

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202293364** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.04.03

(22) Дата подачи заявки
2020.06.05

(51) Int. Cl. *C22C 23/06* (2006.01)
C22C 1/02 (2006.01)
C22F 1/06 (2006.01)
C25F 3/18 (2006.01)
C23C 22/34 (2006.01)

**(54) БИОРАЗЛАГАЕМАЯ АНАСТОМОЗНАЯ СКОБА ИЗ МАГНИЕВОГО СПЛАВА ДЛЯ
ЛОКАЛЬНОГО КОМПОЗИТИРОВАНИЯ И МЕТОД ЕЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

(86) PCT/CN2020/094574

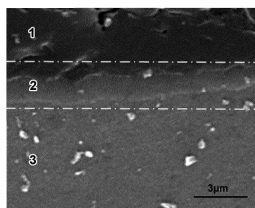
(87) WO 2021/243684 2021.12.09

(71) Заявитель:
**СИЧУАН МЕГАЛЛ МЕДИСАЛ
ДЕВИСЕС СО., ЛТД (CN)**

(72) Изобретатель:
Ма Чжэн, Тань Лили, Ян Кэ (CN)

(74) Представитель:
Рыбина Н.А. (RU)

(57) Изобретение относится к технологиям биомедицинских материалов и, в частности, представляет биоразлагаемую анастомозную скобу из магниевого сплава для локального композитирования и метод ее изготовления. Данная анастомозная скоба представляет собой композитный материал, который в основном состоит из двух частей, в том числе внутренняя часть состоит из высокопрочного и пластического сплава Mg-Zn-Nd, а внешняя часть - из коррозионно-защитного MgF₂. Композитный материал создан посредством локального композитирования MgF₂ на основе наружного слоя анастомозной скобы из магниевого сплава Mg-Zn-Nd. Композитная анастомозная скоба из магниевого сплава по настоящему изобретению, обладающая лучшей способностью к пластической деформации и механической прочностью, низкой скоростью разложения, превосходной биобезопасностью, отвечает требованиям имплантации анастомозной скобы в организм. Скоба может постепенно разлагаться в организме после достижения медицинских эффектов в организме, в итоге чего, нет необходимости провести вторичную операцию по удалению имплантата.



A1

202293364

202293364

A1

Биоразлагаемая анастомозная скоба из магниевого сплава для локального композитирования и метод ее изготовления

Техническая область

Настоящее изобретение относится к технологиям биомедицинских материалов, и, в частности, представляет биоразлагаемую анастомозную скобу из магниевого сплава для локального композитирования и метод ее изготовления.

Предыдущий уровень техники

Имеющиеся в настоящее время скобы из титанового сплава не поддаются биологическому разложению и являются инородными телами в организме человека. Их длительное пребывание в организме может с большой вероятностью привести к воспалению, медленному заживлению, сенсibilизации, канцерогенезу и другим побочным реакциям. Для удаления имплантата после восстановления или заживления больных тканей организма приходится провести повторную операцию, что сопряжено с дополнительными операционными рисками, экономическим давлением и физиологическими страданиями у пациента.

Магнийевый сплав поддается разложению. Использование подверженных коррозии свойств магния в окружающей среде организма способствует достижению медицинских клинических целей, связанных с постепенным биологическим разложением имплантатов из магниевого сплава в организме до их окончательного исчезновения. По сравнению с традиционными имплантированными металлами, использование магниевого сплава предусматривает возможность избежать вторичной операции по удалению имплантата и снизить психологическую и экономическую нагрузку на пациентов, но остаются неразрешенными такие проблемы, как слишком большая скорость разложения, а также низкая механическая прочность и пластичность.

