

В современном толковом словаре слово «травление» трактуется следующим образом:

- а) обрабатывать поверхность чего-либо растворами кислот или другими специальными составами;
- б) наносить узор, рисунок с помощью химических веществ. [3]

Декоративное травление (протрава, протравка) – антикоррозийная и декоративная обработка металла путём воздействия веществами, растворяющими поверхностный слой, с целью декорирования – сплошного (матовое травление) или частичного (вытравливание узора, надписи).

2.1. История развития технологии травления металлов.

Технология травления применялась ещё до нашей эры, хотя обработке подвергались чаще всего не металлы, а органические предметы, например, раковины. Но принцип был тот же — использовался материал, противостоящий травлению (смола или битум), а травильными веществами служил растительный едкий сок.

Впервые декоративное травление металла стали применять в средневековые оружейных дел мастера. Травлением оружейники заменили один из трудоёмких процессов – ручную гравировку, не утратив при этом прежних художественных качеств. В XVIII–XIX веках в Европе широко развернулось производство оружия с рисунками, нанесенными с помощью травления, имитирующие узоры оружия из дамасской стали. Выявление узоров производилось травлением стволов всеми мыслимыми способами и самыми разнообразными составами. Травление металла кислотами называли еще техникой «офорт» (от франц. Eau-forte – буквально «крепкая водка», так называли азотную кислоту). Работавшим в технике офорт художникам приходилось изучать рецепты лаков и приобретать навыки выполнения чисто химических операций, постигая тайны травления, которое было непростым делом.

В России травление использовали тульские мастера. Мотивами травлёного орнамента на тульских заводах были переплетённые лентами розы, знамёна, геральдические эмблемы. В XVII веке травлёным орнаментом украшались палаши; надписи и орнаменты наносились на клинок и на гарду. На многих тульских саблях путём травления делались надписи «за храбрость», «с нами Бог».

Уникальное искусство златоустовской гравюры зародилось в начале XIX в. как искусство украшения холодного оружия. Для обучения мастеров были приглашены немецкие мастера-оружейники, которые привезли на Урал свои приёмы художественного убранства холодного оружия в том числе и методом травления. Образцы оружия, созданного мастерами Златоуста, хранятся в крупнейших музеях России, Европы, в частных собраниях.

В первой половине XVIII века на Кавказе также зафиксировано производство узорчатых стволов. Так, в Оружейной палате хранится ружьё кавказской выделки со стволом из дамаска, датированное 1732 годом.

Большое разнообразие декоративного оформления изделий демонстрируют современные мастера. Они сочетают различные металлы и разнообразные виды обработки, в том числе и травление. Современные художники-гравёры создают охотничьи ножи и кинжалы, разнообразные столовые приборы, кубки, подсвечники, подносы, предметы церковной утвари в тончайшей технике рельефной вытравки и золочения, с соблюдением старинных рецептов и технологий, которыми в совершенстве владели старые мастера.

Травление относительно больших поверхностей подчёркивает объёмность, одновременно лишая избыточной тяжеловесности. Изделия геометрических форм с преобладанием металла приобретают оригинальность и декоративность, будучи украшенными протравленным узором.

2.2. Виды травления металлов.

При всём разнообразии технологий методы травления разделены на три категории. *Химическое* — при воздействии кислоты (H_2SO_4 , HNO_3 , HCl) и щёлочи. Этот способ применяется для удаления окалина или ржавчины, нанесения рисунка. Он основан на взаимодействии кислоты и металла, с выделением водорода, что обеспечивает чистую поверхность изделия.

Электрохимическое (гальваническое) — с применением процесса электролиза. Этот вид травления металлов применяется для быстрой очистки, гравировки и создания пазов на деталях. Заготовки погружают в электролит на основе кислоты или соли, где изделие выступает в роли анода и основано на анодном растворении металла.

