

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **041206**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.09.27

(21) Номер заявки
201790906

(22) Дата подачи заявки
2015.10.26

(51) Int. Cl. **C23C 14/28** (2006.01)
C23C 14/54 (2006.01)
C23C 28/02 (2006.01)
E21B 4/14 (2006.01)

(54) СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПЛАКИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЯ

(31) **2014904262; 2014904263**

(32) **2014.10.24**

(33) **AU**

(43) **2017.11.30**

(86) **PCT/AU2015/050664**

(87) **WO 2016/061636 2016.04.28**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ЛЭЙЗЕРБОНД ЛИМИТЕД (AU)

(72) Изобретатель:
Хупер Грегори (AU)

(74) Представитель:
**Поликарпов А.В., Путинцев А.И.,
Черкас Д.А., Игнатьев А.В. (RU)**

(56) **US-B2-8691329**
US-A1-20120118648
WO-A1-2014099211

(57) Изобретение относится к способу, системе или устройству для плакирования поверхности изделия, подверженного коррозионному, эрозионному или абразивному износу, такого как ударные или шлифовальные инструменты. Способ включает обеспечение запаса исходного материала и подачи исходного материала к части поверхности изделия посредством предназначенного для этого средства подачи. Предназначенный для этого источник тепла нагревает подаваемый исходный материал и часть поверхности изделия, так что нагретый исходный материал и часть поверхности по меньшей мере частично расплавляются. После удаления тепла расплавленный исходный материал и часть поверхности образуют связанный слой покрытия по меньшей мере на части поверхности изделия, защищая таким образом эту деталь сборки от износа.

B1**041206****041206****B1**

Область техники

Настоящее изобретение в общем относится к способу, системе и устройству для напыления металлургически связанных слоев на поверхности металлических основ путем лазерного напыления.

Изобретение в одной форме было разработано для применения по существу на цилиндрических компонентах такого типа, который используют в погружных пневматических бурильных молотках, и описано преимущественно в этом контексте. Однако нужно понимать, что изобретение не ограничено этой конкретной областью применения и потенциально применимо в широком диапазоне областей применения, в которых предпочтительно напыление поверхностных слоев на металлические основы.

Общей целью поверхностных покрытий является достижение заданных характеристик износостойкости или их улучшение, и настоящее изобретение описывают главным образом в связи с такими областями применения. Однако также необходимо понимать, что изобретение можно использовать для нанесения поверхностных слоев и покрытий с различными функциональными, конструкционными и эстетическими целями, включающими, но не ограниченными перечисленным, стойкость к износу или истиранию, теплоизоляцию, коррозионную и химическую стойкость, электропроводность или электросопротивление, медицинскую или биомедицинскую совместимость, экранирование радиочастотных/электромагнитных помех, цвет, профиль или структуру поверхности, размерное восстановление и косметический ремонт.

Уровень техники

Нижеследующее обсуждение предшествующего уровня техники предназначено для выражения изобретения в соответствующем техническом контексте и для обеспечения более полного понимания связанных с ним преимуществ. Однако необходимо понимать, что любые ссылки на предшествующий уровень техники не нужно истолковывать как выражение или предполагаемое допущение того, что такой уровень техники или любые связанные с ним недостатки или ограничения широко известны или являются частью обычного общего знания в данной области.

До сих пор использовали несколько способов для напыления износостойких слоев на металлические основы, включая технологии термического напыления, напыления и плавки и лазерного плакирования. Термическое напыление используют главным образом для нанесения материалов с высокими эксплуатационными характеристиками, таких как металлы, сплавы, полимеры, керамика и металлокерамика, на более легко обрабатываемые и менее дорогие материалы основы. Технология в основном включает плавление или термическое размягчение источника материала покрытия с помощью источника тепла и ускорение частиц нагретого материала покрытия по направлению к основе. После соударения с материалом основы образуется "нашлепка", которая повторяет неровности поверхности заранее подготовленного материала основы, образуя связь механического типа, сцепляясь с поверхностью основы. Покрытие получают путем перемещения материала основы, распыляющего устройства или обоих до тех пор, пока не достигают требуемой толщины и площади покрытия. Обычно толщина напыления составляет от 50 до 2000 мкм, в зависимости от используемых материалов и способа.