Патенту номеру объявления о его выдаче № CN106086562B представляет метод легирования, с помощью которого можно изготовить анастомозную скобу из магниевого

сплава, содержащего порошок Zn, Mn, Sn, Ag и HA. Указанный метод в определенной степени улучшает коррозионную стойкость и пластичность сплава. Однако процесс изготовления является более или менее сложным, а непосредственное получение анастомозной скобы путем экструзионного формования представляет большую сложность. В настоящее время не поступало заметок о реализации указанного изобретения в научной литературе. Патент по номеру объявления о его выдаче № CN 201617885 U описывает возможность в значительной степени улучшать коррозионную стойкость, прочность и твердость анастомозной скобы путем нанесения керамических, металлических и оксидных покрытий на ее поверхности. Однако твердое покрытие скобы легко отпадает в процессе деформации и анастомозирования, что влияет на эффект ее использования. Патент по номеру объявления о его выдаче № CN 105326535 A представляет метод нанесения фармацевтического покрытия на поверхность анастомозной скобы, которое имеет биологические функции, такие как антибактериальная инфекция, гемостаз и ингибирование рестеноза сосуда, но принципиально не решает проблему соответствия механических свойств биоразлагаемой скобы скорости разложения.

Содержание изобретения

Цель настоящего изобретения заключается в том, чтобы представить биоразлагаемую анастомозную скобу из магниевого сплава для локального композитирования и метод ее изготовления, который решает проблемы, связанные с большой скоростью разложения, низкой механической прочностью и пластичностью биоразлагаемой скобы из магниевого сплава.

Техническим решением настоящего изобретения является:

Биоразлагаемая анастомозная скоба из магниевого сплава для локального композитирования отличается тем, что анастомозная скоба представляет собой композитный материал, который в основном состоит из двух частей, в том числе внутренняя часть состоит из высокопрочного и пластического сплава Mg-Zn-Nd, а внешняя часть - из коррозионно-защитного MgF_2 . Композитный материал создан посредством локального композитирования MgF_2 на основе наружного слоя анастомозной скобы из магниевого сплава Mg-Zn-Nd.

В отношении к указанной биоразлагаемой анастомозной скобе из магниевого сплава для локального композитирования, химический состав и содержание скобы из магниевого сплава

Mg-Zn-Nd в весовых процентах составляют Zn - 0,2%-3,0%, Nd - 0,2%-2,3%, а остальное - Mg.

Далее химический состав и содержание анастомозной скобы из магниевого сплава Mg-Zn-Nd в весовых процентах составляют Zn - 1,0%-3,0%, Nd - 0,2%-1,0%, а остальное - Mg.

В отношении к указанной биоразлагаемой анастомозной скобе из магниевого сплава для локального композитирования, скоба из магниевого сплава Mg-Zn-Nd имеет следующие технические показатели в весовых процентах: прочность на растяжение в пределах 260-320 МПа, предел текучести в диапазоне 170-240 МПа, коэффициент удлинения в пределах 20-33%.

В отношении к указанной биоразлагаемой анастомозной скобе из магниевого сплава для локального композитирования, толщина сплава MgF_2 , выполняющего коррозионную защиту на наружном слое, составляет 1,0 мкм-3,3 мкм.

Указанный метод изготовления биоразлагаемой анастомозной скобы из магниевого сплава для локального композитирования состоит из следующих операций:

(1) плавление чистого магния, Zn и Nd в требуемой пропорции для получения магниевого сплава, изготовление слитка магниевого сплава путем литья, гомогенизация слитка для термической обработки при температуре 300-450°C в течение 3-7ч;

(2) слиток из магниевого сплава с этапа (1) очищают для удаления поверхностных дефектов и примесей и выдавливают в прутки диаметром 8-10 мм при коэффициенте экструзии 60-80:1 и температуре экструзии 390-470 °C;

(3) изготовление проволоки диаметром 0,2-0,6 мм путем холодного волочения прутка магниевого сплава с этапа (2), проведение термической обработки с отжигом при температуре 280-330°C с выдержкой в течение 30-120 мин;

(4) изготовление U-образной анастомозной скобы из проволоки магниевого сплава с этапа (3);

(5) электролитическая полировка анастомозной скобы из магниевого сплава с этапа (4), устранение поверхностных дефектов, просушка после ультразвуковой очистки;

(6) погружение анастомозной скобы с этапа (5) в плавиковую кислоту для локального композитирования MgF_2 , при этом массовая концентрация плавиковой кислоты составляет от 20% до 60%, время - от 3 ч до 200 ч, а температура обработки - от 20°C до 35°C;

(7) анастомозная скоба из магниевого сплава для локального композитирования с этапа (6)

подвергается ультразвуковой очистке, просушке, вакуумированию и герметизации.