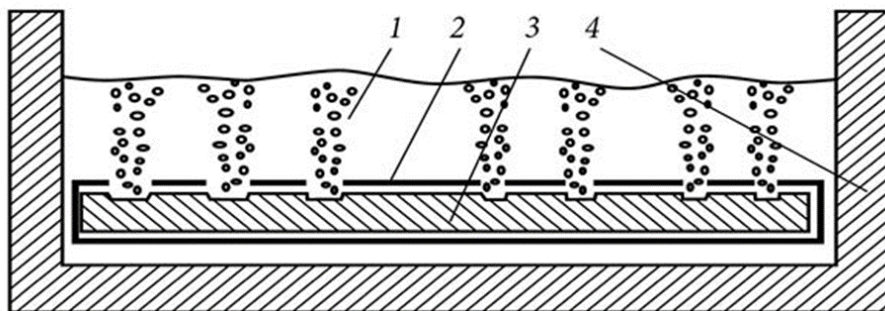
Ионно-плазменное — поверхность металла подвергается воздействию инертных газов, исключая их химическое взаимодействие с обрабатываемым металлом. Используется и другое название этого метода — сухое травление. Такой способ позволяет выполнять насечки и пазы с точностью порядка 10 нм. Безусловно, этот метод не для домашнего использования, основное его применение — микроэлектроника.

Травление также может быть позитивным или негативным. Позитивным называют получение узоров в виде углублений, при негативном - орнамент остаётся на поверхности, а вытравливается поверхность вокруг него.

2.3. Особенности химического травления металлов.

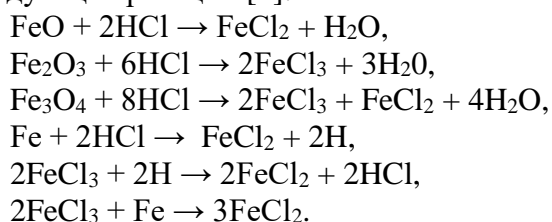
Процесс изготовления художественных изделий методом химического травления (рис. 1) состоит в следующем: металлическое объёмное изделие или пластину покрывают слоем кислото- и щелочеупорного лака. После высыхания лака на его поверхности прочерчивают тонким резцом линии рисунка, предварительно переведенные с помощью копировальной бумаги на поверхность лаковой пленки. После этого с поверхности изделия тщательно удаляют лаковую стружку и погружают его в травильный раствор. При травлении не защищенные лаком участки металла будут растворяться, образуя на поверхности канавки-штрихи, идентичные рисунку. Для достижения нужной глубины и декоративного эффекта поверхность может быть протравлена несколько раз. Продолжительность травления определяют визуально. В заключение изделие тщательно промывается в проточной воде и с поверхности изделия удаляют лак органическим растворителем.

Рис. 1. Схема процесса химического травления: 1 – травильная жидкость; 2 – слой лака; 3 – изделие; 4 – корпус ванны



Для травления различных металлов используют определённые протравы. Так, для травления золота применяется «царская водка»: в определённой пропорции смешанные азотная и соляная кислоты; серебро, медь и латунь травят разбавленной азотной кислотой; сталь травится в серной и соляной кислотах. Умельцы используют и готовые смеси для травления металла.

Химический процесс при травлении металла кислотой заключается в следующем: при взаимодействии окисленного железа с разбавленными растворами кислот происходит растворение оксидов и металлического железа. С растворами соляной кислоты протекают следующие реакции [1]:



Содержание кислот в травильных растворах не должно превышает 20%, более концентрированный раствор может привести к значительному растворению основного металла, т.е. металл будет перетравлен, такой металл имеет черную, глубоко изъеденную поверхность. [2]

После травления с поверхности заготовок удаляют остатки кислоты промывкой в воде. Хорошо протравленные поверхности имеют равномерный серовато-стальной цвет. С помощью химического травления также удаляют окалины, изготавливают интегральные схемы и печатные платы, типографские клише.

Практическая часть: проведение травления заготовок для гравировки из нержавеющей стали раствором соляной кислоты.