На качество покрытий, полученных с использованием способов термического напыления, влияет множество факторов, включая скорость расплавленных частиц при ударе, температуру частиц в течение их пути и при ударе, морфологию и состав наносимого материала, химическую и тепловую среду, воздействию которых подвергаются частицы в течение полета и при соударении с материалом основы, и свойства самого материала основы. Характеристики также изменяются в соответствии с конкретной используемой технологией термического напыления, примеры которой включают системы распыления проволоки при сгорании, распыления порошка при сгорании, кислородного топлива с высокой скоростью, детонационной пушки, электродугового распыления проволоки и распыления электродуговой плазмы.

Одно преимущество технологий термического напыления по сравнению с более традиционными способами покрытия и ремонта поверхности состоит в том, что их в общем считают способами "холодного" напыления в том смысле, что температура материала основы в большинстве случаев не превышает примерно 200°C. Это обеспечивает покрытие основ, которые обычно считаются непокрываемыми или неремонтируемыми путем сварки и других высокотемпературных способов. Однако эти технологии подвержены множеству внутренне присущих недостатков, включая относительно низкие прочности сцепления, относительно высокую пористость и относительно высокое содержание оксидов, следствием чего является чувствительность к коррозии и в особенности относительно высокие остаточные напряжения в покрытиях.

Эти остаточные напряжения могут сильно влиять на пороговые уровни деформации до разрушения напыленного покрытия и поэтому на несущую способность покрытия и на максимальную толщину покрытия до развития трещин и отслаивания. Эти ограничения делают эту технологию неподходящей для областей применения, в которых возможны высокие нагрузки, удары или сильно коррозионные условия. До некоторой степени эти факторы можно улучшить путем повышения скорости частиц в течение процесса напыления. Однако внутренне присущие проблемы, возникающие из-за окисления и случайной природы внутреннего напряжения в нанесенных покрытиях, в значительной степени остаются. Способ также является относительно неэффективным, поскольку эффективность напыления часто составляет

всего лишь 30% и в лучшем случае только около 70%.

В технологиях напыления и плавки обычно достигают износостойкого слоя путем первоначального напыления самофлюсующегося сплава, обычно Ni, Co или Fe с добавлениями Si или B, посредством изложенного выше способа термического напыления на подходящим образом подготовленный металл основы и затем нагрева и сплавления покрытия с металлом основы, образуя таким образом металлургическую связь. Обычная толщина покрытия составляет от 50 до 3000 мкм. Ввиду того, что температура плавления самофлюсующихся сплавов существенно ниже, чем у покрываемого металла основы, в течение процесса сплавления отсутствует требуемое плавление металла основы и металлургической связи достигают путем механизма межзеренного сплавления/когезии. Следовательно, отсутствует разбавление материалом основы или оно происходит в малой степени.

Однако, перед тем как можно выполнять сплавление, требуется нагрев прилегающих областей до относительно высокой требуемой температуры и это обычно выполняют с помощью нагревательных горелок. Распылительное сплавление в широкомасштабных применениях обычно требует технологического цикла обработки после сплавления, включающего высококвалифицированный персонал, одетый в теплозащитную спецодежду и защитные головные уборы. Способ включает предварительный нагрев ранее покрытой области до температуры выше 700°C и затем дополнительный нагрев для достижения температуры выше температуры плавления напыленного и приваренного сплава, которая обычно составляет от 950 до 1250°C, в зависимости от конкретного напыленного сплава, чтобы расплавить и сплавить материал покрытия, так чтобы он пропитал металлическую основу и образовал связь с ней. Недостаточный нагрев в течение процесса приводит к плохой прочности сцепления, при этом избыточное тепло может привести к тому, что покрытие станет слишком жидким и сползет или растечется. После сплавления скорость охлаждения обычно необходимо понизить, например, с помощью изолирующей среды, чтобы минимизировать опасность растрескивания. Таким образом, подразумеваются значительные усилия по разработке технологии и специальные знания, и способ является относительно затратным по времени и трудоемким.