В отношении к указанному методу изготовления биоразлагаемой анастомозной скобы из магниевового сплава для локального композитирования, на этапе (4) изогнутая часть U-образной анастомозной скобы имеет овальную форму, при этом общая длина анастомозной скобы составляет 10-15 мм, высота - 3-6 мм, а диаметр ее торца - 0,20-0,35 мм.

В отношении к указанному методу изготовления биоразлагаемой анастомозной скобы из магниевового сплава для локального композитирования, на этапе (5) используется электролитическая тонкая полировка, а полировальная жидкость представляет собой смесь с объемным соотношением эфира этиленгликоля: абсолютного этанола: фосфорной кислоты = 1:2:2. Время полировки составляет 1-10 мин, напряжение - 10-20 В, а массовая концентрация фосфорной кислоты - 85%.

Идея настоящего изобретения заключается в следующем:

Настоящее изобретение предназначено для решения проблем, связанных с применяемыми в настоящее время анастомозными скобами из титанового сплава, которые не поддаются разложению и легко могут вызвать инфекцию и другие проблемы из-за их длительного пребывания в организме человека. Настоящее изобретение позволяет изготовить анастомозную скобу из композита на основе магния, в состав которого входят легирующие элементы Zn и Nd, способствующих повышению прочности и пластичности сплава. Для решения проблемы, связанной со слишком большой скоростью разложения анастомозной скобы из магниевового сплава, используется технология химического локального композитирования для композитирования материалов из фторида магния и оксида магния в самом внешнем слое скобы на основе магния, а также для повышения коррозионной стойкости скобы.

Композитная анастомозная скоба на основе магния по настоящему изобретению содержит легирующие элементы Zn и Nd. Zn в Mg может привести к заметному растворению в твердом веществе и упрочению при старении, повышению прочности сплава, эффективному и гибкому изменению направления скольжения цилиндра из сплава и улучшению способности к пластической деформации и производительности обработки магниевового сплава. Zn - необходимый микроэлемент в организме человека, который участвует в белковом и ферментативном метаболизме, имеет тесные связи с

функционированием нервной системы и поддержанием иммунных органов, а также обладает высокой степенью биобезопасности. Растворимость Nd в магнии в твердом состоянии составляет 3,6%, что позволяет усилить и улучшить свойства волочения и коррозионную стойкость магниевых сплавов путем термической обработки на твердый раствор, и параллельно улучшить прочность и пластичность магниевых сплавов за счет измельчения зерна. Клинические исследования показывают, что адекватное количество редкоземельных элементов может способствовать пролиферации остеобластов, защищать нервную систему, оказывать антикоагулянтное действие, предотвращать атеросклероз, лечить диабет, бороться с раком, оказывать противовоспалительное и обезболивающее действие. Только при избытке редкоземельных элементов возможно вызвать определенные неблагоприятные последствия для человеческого организма. Кроме того, фтор, введенный в технологию локального композитирования, является одним из важных микроэлементов в организме человека. Фтор может стимулировать пролиферацию остеобластов, способствовать отложению минералов в губчатой кости и усвоению железа и росту костей и зубов, улучшать возбудимость нервной системы и играть активную антивозрастную роль. Китайское общество питания опубликовало данные о безопасном и приемлемом потреблении фтора для взрослых на уровне 1,5 - 4,0 мг.