Проанализировав литературные источники и советы из интернета, мы решили проверить какой способ окажется более результативным. При подборе кислоты мы соблюдали правило: газ, который выделяется при реакции не должен быть токсичен. Для этого пригодились знания по взаимодействию кислот с металлами. В зависимости от активности и от концентрации кислоты образуются различные продукты реакции. Для травления мы использовали соляную кислоту, так как выделяется нетоксичный водород. Проводили без нагревания, так как при нагревании будут выделяться вредные пары хлороводорода. Весь процесс проводили в вытяжном шкафу.
Оборудование и реактивы: заготовка для гравировки из нержавеющей стали, универсальный обезжириватель, 10% раствор соляной кислоты, битумный лак, лак для ногтей, кисточка, шило для нанесения рисунка, кристаллизатор с водой, резиновые перчатки.

Таблица 1. Ход практической части

№ опыта	Содержание опыта	Результаты эксперимента
Опыт 1	Заготовку обезжирили. По советам из интернета (из видео) обработали лаком для ногтей (Приложение 2, фото1). Нанесли рисунок и опустили в раствор 10% соляной кислоты. (Приложение 2, фото2).	Через 10 минут лак для ногтей по краям рисунка стал отставать от металлической пластины, поэтому рисунок получился «размытым» (вышел за пределы контура рисунка) (Приложение 2, фото3).
Опыт 2	Заготовку обезжирили. Используя рекомендации с официальных сайтов по обработке металлов, покрыли заготовку битумным лаком. Нанесли рисунок и опустили в раствор 10% соляной кислоты.	Битумный лак выдержал воздействие кислоты, поэтому рисунок на пластинке остался в рамках контура. Окончание эксперимента определяли визуально, по интенсивности рисунка. В 10% растворе пластинку мы выдерживали заготовку 40 минут. Из-за некачественной обработки боков заготовки, произошло их травление, что отразилось на качестве изделия. (Приложение 2, фото 4,5).
Опыт 3	Обработали заготовку битумным лаком в два слоя. Особое внимание уделили обработке боковой части заготовки. А так же уменьшили время травления.	Пластинку выдерживали в растворе кислоты 30 минут. Качество рисунка и заготовки после травления нас удовлетворило. (Приложение 2, фото 6).

Во всех опытах рисунок получился в виде углублений (позитивное травление).

2.4. Электрохимическое (гальваническое) травление металлов.

Как известно, металл довольно трудно обрабатывать в домашних условиях без специальных навыков и инструментов, тем более, если это такой твёрдый металл, как сталь. Тем не менее, можно призвать на помощь химию: существует такой химический процесс – электролиз. Он протекает на электродах при прохождении электрического тока через растворы электролитов. Если в качестве электрода взять металлическую заготовку, в качестве электролита использовать обычную солёную воду, то при прохождении через неё тока металл начнёт стравливаться, то есть атомы с поверхности металла начнут переходить в раствор в виде ионов. Это явление называют анодным растворением, которое является основным механизмом процесса электрохимической обработки металлов. Такая обработка металла основана на двух процессах: процессе электролитической диссоциации и процессе электролиза. [5]

Рис 2. Схема электролитического травления металлов: 1-анод, 2- раствор NaCl, 3-катод, 4-ключ.

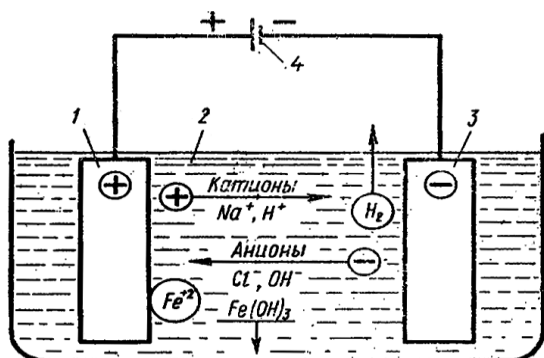


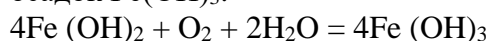
Схема процесса электролиза в хлориде натрия с железными электродами:

На катоде: $\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$, то есть вместо хлорида натрия в растворе появляется гидроксид натрия. Железо катода в реакции не участвует.

