

Изобретение относится к области механизированной обработки, а именно к способам шлифования и полирования изделий из материалов различной твердости, преимущественно, металлов и их сплавов (цирконий, нержавеющая сталь, мельхиор и др.), и может быть использовано в машиностроении, приборостроении, в ювелирной промышленности и т.д.

Известен способ обработки металлических заготовок, вырезанных из листового циркония, типовой технологический процесс обработки заготовок циркония (г.Глазов, Удмуртия, МП "Циркониум", 1990) - [1], включающий: снятие заусениц вручную, шлифование вручную, механическое полирование шкуркой М50, обезжиривание и химическое полирование. Однако указанный способ имеет низкую производительность (0,1 - 0,3кг/ч изделий), обусловленную многостадийностью, применением ручного труда и длительностью технологического процесса (10 - 15ч), а получаемые изделия имеют невысокое качество (параметр шероховатости 0,2 - 0,3мкм).

Известен способ обработки стальных деталей (Авт. св. СССР №645954, кл. С09К3/14, В24В31/06) - [2] в вибрационной установке, загружаемой обрабатываемыми деталями (30 - 35об.%) и абразивной смесью, включающей электрокорунд с размером гранул 5 - 20мм 30 - 60мас.%, воду 32,3 - 56,4мас.% и химически активный реагент, в качестве которого берут медный купорос 5 - 10мас.%, азотную кислоту концентрированную 2,5 - 5мас.% и уротропин 0,1 - 0,25мас.%. Длительность обработки 30 - 40мин. При этом происходит очистка деталей от заусениц и окалины, округление острых кромок, достигаемый параметр шероховатости поверхности 0,4 - 0,8мкм. Недостатками указанного способа являются: сравнительно грубая обработка металлических деталей, загрязнение окружающей среды вредными отходами (нитратами, сульфатами), образующимися при химическом взаимодействии кислоты с железом и купоросом, а также необходимость использования агрессивного высокотоксичного реагента (концентрированной азотной кислоты), что приводит к потере металла в результате растворения и ухудшению условий работы обслуживающего персонала.

Описан способ обработки (Патент России №1774945 от 08.07.92) - [3], основанный на механизированном полировании металлических изделий (нержавеющая сталь, латунь и др.) с применением полировальной пасты на центробежно-планетарной установке. Он включает: использование заготовок с исходным параметром шероховатости 1,25 - 1,35мкм; загрузку в контейнеры установки типа ЦПУ-45 деталей и кожного наполнителя с размерами 5 × 10мм, толщиной 2 - 3мм и косым срезом под углом 45°, взятый в количестве 80 - 85об.%, а также полировальной пасты 15 - 20об.%; предварительное приготовление пасты при последовательном прибавлении и смешивании олеиновой кислоты реактивной 9,1 - 17мас.%, триэтанолamina 2,5 - 4,7мас.%, порошка полировального оптического 70 - 86мас.%, глины бентонитовой 1,3 - 4,5мас.%, двуокиси кремния 1,0 - 3,3мас.% и триэтиленгликоля 0,1 - 0,5мас.%; обработку (полирование) при вращении

контейнеров, закрепленных на планшайбе, вокруг центральной оси со скоростью 440об./мин и вокруг собственной оси (планетарное вращение) контейнеров со скоростью 60об./мин продолжительностью 1,5 - 2ч и отделение изделий. При этом достигается параметр шероховатости поверхности изделий 0,032 - 0,04мкм. Производительность при объеме контейнеров 20л (4 контейнера по 5л) 1,2 - 1,4кг изделий в час.

Недостатком способа является то, что он не обеспечивает комплексную обработку изделий, т.к. предполагает использование заготовок с исходной шероховатостью 1,25 - 1,35мкм и не включает такие технологические операции, как снятие заусениц и окалины, округление кромок и шлифование.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к предлагаемому изобретению является способ обработки деталей (Авт. св. СССР №1837011, кл. В28D5/00, В24В31/06) - [4], включающий: предварительную обработку деталей в шлиф барабане или другой установке до шероховатости поверхности, равной 20мкм; загрузку в вибрационную установку типа ТВУ обрабатываемых деталей 44 - 50мас.%, наполнителя 43 - 51мас.%, абразивной пасты с поверхностно-активным веществом 1,5 - 5мас.% и воды 1,5 - 4мас.%.