Преимуществами и положительными эффектами настоящего изобретения является следующее:

1. Ввиду существующих проблем, связанных с высокой скоростью разложения, слабой силой связывания покрытия, низкой механической прочностью и слабой пластичностью биоразлагаемой скобы из магниевых сплавов, в настоящем изобретении используется стратегия легирования для получения сплава Mg-Zn-Nd. После холодного волочения и термообработки механическая прочность и пластичность сплава будут улучшены, и, в итоге из него изготавливают анастомозную скобу с последующим использованием технологии локального композитирования фторида магния, так что разработанная анастомозная скоба обладает повышенной коррозионной стойкостью и биобезопасностью, а указанная изобретенная анастомозная скоба может в большей степени удовлетворить требованиям к использованию *in vivo*.

2. Анастомозная скоба из магниевых сплавов по настоящему изобретению, обладающая

как лучшей биобезопасностью, механическими свойствами, так и пластичностью, отличной коррозионной стойкостью, отвечает требованиям к использованию анастомозной скобы. Указанная скоба может постепенно разлагаться в организме после достижения медицинских эффектов, в итоге чего нет необходимости провести вторичную операцию по удалению имплантата.

3. Композит на основе магния по настоящему изобретению способен улучшить механические свойства анастомозной скобы и достичь лучших параметров по коррозионной стойкости в целях удовлетворения требований к биоразлагаемым анастомотическим скобам медицинского назначения.

Пояснения приложенного чертежа

На рис. 1 представлена SEM-морфология композиционного материала на основе магния. На рисунке 2-ой слой представляет собой композит *in situ* MgF_2 , 3-ий слой - матрицу из магниевых сплава, а 1-й слой - эпоксидную смолу, необходимую для изготовления образца.

Конкретный способ осуществления

В процессе конкретной реализации настоящее изобретение использует технологию легирования в сочетании с волочением и локальным композитированием для получения биоразлагаемой анастомозной скобы с лучшей биобезопасностью, механическими свойствами и пластичностью, а также превосходной коррозионной стойкостью.

Ниже с помощью приложенных иллюстраций будем подробно описывать варианты реализации настоящего изобретения, которые реализуются на основе технического решения настоящего изобретения, с указанием подробного порядка реализации и конкретных операций, но сфера защиты изобретения не ограничивается нижеследующими вариантами реализации.

Пример реализации 1

В данном примере реализации метод изготовления анастомозной скобы заключается в следующем: плавление чистого магния, Zn (1%) и Nd (1%) в весовых процентах в жидкий металл, литье плоского слитка из расплавленного сплава, устранение поверхностных дефектов и удаление поверхностных примесей, гомогенизация плоского слитка для термической обработки при температуре 400°C в течение 4ч; получение прутка из магниевых сплава диаметром 10 мм методом горячей экструзии при температуре 430 °C (при коэффициенте

экструзии 70:1), получение проволоки диаметром 0,3 мм методом холодного волочения с отжиговой термической обработкой при температуре 300 °С в течение 60 минут. Изготовление U-образной анастомозной скобы из магниевого сплава, которая имеет овальную форму, при этом общая длина анастомозной скобы составляет 10-15 мм, высота - 3-6 мм, а диаметр ее торца - 0,20-0,35 мм. Анастомозная скоба подвергается электрополировке для удаления поверхностных дефектов и примесей. Полировальная жидкость представляет собой смесь с объемным соотношением эфира этиленгликоля: абсолютного этанола: фосфорной кислоты =1:2:2. Время полировки составляет 5 мин, напряжение - 15 В, а массовая концентрация фосфорной кислоты - 85%. Указанная скоба подвергается ультразвуковой очистке и просушке. Анастомозная скоба будет погружена в плавиковую кислоту для локального композитирования фторида магния, при этом массовая концентрация плавиковой кислоты составляет 35%, время композитирования при комнатной температуре - 6 ч. Скоба подвергается ультразвуковой очистке, просушке, вакуумированию и герметизации.

Механические свойства и данные о цитотоксичности анастомозной скобы в этом примере реализации показаны в таблице 1, а данные о коррозионных характеристиках приведены в таблице 2.