Хотя обычно используемые самофлюсующиеся сплавы являются относительно стойкими к окислению и, как правило, исключают необходимость в использовании специальных атмосфер, тем не менее способ подвержен нескольким внутренне присущим недостаткам. Во-первых, он по сути является двухстадийным способом, обычно требующим, чтобы материал покрытия сперва нанесли в специально предназначенной для этого кабине термического напыления, и затем выполняли процесс сплавления в отдельной специально предназначенной для этого зоне сплавления. Поэтому способ является затратным по времени, дорогим, требует масштабной технологии и в широкомасштабных применениях требует вовлечения большого количества персонала. Успех или неудача способа сильно зависят от оператора. Требуемый нагрев в значительной степени является энергоемким и создает потенциально опасные производственные условия. Более того, температуры, достигаемые в течение операций как предварительного нагрева, так и сплавления, могут оказывать негативное воздействие на любую термическую обработку, ранее осуществленную на нижележащем компоненте или основе.

В технологиях лазерного плакирования используют энергию лазерного луча для образования металлургически связанного слоя на металлической основе. Лазеры, которые можно использовать для этой цели, включают CO₂, Nd:YAG, Nd:YVO₄, диодные, дисковые и волоконные лазеры.

Эта система дает множество преимуществ по сравнению с другими технологиями, включая изменяемую в широких пределах настройку энергии, сильные металлургические связи, более низкую степень разбавления металлом основы, меньшие зоны термического воздействия, пониженное вредное тепловое воздействие на материал основы и осажденный слой, минимальную деформацию и высокие скорости нагрева и охлаждения, что приводит к относительно мелким микроструктурам и метастабильным фазам.

Одной формой этой технологии, которая является особенно преимущественной в областях применения, требующих стойкости к истиранию и эрозионному износу, является одновременное плакирование матричного сплава и частиц твердой фазы с получением композиционной микроструктуры, в которой частицы твердой фазы сохраняют свою целостность в вязкой матрице. Эту структуру в общем называют композиционным материалом с металлической матрицей (КМММ). В абразивных и эрозионных средах сперва изнашивается материал вязкой матрицы, до тех пор пока становится недостаточно матричного материала, заключающего в себе частицы твердой фазы, после чего удаляются частицы твердой фазы. Поэтому в напыленном слое КМММ существуют области с неравномерно низким процентным распределением частиц твердой фазы, которые имеют более высокую скорость износа и, в конечном счете, ограничивают всю технологическую характеристику. Такие области составляют "слабое звено цепи" поверхностных покрытий этого типа.

Следовательно, все возможные преимущества технологий лазерного плакирования часто не реализуются на практике и не отражаются на реальной технологической характеристике.

Было обнаружено, что одна форма изобретения особенно хорошо приспособлена для применения в связи с погружным пневматическим бурильным молотком. Как хорошо известно специалистам, такие буры присоединяются к нижнему концу буровой штанги, чтобы вызвать пневматическое ударное действие, аналогичное действию пневматического молотка. Это быстрое ударное действие в сочетании с вра-

щением и направленным вниз давлением, прикладываемым к буру в сборе, раскалывает твердую породу на небольшие фрагменты, осколки и пыль, которые сдувают в сторону от бурильной головки воздухом, выпускаемым из механизма погружного пневматического молотка. Такие механизмы сильно ускоряют бурение твердой породы, даже когда используются в сочетании с относительно небольшими и портативными буровыми установками типа самоходного бурового агрегата.

Однако было обнаружено, что, хотя погружные пневматические бурильные молотки являются высокоэффективными для бурения пород, они подвержены относительно быстрому и часто преждевременному эрозионному износу, особенно в некоторых местах, включая передние кромки верхней части сборочного узла, корпус и зажимной патрон шпинделя и диаметр по краю бурильных головок. Также было обнаружено, что быстрый износ происходит в областях корпуса, подвергающихся зажимному действию бурильной установки, которое обеспечивает скручивающее перемещение корпуса и верхней части сборочного узла или зажимного патрона шпинделя в противоположных направлениях с выполнением ослабления или сжатия верхней части сборочного узла или зажимного патрона шпинделя по отношению к корпусу. После того как износ становится избыточным, погружной пневматический бурильный молоток в сборе необходимо извлечь и либо заменить его, либо привести в исправное состояние. Это само по себе является затратным по времени и дорогим процессом. Однако это также приводит к большому перерыву в бурении. Поэтому в этом контексте даже небольшое уменьшение скорости износа может быть весьма коммерчески выгодным.