В качестве наполнителя используют мельхиор диаметром 3 - 5мм, длиной 8 - 15мм с косым срезом под углом 30 - 60°, а также отходы кожи длиной 10 - 15мм, шириной 3 - 5мм и толщиной 2 - 3мм при соотношении 2 : 1. При этом готовят абразивную пасту с поверхностно-активным веществом, в качестве которого используют триэтаноламинолеат, получаемый путем перемешивания олеиновой кислоты и триэтанолamina при соотношении 3,65 : 1. К свежесозданному гелю триэтаноламинолеата 0,5 - 2мас.% прибавляют при перемешивании 1 - 3мас.% микрошлифпорошка белого электрокорунда зернистостью М5, М10. Перемешивание обрабатываемых деталей, наполнителя, абразивной пасты и воды производят в вибрационной установке с амплитудой колебаний контейнера 1 - 3мм, частотой колебания 150 - 200Гц продолжительностью 2 часа. Отделяют детали от абразивной смеси. Окончательную, отделочную обработку проводят на бязевых полировальных кругах.

Указанным способом обрабатывают изделия из мягких материалов, например, янтаря. При этом достигаемая величина параметра шероховатости составляет 0,15 - 0,21мкм. Производительность операции виброшлифования 1,1 - 1,25 (емкость рабочей камеры 5л) и 18 - 20кг/ч (емкость рабочей камеры 80л), а производительность способа с учетом предварительной и отделочной операций на шлифбарабане и полировальных кругах 0,6 - 0,9 и 5 - 6кг/ч соответственно. Способ имеет следующие недостатки: - способ предназначен для обработки хрупких и мягких материалов (янтарь, твердость HB = 1,5 - 3кгс/мм²) и мало эффективен для обработки металлов и их сплавов, в том числе изделий из циркония, стали и т.д., характеризующихся более высокой твердостью: HB = 60 - 70 и HB = 70 - 100кгс/мм²

соответственно;

способ не обеспечивает комплексную обработку изделий, т.к. не включает операции по механизированному полированию, а операция по обработке на бязевых кругах с применением ручного труда мало эффективна и практически не улучшает качество поверхности обрабатываемых изделий.

В основу заявляемого изобретения поставлена задача усовершенствования способа механизированной обработки изделий за счет расширения ассортимента последних, так как позволяет обрабатывать изделия не только из мягких и хрупких материалов, таких как, например, янтарь, но также из металлов и их сплавов, например, нержавеющей стали 12Х18Н10Т, циркония, мельхиора МНЦ 15 - 20, исключая при этом ручной труд, т.к. операция полирования полностью механизирована. Благодаря использованию другого наполнителя в вибрационной установке, и другой полировальной пасты, а также оптимальным количественным содержанием шлифовальных и полировальных смесей обеспечивается возможность в едином технологическом цикле осуществить виброшлифование и механизированное полирование, удаление заусениц, скругление кромок, снизив шероховатость поверхности до 0,022 - 0,029 мкм, т.к. изделия и абразив в рабочей среде подвергаются одновременно соударениям, скольжениям и другим взаимным перемещениям.

Поставленная задача решается тем, что в способе механизированной обработки изделий, преимущественно металлических, например, из циркония, нержавеющей стали, мельхиора и т.п., включающий загрузку их в вибрационную установку вместе с наполнителем, водосмываемой абразивной пастой, содержащей поверхностно-активные вещества и водой, отделение изделий и полирование. Согласно настоящему изобретению механизированную обработку в вибрационной установке проводят с использованием металлического наполнителя в виде проволоки, отвечающей по твердости материалу обрабатываемых изделий с косым срезом диаметром 3 - 4 мм, длиной 6 - 8 мм при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Обрабатываемые изделия	15 - 18,8
Металлический наполнитель	80 - 83,0
Водосмываемая абразивная паста с поверхностно-активным веществом	0,6 - 1,0
Вода	0,6 - 1,0

При этом в качестве водосмываемой абразивной пасты с поверхностно-активным веществом может быть использована паста, содержащая вес. % к сухому весу: микрошлифпорошок, белый электрокорунд М14 65 - 85; олеиновая кислота реактивная 11 - 24,5; триэтаноламин 3 - 6,8 и кремния двуокись аморфная 1 - 3,7 (Авт. св. СССР №1613473, кл. С09К3/14, 1990) - [5].