Пример реализации 2

В данном примере реализации метод изготовления анастомозной скобы заключается в следующем: плавление чистого магния, Zn (1,73%) и Nd (0,68%) в весовых процентах в жидкий металл, литье плоского слитка из расплавленного сплава, устранение поверхностных дефектов и удаление поверхностных примесей, гомогенизация плоского слитка для термической обработки при температуре 380 °С в течение 6 ч; получение прутка из магниевого сплава диаметром 10 мм методом горячей экструзии при температуре 420 °С (при коэффициенте экструзии 60:1), получение проволоки диаметром 0,3 мм методом холодного волочения с отжиговой термической обработкой при температуре 280 °С с выдержкой в течение 120 минут. Изготовление U-образной анастомозной скобы из магниевого сплава, которая имеет овальную форму, при этом общая длина анастомозной скобы составляет 10-15 мм, высота - 3-6 мм, а диаметр ее торца - 0,20-0,35 мм. Анастомозная скоба подвергается электрополировке для удаления поверхностных дефектов и примесей. Полировальная жидкость представляет собой смесь с объемным соотношением эфира этиленгликоля:

абсолютного этанола: фосфорной кислоты =1:2:2. Время полировки составляет 3 мин, напряжение - 20 В, а массовая концентрация фосфорной кислоты - 85%. Указанная скоба подвергается ультразвуковой очистке и просушке. Анастомозная скоба будет погружена в плавиковую кислоту для локального композитирования фторида магния, при этом массовая концентрация плавиковой кислоты составляет 40%, время композитирования при комнатной температуре - 7 ч. Скоба подвергается ультразвуковой очистке, просушке, вакуумированию и герметизации

Механические свойства и данные о цитотоксичности анастомозной скобы в этом примере реализации показаны в таблице 1, а данные о коррозионных характеристиках приведены в таблице 2.

Пример реализации 3

В данном варианте метод изготовления анастомозной скобы заключается в следующем: плавление чистого магния, Zn (1,6%) и Nd (0,7%) в весовых процентах в жидкий металл, литье плоского слитка из расплавленного сплава, устранение поверхностных дефектов и удаление поверхностных примесей, гомогенизация плоского слитка для термической обработки при температуре 420°C в течение 5 ч; получение прутка из магниевого сплава диаметром 10 мм методом горячей экструзии при температуре 410 °С (при коэффициенте экструзии 80:1), получение проволоки диаметром 0,3 мм методом холодного волочения с отжиговой термической обработкой при температуре 320 °С с выдержкой в течение 30 минут. Изготовление U-образной анастомозной скобы из магниевого сплава, которая имеет овальную форму, при этом общая длина анастомозной скобы составляет 10-15 мм, высота - 3-6 мм, а диаметр ее торца - 0,20-0,35 мм. Анастомозная скоба подвергается электрополировке для удаления поверхностных дефектов и примесей. Полировальная жидкость представляет собой смесь с объемным соотношением эфира этиленгликоля: абсолютного этанола: фосфорной кислоты =1:2:2. Время полировки составляет 6 мин, напряжение - 10 В, а массовая концентрация фосфорной кислоты - 85%. Указанная скоба подвергается ультразвуковой очистке и просушке. Анастомозная скоба будет погружена в плавиковую кислоту для локального композитирования фторида магния, при этом массовая концентрация плавиковой кислоты составляет 45%, время композирования при комнатной температуре - 8 ч. Скоба подвергается ультразвуковой очистке, просушке, вакуумированию и герметизации.

Механические свойства и данные о цитотоксичности анастомозной скобы в этом примере реализации показаны в таблице 1, а данные о коррозионных характеристиках приведены в таблице 2.