Целью изобретения является преодоление или существенное улучшение одного или более недостатков или ограничений предшествующего уровня техники или по меньшей мере предоставление подходящей альтернативы.

Краткое описание изобретения

Согласно одному аспекту изобретения предложен способ плакирования поверхности изделия, включающий следующие стадии:

обеспечение запаса исходного материала, причем указанный исходный материал представляет собой композиционный материал с металлической матрицей, имеющий состав, включающий материал матрицы и армирующий материал, диспергированный в материале матрицы;

подача исходного материала к части поверхности изделия посредством предназначенного для этого средства подачи;

нагрев части поверхности изделия посредством предназначенного для этого источника тепла, так что подаваемый исходный материал и часть поверхности по меньшей мере частично расплавляются, в результате чего, после удаления тепла, расплавленные исходный материал и часть поверхности образуют связанный слой покрытия, осажденный посредством перекрывания наплавленных слоев на поверхности изделия, где каждый осажденный наплавленный слой перекрывается с ранее осажденным наплавленным слоем в степени, составляющей от приблизительно 50 до приблизительно 95% от ширины соответствующего наплавленного слоя; и

регулирование средства подачи и источника тепла так, чтобы обеспечить осаждение наплавленных слоев связанного слоя покрытия с поверхностной скоростью, составляющей по меньшей мере 500 мм/мин, чтобы тем самым обеспечить связанный слой покрытия по существу с равномерным распределением армирующего материала в материале матрицы.

Как описано более подробно ниже, стадию подачи исходного материала к поверхности изделия предпочтительно выполняют посредством использования специально предназначенной для этого системы или устройства, называемого в данном документе средством подачи. Аналогично, стадию нагрева исходного материала и поверхности изделия предпочтительно выполняют с использованием специально предназначенной для этого нагревательной системы, называемой в данном документе источником тепла.

Предпочтительно изделие располагают с возможностью перемещения относительно средства подачи и источника тепла. В некоторых воплощениях изделие монтируют с возможностью последующего удаления на рабочем месте (например, рабочем столе), при этом рабочее место выполнено с возможностью выборочного перемещения относительно средства подачи и источника тепла. В других воплощениях средство подачи и источник тепла выполнены с возможностью выборочного перемещения относительно рабочего места/изделия. В некоторых воплощениях средство подачи, источник тепла и рабочее место/изделие выполнены с возможностью выборочного и независимого перемещения с обеспечением требуемого положения, ориентации и промежутка между соответствующими компонентами.

В некоторых воплощениях рабочее место выполнено с возможностью обеспечения линейного перемещения рабочего места, чтобы выполнять соответствующее перемещение установленного на нем изделия. Например, можно обеспечить перемещение рабочего места вдоль каждой оси декартовых координат (т.е. осей x , y и z). В других воплощениях изделие можно установить с возможностью вращения на рабочем месте, обеспечивая вращение изделия вокруг одной или более осей. В таких воплощениях также можно обеспечить перемещение рабочего места вдоль каждой из осей декартовых координат (т.е. осей x , y и z) или линейное перемещение в плоскости (например, плоскости $x - y$), таким образом облегчая перемещение (и расположение) изделия относительно средства подачи и источника тепла.

В некоторых воплощениях изделие устанавливают на рабочем месте по существу в горизонтальной

ориентации (т.е. так, что продольная ось изделия проходит вдоль по существу горизонтальной плоскости). В других воплощениях изделие устанавливают на рабочем месте по существу в вертикальной ориентации (т.е. так, что продольная ось изделия проходит вдоль по существу вертикальной плоскости). В некоторых воплощениях изделие устанавливают на рабочем месте так, что продольная ось изделия наклонена относительно оси рабочего места (например, относительно горизонтальной или вертикальной плоскости).