Механизированное полирование осуществляют посредством вращения изделий в разных плоскостях, например, в центробежно-планетарной установке, используя наполнитель из отходов сыромятной кожи и древесных опилок, а также водосмываемую полировальную пасту следующего состава, мас. %: порошок полировальный ПФ оптический 70 - 86; олеиновая

кислота реактивная 9,1 - 17,0; триэтаноламин 2,5 - 4,7; глина бентонитовая 1,3 - 4,5; двуокись кремния аморфная 1,0 - 3,3 и триэтиленгликоль 0,1 - 0,5 [3] при следующем соотношении компонентов полировальной смеси, мас. %:

Обрабатываемые изделия	8 - 11
Наполнитель	
кожаные отходы	44,1 - 45,2
древесные опилки	44,1 - 45,2
Полировальная паста	0,8 - 1,6

Отличительные особенности предлагаемого технического решения:

осуществление комплексной механизированной обработки изделий преимущественно из металлов и их сплавов (цирконий, нержавеющая сталь 12Х18Н10Т, мельхиор МНЦ 15 - 20 и др.), включающей виброшлифование и механизированное полирование в центробежно-планетарной установке;

проведение перемешивания в вибрационной установке;

при измененном соотношении компонентов (мас. %): изделия 15 - 18,8, наполнитель 80 - 83, абразивная паста 0,6 - 1, вода 0,6 - 1 (по прототипу: изделия 44 - 50, наполнитель 43 - 51, абразивная паста 1,5 - 5 и вода 1,5 - 4);

при использовании в качестве наполнителя металлической проволоки с косым срезом под углом 40 - 45°, диаметром 3 - 4 мм, длиной 6 - 8 мм, отвечающей по твердости материалу обрабатываемых изделий;

при использовании в качестве абразивной пасты состава [5] с зернистостью электрокорунда М10;

проведение полирования изделий в центробежно-планетарной установке полировальной пастой с составом [3] и наполнителем из измельченных отходов сыромятной кожи и древесных опилок при соотношении мас. %: изделия 8 - 11, кожаные и древесные отходы по 44,1 - 45,2 и полировальная паста 0,8 - 1,6.

Указанные особенности позволяют осуществить полный процесс комплексной механизированной обработки металлических изделий, совместив в едином технологическом цикле удаление заусениц и окалины, скругление кромок, грубое и тонкое шлифование и полирование, а также повысить качество поверхности изделий, улучшив параметр шероховатости до 0,022 - 0,029 мкм.

Эффективность способа механизированной обработки изделий достигается с помощью направленных вибраций и центробежно-планетарного вращения в выбранных режимах за счет интенсивного перемешивания введенных в рабочую зону изделий и компонентов, взятых в оптимальных соотношениях, равномерного распределения и обволакивания пасты по поверхности изделий и наполнителя. При этом при соударении, скольжении и взаимном перемещении в рабочей среде изделий и абразива, находящегося в плакированном тонком слое, в зоне контактирования происходят процессы микрорезания, пластичного деформирования, съема микрослоя материала, очистки и сглаживания неровностей микрорельефа на поверхности обрабатываемых изделий а соответствии с эффектом Ребиндера.

Использование в качестве наполнителя проволоки из металлического материала, твердость которого соответствует твердости материала изделий обеспечивает лучшее качество обработки, а также применение пасты [5] с микрошлифпорошком белого электрокорунда зернистостью М10, обладающей поверхностно-активным и адсорбционным действием, облегчен процесс виброшлифования и улучшает качество поверхности обрабатываемых изделий.

Использование при механизированном полировании пасты с составом [3], характеризующейся высокими адсорбционными и абразивными свойствами и химической активностью, препятствует слипанию компонентов, стимулирует полирование и улучшает качество изделий. Применение кожаных и древесных отходов способствует улучшению процесса полирования и удешевляет его.

Введение абразивной полировальной пасты ниже указанных пределов уменьшает съем металла и снижает эффективность обработки, а более высокие их количества не рациональны, снижают эффект диспергирования и ухудшают качество обработки. Применение электрокорунда с зернистостью М10 и металлического наполнителя с размером выше указанных значений приводит к образованию царапин и затрудняет процесс последующего полирования, а применение более мелких - снижает абразивное действие пасты. При содержании наполнителя (металлического, кожаного, древесного) и воды выше указанных значений снижается производительность, а при их уменьшении нарушается режим обработки из-за недостаточной твердости, вязкости и смачивания среды.

Для осуществления способа используют недефицитные материалы, стандартные реактивы и оборудование, выпускаемые отечественной промышленностью.

Для этого используют металлическую проволоку, измельченные кожаные отходы, древесные опилки и воду.