На аноде: $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}$

Железо анода разрушается, Fe^{2+} переходят в раствор. [4]

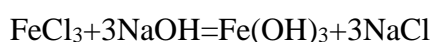
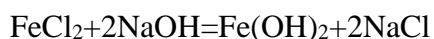
В результате происходит соединение ионов железа с анионами, сопровождающееся выделением $\text{Fe}(\text{OH})_2$ (осадка темно-зеленого цвета), который окисляется на поверхности и образует бурый осадок $\text{Fe}(\text{OH})_3$.



Также в некоторых источниках говорится, что на аноде может образовываться хлор ($2\text{Cl}^- - 2\text{e} \rightarrow \text{Cl}_2$)

с примесью кислорода (который образуется при разложении воды или OH^- ионов), но тут же вступает в реакцию с железом электрода. Так как анод железный, то хлор в момент выделения просто реагирует с железом, переводя его в хлориды (II) и (III).

Поскольку образовавшиеся FeCl_2 , FeCl_3 и гидроксид натрия находятся в общем растворе, то между ними происходит конечная реакция:



Практическая часть: проведение травления заготовок для гравировки из нержавеющей стали электролитическим способом в растворе хлорида натрия.

Электролитический метод быстрее и экономичнее химического, если говорить об объеме требуемых реагентов. Также электролитический метод с применением солевого раствора хлорида натрия более экологичен, так как при нем не выделяется вредных для человека веществ.

Помещаем заготовку и вспомогательный металл в солевой раствор. Заготовка должна быть подключена к «+» (анод). Для проведения эксперимента мы использовали прибор для опытов по химии с электрическим током. Контролируемое время травления заготовки зависит как от силы тока источника электроэнергии, так и от разновидности металла. Качественная нержавеющая сталь будет вытравливаться намного дольше, чем простое углеродистое железо. По окончании травления металла следует отключить электропитание и извлечь заготовку. Протравленную поверхность следует тщательно очистить, промыв проточной водой.

Оборудование и реактивы: заготовка для гравировки из нержавеющей стали, универсальный обезжириватель, поваренная соль, битумный лак, лак для ногтей, эмаль, кисточка, шило для

нанесения рисунка, прибор для опытов по химии с электрическим током, аккумулятор на 4,5 В, резиновые перчатки.

Таблица 2. Ход практической части

№ опыта	Содержание опыта	Результаты эксперимента
Опыт 4	Пластинку зашкурили, обезжирили, лаком для ногтей нанесли рисунок. В стакане горячей воды растворили столовую ложку соли. К аноду присоединили деталь с рисунком, к катоду – железную пластинку. Залили раствор соли в прибор. Подключили к источнику тока 4,5 В. (Приложение 2, фото 7,8,9).	Время проведения эксперимента 60 минут. Глубокие бороздки от травления металла получились по краю рисунка. Но по краям изделия и с обратной стороны тоже произошло травление металла, так как передержали заготовку или плохо покрыли поверхность лаком. (Приложение 2, фото 10).
Опыт 5	Вместо лака для ногтей использовали битумный лак. Им нанесли рисунок на обработанную заготовку кисточкой и покрыли обратную сторону пластинки и боковые стороны. Провели травление в приборе.	Время проведения травления 40 минут. Несмотря на то, что время травления сократили, края заготовки также, как и в предыдущем опыте, подверглись травлению. (Приложение 2, фото 11)
Опыт 6	Пластинку зашкурили, обезжирили, обработали битумным лаком. Нанесли рисунок шилом. Провели травление.	Время проведения травления 30 минут. Рисунок получился в виде углублений, но четкого контура не получилось (Приложение 2, фото 12)

В опыте 4,5 рисунок получился на поверхности, а остальная часть заготовки подверглась травлению (негативное травление). В опыте 6 с помощью электрохимического травления получили рисунок в виде углублений (позитивное травление).