Предпочтительно с рабочим местом функционально связаны и находятся в сообщении с ним средства управления для регулирования движения рабочего места. Средства управления могут включать блок с программным управлением, обеспечивающий программируемое движение рабочего места для автоматического перемещения вдоль требуемого пути. В некоторых воплощениях средства управления также могут быть выполнены с возможностью регулирования перемещения средства подачи и источника тепла относительно изделия и/или рабочего участка.

В некоторых воплощениях изделие выполнено из металла, керамики или полимера. В некоторых воплощениях поверхность изделия, на которой образуют связанный с ней слой покрытия, является по существу плоской поверхностью или неоднородной поверхностью (с регулярным или нерегулярным профилем поверхности). В других воплощениях поверхность изделия, на которой образуют связанный с ней слой покрытия, является искривленной поверхностью (например, выпуклой поверхностью или вогнутой поверхностью). Поверхность может быть внутренней поверхностью или внешней поверхностью изделия.

В предпочтительных воплощениях изделие является инструментом или частью инструмента. В одном особенно предпочтительном воплощении изделие является пневматическим погружным бурильным молотком.

В некоторых воплощениях стадия нагрева исходного материала включает использование по меньшей мере одного источника тепла. Данный или каждый источник тепла предпочтительно представляет собой лазер. В некоторых воплощениях источник тепла может быть предназначен для нагрева подаваемого исходного материала в течение его перемещения от точки, в которой он покидает средство подачи или выходит из выхода средства подачи, до тех пор, пока исходный материал не достигнет поверхности изделия (т.е. вдоль траектории пути исходного материала) и, при необходимости, в течение заданного периода времени после того, как исходный материал вступает в контакт с поверхностью изделия.

В некоторых воплощениях лазер выбирают из группы, включающей, но не ограниченной перечисленным, CO₂ лазеры, Nd:YAG лазеры, Nd:YVO₄ лазеры, лазеры Nd:YAG с диодной накачкой, диодные лазеры, дисковые лазеры и оптоволоконные лазеры.

Предпочтительно лазер имеет заданную выходную мощность. Лазер предпочтительно имеет средство настройки для выборочной настройки, регулирования и установки выходной мощности лазера.

В некоторых предпочтительных воплощениях лазер имеет выходную мощность приблизительно от 3 до 20 кВт. В одном особенно предпочтительном воплощении лазер имеет выходную мощность приблизительно от 4 до 10 кВт. Конечно, специалистам понятно, что изобретение не ограничено применениями с лазером, имеющим перечисленные выше параметры мощности, но их можно выбирать так, чтобы иметь требуемую мощность для конкретного применения плакирования.

Предпочтительно лазер является избирательно перестраиваемым с получением выходной мощности или энергии, которая ограничивает степень, до которой поверхность изделия расплавляется лазером до заданной максимальной глубины.

Предпочтительно источник тепла (лазер) предназначен для обеспечения лазерного луча заданной энергии для одновременного нагрева и плавления части металлической поверхности изделия и отдельно поставляемого исходного материала (порошка или проволоки) с образованием плавильной ванны. Лазер предпочтительно расплавляет поверхность изделия приблизительно до заранее определенной глубины, образуя таким образом зону расплавленного связывания на поверхности изделия. Исходный материал предпочтительно обладает требуемыми химическими свойствами, так что расплавленный исходный материал и зона связывания в пределах плавильной ванны соединяются с образованием связанного износостойкого слоя на поверхности металлической основы.

В других вариантах и предпочтительных воплощениях средство подачи может быть предназначено для подачи исходного материала из положения, расположенного позади лазерного луча, таким образом, исходный материал подают непосредственно в плавильную ванну, образованную лазерным лучом, и он не проходит через лазерный луч по мере его перемещения к поверхности. Было обнаружено, что такое воплощение может обеспечить преимущества в показателях обеспечения непрерываемого лазерного луча до поверхности изделия, таким образом, достигается полное воздействие энергии лазерного луча, и он поглощается поверхностью, и, таким образом, повышается эффективность нагрева поверхности.