Абразивную пасту получают согласно [5] смешиванием олеиновой кислоты реактивной 11 - 24,5мас.%, двуокиси кремния аморфной 1 - 3,7мас.% и триэтаноламина 3 - 6,8мас.% до образования однородной гелеобразной массы. Массу перемешивают с порошком белого электрокорунда М10 65 - 85мас.% в течении 10мин.

Полировальную пасту получают согласно [3] смешиванием олеиновой кислоты реактивной 9,1 - 17мас.%, триэтаноламина 2,5 - 4,7мас.% и порошка полировального оптического 70 - 86мас.% до однородной массы. Массу смешивают с бентонитовой глиной 1,3 - 4,5мас.% и смесью двуокиси кремния аморфной 1 - 3,3мас.% и триэтиленгликоля 0,1 - 0,5мас.%, после чего пасту перемешивают в механическом смесителе 15 - 20мин.

Для осуществления способа применяют тороидальную вибрационную установку типа ТВУ-5, ТВУ-10, ТВУ-80 и центробежно-планетарную установку типа ЦПУ-475.

Определение физико-механических параметров проводят по стандартным методикам на приборах: профилограф-профилометр мод. 201 и микротвердометр ПМТ-3.

Осуществление способа иллюстрируется

следующими примерами.

Пример 1. В контейнер емкостью 5л установки ТВУ-5 загружают заготовки, вырезанные из листового металлического циркония в количестве 18,8мас.%, проволоку из циркония (усеченной формы с косым срезом, диаметром 3мм, длиной 6мм), 80мас.%, абразивную пасту 0,6мас.% и воду 0,6мас.%.

Режим работы ТВУ: амплитуда колебания контейнера 0,3 - 1,5мм, частота вращения вала 1500 оборотов/мин, продолжительность 1,5ч.

После отделения от наполнителя и абразивной смеси заготовки в количестве 11мас.% загружают в установку ЦПУ-475, добавляя кожаный наполнитель 44,1мас.%, древесные опилки и стружки 44,1мас.% и полировальную пасту 0,8мас.%. Режим работы ЦПУ: частота вращения планшайбы с контейнерами 480об./мин по направлению против движения часовой стрелки, частота вращения контейнеров 50об./мин в противоположном направлении, продолжительность 1ч. В этом случае одна центробежно - планетарная установка с 4 - мя контейнерами емкостью по 5л обеспечивает обработку заготовок после двух установок ТВУ-5.

Изделия отделяют от полировальной смеси.

Полученные изделия не имеют заусениц, окалины и следов обработки, их кромки округлены, поверхность отполирована. Данные по составам шлифовальных и полировальных смесей помещены в табл.1, а технологические характеристики способа - в табл.2 (см. приложения 1 и 2).

Пример 2. В установку ТВУ-5 загружают изделия из стали 12Х18Н10Т 16,4мас.%, металлический наполнитель из стальной проволоки 12Х18Н9Т диаметром 4мм и длиной 8мм 82мас.%, абразивную пасту 0,8мас.% и воду 0,8мас.%. Режим работы ТВУ: амплитуда колебания контейнера 0,5 - 2,5мм, частота вращения вала 1500об./мин, продолжительность 1,5ч.

В установку ЦПУ-475 помещают заготовки 9мас.%, кожаный наполнитель и древесные опилки по 45мас.% и полировальную пасту 1мас.%. Режим работы ЦПУ: частота вращения планшайбы с контейнерами 530об./мин, частота вращения контейнеров 60об./мин, продолжительность 1,5ч, остальное, как в примере 1.

Качество поверхности полученных изделий высокое, царапин и следов обработки нет.

Пример 3. В установку ТВУ-5 загружают заготовки из циркония 17,2мас.%, металлический наполнитель диаметром 4мм, с косым срезом длиной 7мм 81,2мас.%, абразивную пасту 0,9мас.% и воду 0,7мас.%. В установку ЦПУ-475 загружают заготовки 10,1мас.%, кожаные отходы 44,2мас.%, древесные стружки 44,4мас.% и полировальную пасту 1,3мас.%. Режим работы установок, как в примере 2. Остальное, как в примере 1.

Царапин и следов обработки на поверхности полученных изделий нет.

Пример 4. В установку ТВУ-80 (емкость контейнера 80л) загружают 15мас.% заготовок из мельхиора, 83мас.% проволоки из мельхиора диаметром 3мм длиной 8мм с косым срезом и по 1мас.% абразивной пасты и воды. Режим работы

ТВУ-80: амплитуда колебания контейнера 1 - 3мм, частота вращения вала 3000об./мин, продолжительность 1,5ч.