2.5 Техника безопасности при проведении процесса травления.

- Помещение должно быть обеспечено хорошей вентиляцией.
- Обязательно использование средств индивидуальной защиты: плотной одежды, защитных очков, перчаток.
- Перед использованием гальванического метода травления металла необходимо проверить применяемое электрооборудование на предмет отсутствия механических повреждений, убедиться в целостности изоляции.
- При приготовлении раствора кислоты необходимо соблюдать правило: кислоту наливаем в воду, но ни в коем случае не наоборот.
- При себе работник должен иметь раствор соды для промывания кислоты при ее попадании на кожу, при работе с щелочью – слабо концентрированный раствор уксусной кислоты.
- Если реактив попал на кожные покровы, необходимо немедленно промыть большим количеством воды и обработать нейтрализующим раствором. При ожоге кислотой промывают кожу двухпроцентным раствором соды, при ожоге щелочью - однопроцентным раствором борной или уксусной кислоты. Если реактив попал на одежду, необходимо ее заменить.

III. ВЫВОДЫ.

Рассмотрев, как используется способы травления металлов другими авторами, мы выдвинули следующие требования к процессу травления:

безопасность,
использование доступных реагентов,
качество и скорость процесса.

В ходе работы, получив углубленные знания по темам электролиз и взаимодействие кислот с металлами, провели травление металлической заготовки для гравировки из нержавеющей стали двумя способами: химическим и электрохимическим. Выбор метода зависит от типа рисунка, задумки автора. Нами были получены практические навыки выполнения гравировки методами травления металлов. А также убедились, что такие работы можно проводить в условиях школьной лаборатории или домашних условиях, но с соблюдением всех правил техники безопасности.

Изучив процесс травления металлов и определив факторы, влияющие на скорость травления, мы разработали инструкцию по нанесению рисунка на металлическую заготовку травлением металла химическим и электролитическим способом и технику безопасности проведения таких работ.

В ходе работы была обозначена значимость процесса травления в науке, технике, декоративном творчестве. Данный материал может быть использован в качестве демонстрационного эксперимента на уроках химии или во внеурочной деятельности. Также данную работу планирую использовать при защите индивидуального проекта.

IV. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Ямпольский А.М. Травление металлов- Москва «Металлургия», 1980
2. Коваленко В.С. Металлографические реактивы. Справочник- Москва «Металлургия», 1981
3. Большой современный толковый словарь русского языка-Электронный ресурс, режим доступа <https://slovar.cc/rus/tolk.html>
4. Электрохимическая обработка металлов-Электронный ресурс, режим доступа <https://stankotk.ru/elektrohimiceskaa-obrabotka-metallov-metody-stanki/>
5. Электро-физикохимические и комбинированные методы обработки-Электронный ресурс, режим доступа https://www.rsatu.ru/upload/medialibrary/9c9/5-ELEKTRO_FIZIKOKHIMICHESKIE.pdf
6. Травление металла: описание технологии, виды, инструкция по применению-Электронный ресурс, режим доступа <https://vt-metall.ru/articles/756-travlencee-metalla/?ysclid=leb6cs3htx479351469>
<https://prompriem.ru/stati/travlenie-metalla.html?ysclid=leguskxvqg465799388->
7. История травления: искусство художественной гравировки и обработки ржавых деталей- Электронный ресурс, режим доступа <https://cometal.ru/blog/travlenie-metalla/>
8. Травление металла в домашних условиях: как вытравить рисунок, химическое травление- Электронный ресурс, режим доступа <https://www.rocta.ru/info/travlenie-metalla-v-domashnih-usloviyah-kak-vytravit-risunok-himicheskoe-travlenie/>
HTTPS://RYBALOV-YURY.BLOGSPOT.COM/2012/04/BLOG-POST_7555.HTML-

V.ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

Инструкция по проведению химического травления металла (нержавеющая сталь).

1.Приготовление раствора.