Таблица 1 Механические свойства и данные о цитотоксичности анастомозной скобы

	прочность на растяжение (МПа)	предел текучести (МПа)	коэффициент удлинения (%)	Цитотоксичность
Пример реализации 1	310,2	236,2	25	Уровень 0
Пример реализации 2	296,4	221,6	27	Уровень 0
Пример реализации 3	314,2	239,7	29	Уровень 0

Таблица 2 Данные о коррозионных характеристиках анастомозной скобы

	E0 (В)	Ic (А/см ²)	Rp (Ом/см ²)
Пример реализации 1	-1,56	5,23×10 ⁻⁷	3,65×10 ⁵
Пример реализации 2	-1,53	6,59×10 ⁻⁸	5,3×10 ⁵
Пример реализации 3	-1,49	3,59×10 ⁻⁸	6,8×10 ⁵

Как видно из таблиц 1 и 2, анастомозная скоба по настоящему изобретению обладает высокой прочностью на растяжение и превосходной пластичностью, которые могут соответствовать его механическим свойствам, а цитотоксичность анастомозной скобы составляет уровень 0, что указывает на то, что он обладает высокой цитосовместимостью.

Как показано на рис. 1, из SEM-морфологии композита на основе магния видно, что нет очевидного расслоения между матрицей композита и композитом *in situ* MgF₂, что, в отличие от традиционных покрытий, обеспечивает конструктивную и эксплуатационную стабильность материала, а композитный слой MgF₂ *in situ* повышает коррозионную стойкость сплава.

Результаты реализации в примерах показывают, что композитная анастомозная скоба из магниевых сплавов по настоящему изобретению, обладающая лучшей способностью к пластической деформации и механической прочностью, низкой скоростью разложения и превосходной биобезопасностью, отвечает требованиям имплантации анастомозной скобы в

организм. Указанная скоба может постепенно разлагаться в организме после достижения медицинских эффектов, в итоге чего нет необходимости провести вторичную операцию по удалению имплантата.

Первоначальная формула изобретения

1. Биоразлагаемая анастомозная скоба из магниевого сплава для локального композитирования отличается тем, что анастомозная скоба представляет собой композитный материал, который в основном состоит из двух частей, в том числе внутренняя часть состоит из высокопрочного и пластического сплава Mg-Zn-Nd , а внешняя часть - из коррозионно-защитного MgF_2 . Композитный материал создан посредством локального композитирования с MgF_2 на основе наружного слоя анастомозной скобы из магниевого сплава Mg-Zn-Nd .

2. Биоразлагаемая анастомозная скоба из магниевого сплава для локального композитирования, описанная в п.1 настоящих «Формул изобретения», отличается тем, что в весовых процентах химический состав и содержание анастомозной скобы из магниевого сплава Mg-Zn-Nd составляют $\text{Zn} - 0,2\%-3,0\%$, $\text{Nd} - 0,2\%-2,3\%$, а остальное - Mg .

3. Биоразлагаемая анастомозная скоба из магниевого сплава для локального композитирования, описанная в п.2 настоящих «Формул изобретения», отличается тем, что анастомозная скоба из магниевого сплава Mg-Zn-Nd имеет следующие технические показатели в весовых процентах: прочность на растяжение в пределах 260-320 МПа, предел текучести в диапазоне 170-240 МПа, коэффициент удлинения в пределах 20-33%.

4. Биоразлагаемая анастомозная скоба из магниевого сплава для локального композитирования, описанная в п.1 настоящих «Формул изобретения», отличается тем, что толщина сплава MgF_2 , выполняющего коррозионную защиту на наружном слое, составляет 1,0 мкм-3,3 мкм.

5. Метод изготовления биоразлагаемой анастомозной скобы из магниевого сплава для локального композитирования, описанная в п.п.1-4 настоящих «Формул изобретения», отличается тем, он состоит из следующих операций:

(1) плавление чистого магния, Zn и Nd в требуемой пропорции для получения магниевого сплава, изготовление слитка магниевого сплава путем литья, гомогенизация слитка для термической обработки при температуре 300-450°C в течение 3-7ч;

(2) слиток из магниевого сплава с этапа (1) очищают для удаления поверхностных

дефектов и примесей и выдавливают в прутки диаметром 8-10 мм при коэффициенте экструзии 60-80:1 и температуре экструзии 390-470 °С