В установку ЦПУ-475 загружают 8мас.% заготовок, по 45,2мас.% кожаных и древесных отходов и 1,6мас.% полировальной пасты. Режим работы ЦПУ: частота вращения планшайбы с контейнерами 580об./мин, частота вращения контейнеров 70об./мин, продолжительность 1ч. Остальное, как в примере 1.

Качество поверхности полученных изделий высокое, следов обработки нет.

Примеры 5 - 10, выходящие за пределы предлагаемого способа:

Пример 5. Осуществляют загрузку ТВУ-5: 14,9мас.% заготовок из циркония 83,1мас.%, проволоки из циркония диаметром 2 и длиной 4,5мм, по 1мас.% абразивной пасты и воды.

В установку ЦПУ-475 помещают 7,9мас.% заготовок, по 45,2мас.% кожаного и древесного наполнителя и 1,7мас.% полировальной пасты. Остальное, как в примере 1. На отдельных изделиях наблюдаются следы обработки.

Пример 6. В вибрационную установку загружают 14мас.% заготовок из стали 12Х18Н10Т, 83,8мас.%, стальной проволоки диаметром 2мм и длиной 3мм, 1,1мас.% абразивной пасты и 1,1мас.% воды. В центробежно-планетарную установку помещают 8,7мас.% заготовок, 45,3мас.% кожаных отходов, 45мас.% древесных отходов и 1мас.% полировальной пасты. Остальное, как в примере 1.

На изделиях имеются следы механической обработки.

Пример 7. В виброустановку загружают 16,4мас.% стальных заготовок 82,3мас.%, стальной проволоки (03,5 × 4мм), 0,5мас.% абразивной пасты и 0,8мас.% воды. В центробежно-планетарную установку помещают 11,3мас.% заготовок, по 44мас.% кожаных и древесных отходов и 0,7мас.% полировальной пасты. Время работы установок по 2ч, режим их работы, как в примере 2. Остальное, как в примере 1.

На изделиях заметны царапины и раковины.

Пример 8. В виброустановке перемешивают 16,4мас.% стальных заготовок, 82,3мас.% стальной проволоки (04 × 7,5мм), 0,8мас.% абразивной пасты и 0,5мас.% воды. В центробежно-планетарной установке обрабатывают 9мас.% заготовок, 45,1мас.% кожаных отходов, 45,3мас.% древесных опилок и стружек и 0,6мас.% полировальной пасты. Режим работы установок, как в примере 2, время их работы по 2ч. Остальное, как в примере 1.

На изделиях имеются следы обработки.

Пример 9. В вибрационной установке перемешивают 18,5мас.% заготовок из циркония, 79,9мас.% проволоки диаметром 2,5мм и длиной 5мм и по 0,8мас.% абразивной пасты и воды. В центробежно-планетарной установке обрабатывают 11,1мас.% заготовок, 45мас.% измельченных кожаных отходов, 42,9мас.% древесных отходов и 1мас.% полировальной пасты. Режим работы, как в примере 1.

На изделиях заметны следы обработки, царапины.

Пример 10. В виброустановке обрабатывают 18,9мас.% заготовок из мельхиора, 79,5мас.% мельхиоровой проволоки диаметром 4 и длиной

8мм и по 0,8мас.% остальных компонентов. В центробежно-планетарной установке обрабатывают 11,2мас.% заготовок, 43мас.% кожи, 45мас.% древесных отходов и 0,8мас.% пасты. Режим работы, как в примере 4. Остальное, как в примере 1.

На изделиях имеются следы механической обработки и царапины.

Лучшие результаты при механизированной обработке изделий получены (см. примеры 1 - 4) за счет выбора наиболее благоприятных составляющих рабочих шлифовальных и полировальных смесей: Таким образом, оптимальной шлифовальной смесью при виброобработке является, мас.-%: изделия 15 - 18,8; металлический наполнитель с косым срезом 80 - 83; абразивная паста и вода 0,6 - 1,0. Оптимальная полировальная смесь, мас.-%: изделия 8 - 11; наполнитель (кожаные и древесные отходы) 44,1 - 45,2; полировальная паста 0,8 - 1,6.