Для приготовления 100 г 10% раствора соляной кислоты в 74 мл воды растворяем 22 мл концентрированной соляной кислоты(плотностью 1,19 г/мл).

2.Подготовка металла.

Металлическую заготовку из нержавеющей стали обрабатываем универсальным обезжиривателем. Покрываем лаком, особенно тщательно обрабатываем боковые поверхности. С помощью копировальной бумаги переносим рисунок. Шилом прорисовываем бороздки по рисунку.

3.Процесс травления

Раствор кислоты наливаем в химический стакан, помещаем подготовленную металлическую заготовку. Следим за процессом травления металла. После окончания процесса травления деталь промываем, снимаем растворителем слой лака.

4.Техника безопасности.

Помещение должно быть обеспечено хорошей вентиляцией.

Мастер обязан использовать средства индивидуальной защиты: плотную одежду, защитные очки, перчатки.

При приготовлении кислотного раствора кислота заливается в воду, но ни в коем случае не наоборот.

Инструкция по проведению электрохимического травления металла (нержавеющая сталь).

1. Приготовление раствора.

В стакан наливаем 250 мл горячей воды, добавляем 1 ст. ложку поваренной соли. Хорошо перемешиваем, чтобы вся соль растворилась в воде.

2. Подготовка металла.

Для начала нужно зашкурить заготовку – для этого используют крупную наждачную бумагу, после чего переходят к мелкой. Должна получиться блестящая поверхность с множеством мелких царапин. Обезжириваем, лаком наносим желаемый рисунок на заготовку и ждем полного высыхания.

3. Сбор установки.

В прибор для опытов по химии с электрическим током наливаем раствор соли. К катоду прикрепляем железную пластинку, к аноду-заготовку с рисунком.

4. Процесс травления

Включаем источник тока 4,5 В и следим за процессом. По окончании работы обязательно отключить источник тока, вынуть электроды и промыть заготовку с рисунком проточной водой.

5. Техника безопасности.

Помещение должно быть обеспечено хорошей вентиляцией.

Обязательно использовать средства индивидуальной защиты: плотную одежду, защитные очки, перчатки.

Перед использованием гальванического метода травления металла необходимо проверить применяемое электрооборудование на предмет отсутствия механических повреждений, убедиться в целостности изоляции.

VI.ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ФОТООТЧЕТ.



Фото 1. Обработка заготовок



Фото 2. Травление заготовок в соляной кислоте



Фото 3. Результат травления в опыте 1



Фото 4. Результат травления в опыте 2



Фото 5. Результат травления в опыте 2



Фото 6. Результат травления в опыте 3



Фото 7. Прибор для опытов по химии с электрическим током



Фото 8. Выделение газа на катоде.



Фото9. Завершение работы по электрохимическому травлению



Фото 10. Результат опыта 4



Фото 11. Результат опыта 5



Фото 12. Результат опыта 6

Рецензия

на исследовательскую работу обучающегося 10 класса МОУ СОШ с.
Вадинск Машнина Арсения «Декоративное травление металлов».

Данная исследовательская работа посвящена практическому применению технологии травления металлов в школьной лаборатории или домашних условиях. Автор в соответствии с поставленной целью попытался наиболее полно проанализировать источники по той теме, которую исследовал, объяснил актуальность темы.

В теоретической части работы раскрыты основные принципы травления металлов и их классификацию. Практическая значимость работы заключается в том, что она дает возможность продемонстрировать применение знаний по темам электролиз и взаимодействие кислот с металлами в изготовлении сувениров травлением металлов.

По результатам работы сделаны выводы. Результаты работы могут быть использованы на уроках химии и внеклассной работе.

Рецензируемая работа выполнена на достаточном уровне, может быть рекомендована для представления на конкурс исследовательских и проектных работ школьников.

Дата: 11 декабря 2024 года

Рецензент: учитель химии МОУ СОШ с. Вадинск  / Дёмина И.В./

Директор МОУ СОШ с. Вадинск  /Бураева Г.Н./