(3) изготовление проволоки диаметром 0,2-0,6 мм путем холодного волочения прутка магниевых сплава с этапа (2), проведение термической обработки с отжигом при температуре 280-330°С с выдержкой в течение 30-120 мин;

(4) изготовление U-образной анастомозной скобы из проволоки магниевых сплава с этапа (3);

(5) электролитическая полировка анастомозной скобы из магниевых сплава с этапа (4), устранение поверхностных дефектов, просушка после ультразвуковой очистки;

(6) погружение анастомозной скобы с этапа (5) в плавиковую кислоту для локального композитирования MgF_2 , при этом массовая концентрация плавиковой кислоты составляет от 20% до 60%, время - от 3 ч до 200 ч, а температура обработки - от 20°С до 35°С;

(7) анастомозная скоба из магниевых сплава для локального композитирования с этапа (6) подвергается ультразвуковой очистке, просушке, вакуумированию и герметизации.

6. Метод изготовления биоразлагаемой анастомозной скобы из магниевых сплава для локального композитирования, описанный в п.5 настоящих «Формул изобретения», отличается тем, что на этапе (4) изогнутая часть U-образной анастомозной скобы имеет овальную форму, при этом общая длина анастомозной скобы составляет 10-15 мм, высота - 3-6 мм, а диаметр ее торца - 0,20-0,35 мм.

7. Биоразлагаемая анастомозная скоба из магниевых сплава для локального композитирования, описанная в п.5 настоящих «Формул изобретения», отличается тем, что на этапе (5) используется электролитическая тонкая полировка, а полировальная жидкость представляет собой смесь с объемным соотношением эфира этиленгликоля: абсолютного этанола: фосфорной кислоты = 1:2:2. Время полировки составляет 1-10 мин, напряжение - 10-20 В, а массовая концентрация фосфорной кислоты - 85%.

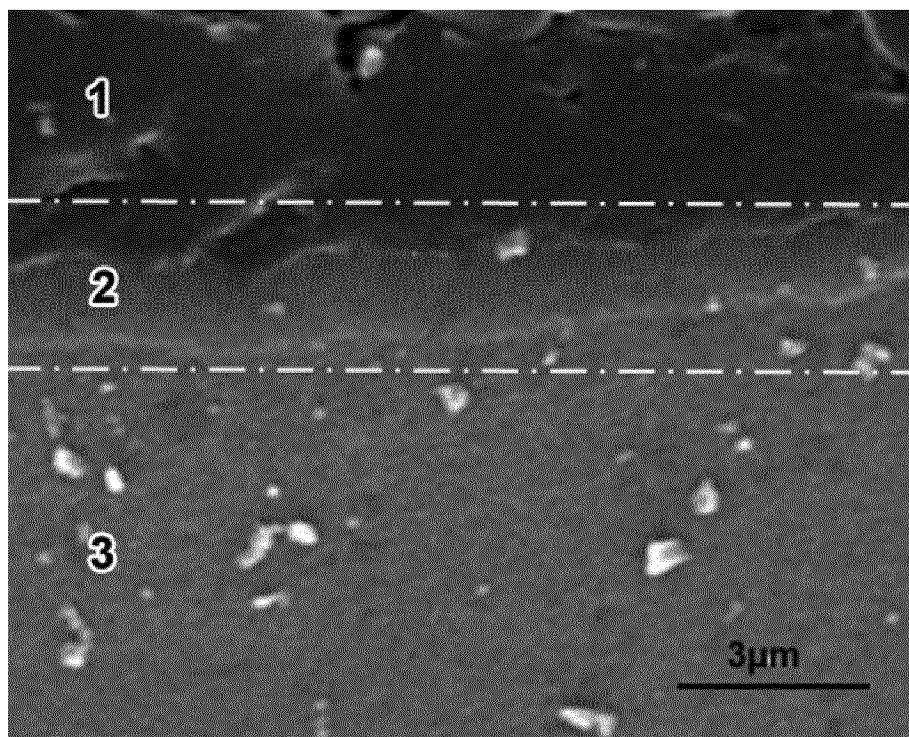


Рисунок 1