Предлагаемый способ механизированной обработки изделий по сравнению с существующим (прототипом) обеспечивает следующие технические результаты и преимущества:

осуществление комплексной механизированной обработки металлических изделий (цирконий, нержавеющая сталь, мельхиор и др.), совмещающее удаление заусениц и окалины, округление кромок, глубокое и тонкое шлифование и полирование за счет проведения перемешивания в вибрационной и полирования в центробежно-планетарной установках, установление оптимальных соотношений составляющих рабочей смеси (по прототипу: тонкое шлифование и полирование не проводится);

повышение качества изделий - улучшение параметра шероховатости в 5 - 9,5 раз в результате проведения комплексной механизированной обработки в оптимальных условиях (по предлагаемому способу: параметр шероховатости 0,022 - 0,029мкм, по прототипу: 0,15 - 0,21мкм);

увеличение производительности в 2 - 4 раза за счет осуществления комплексной механизированной обработки в оптимальных условиях (по предлагаемому способу: 1,2 - 1,8кг/ч изделий, по прототипу: 0,6 - 0,9кг/ч при одинаковой емкости контейнера);

многократное использование рабочей смеси для полирования (не менее 5 - 6 раз) в результате увеличения ее срока службы, обусловленное выбором наполнителя, его обволакивания пастой предлагаемого состава с выраженным адсорбционным и диспергирующим эффектом.

Предлагаемое изобретение опробовано в промышленных условиях при механизированной обработке изделий из циркония - корпуса часов, серьги, браслеты, кольца и чайные ложки (г.Глазов, Россия, МП "Цирконий"). Способ механизированной обработки коронок и протезов из нержавеющей стали проведен на Сырдарьинской областной стоматполиклинике (г.Гулистан, Узбекистан). По этому способу обрабатывались столовые и десертные ложки из мельхиора (г.Киев, СП "Проминь-ЭКСПО"). Предлагаемый способ механизированной обработки изделий обеспечивает значительное

увеличение производительности, повышение качества поверхности обрабатываемых изделий и улучшение эстетического вида готовой продукции.

№№ пара-метра	Материал изделий	Обработка в вибрационной установке				
		Количество компонентов, мас. %				
		Изделия	Наполнитель		Паста по а.с. № 1613473	Вс
Диаметр и длина мм	Количество					
Предлагаемые						
1	Цирконий	18.8	3 6	80	0.6	0
2	Сталь 12х18Н10Т	16.41	4 8	82	0.8	0
3	Цирконий	17.2	4 7	81.2	0.9	0
4	Мельхиор МНЦ 15-20	15.0	3 8	83	1.0	1
Параметры, выходящие за пределы						
5	Цирконий	14.9	2 4.5	83.1	1	
6	Сталь 12х18Н10Т	14	2 3	83.8	1.1	1
7	Тот же	16.4	2.5 4	82.3	0.5	0
8	Тот же	16.4	4 7.5	82.3	0.8	0
9	Цирконий	18.5	2.5 5	79.9	0.8	0
10	Мельхиор МНЦ 15-20	18.9	4 8	79.5	0.8	0
Известные с						
прото-тип А.С. № 183701	Янтарь	44-50	мельхиор /3.5: 8-15/кожа /10-15х3-5хх2-3/≈2:1	43-51	Электрокорунд+триэтиленгликоль 1.5-5	Обра-ем р 1.

Аналог [1]		Удаление заусениц и шлифование вручную					
Аналог [2]	Сталь углеродистая	30-35	-	-	Абразив+кислота+купорос+уротропин 65-70	-	-
Аналог [3]	Сталь, латунь Ra = 1.25-1.35 мкм	-	-	-	-	-	-

№№ примера	Обрабатываемые изделия	Характеристика поверхности изделий
Предлагаемый способ		
Пример 1	Цирконий	Ровная, отполированная и следов обработки
Пример 2	12х18Н10Т	То же
Пример 3	Цирконий	То же
Пример 4	Мельхиор МНЦ 15-20	То же
Примеры, выходящие за пределы предлагаемого		
Пример 5	Цирконий	На отдельных изделиях царапины и следы обработки
Пример 6	12х18Н10Т	Есть царапины и отдельные риски
Пример 7	12х18Н10Т	Есть царапины, раковины
Пример 8	12х18Н10Т	Есть царапины, следы обработки
Пример 9	Цирконий	Есть отдельные царапины
Пример 10	Мельхиор МНЦ 15-20	Есть царапины и раковины
Известные способы		
Прототип	Янтарь	Царапин и следов обработки нет
Базовый способ (аналог [1])	Цирконий	Царапин, сколов и раковин нет
	Заготовка+кожа /5-10х2-3 мм, 45°/ 80-85	15-20 1.5-2.0