Преимущественно в предпочтительных воплощениях лазерный источник тепла выполнен так, что расплавляет изделие с поверхности до заданной глубины для сведения к минимуму разбавления исходного материала, посредством чего в основном сохраняют начальные свойства исходного материала вплоть до образования износостойкого слоя покрытия. Свойства исходного материала включают, например, его состав и твердость. В этом контексте геометрическое разбавление определяют как отношение

глубины плакировки в основе к полной высоте плакировки. В некоторых воплощениях можно преимущественно достичь степени разбавления менее 5% с помощью способа лазерного плакирования, описанного в данном документе, при условии подходящего точного регулирования параметров лазера в узком технологическом интервале. Однако более обычными являются степени разбавления приблизительно от 5 до 10%.

В некоторых воплощениях оптическое фокусирующее устройство, такое как линза или набор из двух или более линз, функционально связано с лазером для направления и фокусирования лазерного луча на требуемой области или части поверхности изделия. В некоторых воплощениях лазер имеет минимальный диаметр пятна луча приблизительно от 2 до 20 мм.

В некоторых воплощениях средство подачи содержит устройство подачи, включающее подающее сопло, причем подающее сопло функционально связано с резервуаром для исходного материала, например, посредством линии подачи, трубопровода или шланга.

В некоторых воплощениях подающее сопло предназначено для направления исходного материала вдоль оси или плоскости, проходящей в перпендикулярном, наклонном или параллельном направлении относительно поверхности изделия (например, подающее сопло может обеспечивать подачу исходного материала вдоль оси под углом от 0 до 90° относительно поверхности изделия). В некоторых предпочтительных воплощениях подающее сопло является соосным соплом, предназначенным для направления исходного материала вдоль оси, расположенной по существу коаксиально с осью лазерного пучка. В других предпочтительных воплощениях подающее сопло является поперечным соплом, предназначенным для подачи исходного материала из положения, соседнего с лазерным лучом. В некоторых предпочтительных воплощениях относительный угол падения исходного материала, подаваемого из подающего сопла, может быть постоянным или может изменяться. Угол подачи также может изменяться от одного прохода устройства подачи вдоль поверхности изделия до следующего прохода.

В некоторых воплощениях устройство подачи выполнено с возможностью выборочного перемещения относительно поверхности материала основы. В некоторых воплощениях устройство подачи выполнено с обеспечением выборочного перемещения вдоль декартовых осей координат (например, X, Y и/или Z осей движения). Предпочтительно устройство подачи находится в сообщении с устройством управления для выборочного регулирования и настройки положения головки сопла относительно поверхности изделия.

В некоторых воплощениях устройство подачи/сопло выполнено с обеспечением подачи под действием силы тяжести исходного материала по направлению к поверхности изделия (например, через бункер). В других воплощениях устройство подачи/сопло выполнено с обеспечением подачи исходного материала к поверхности изделия при повышенном давлении. Предпочтительно такие системы с вытеснительной подачей используют в сочетании с исходным материалом в виде частиц, который захватывается потоком газа и направляется в этом потоке к поверхности изделия через подающее сопло.

В некоторых воплощениях устройство подачи выполнено с обеспечением напыления на поверхности изделия функционально градиентных слоев за один проход или стадию. В некоторых воплощениях устройство подачи содержит по меньшей мере два подающих сопла для напыления двойного градиентного слоя покрытия за один проход. В некоторых воплощениях два или более подающих сопел могут быть конструктивно разделенными соплами. В других воплощениях два или более подающих сопел могут быть частью объединенного блока с одной головкой, двумя или множеством сопел.

В некоторых воплощениях устройство подачи содержит первое подающее сопло, предназначенное для напыления первого исходного материала, и второе подающее сопло, предназначенное для напыления второго исходного материала. Предпочтительно первое сопло предназначено для напыления первого исходного материала непосредственно на поверхность изделия с образованием первичного подслоя покрытия, а второе сопло предназначено для напыления второго исходного материала на первый подслей с образованием вторичного подслоя покрытия.

В некоторых воплощениях первый исходный материал содержится в первом резервуаре или контейнере, с которым находится в сообщении и функционально связано первое подающее сопло, так что первый исходный материал можно подавать через первое подающее сопло. В некоторых воплощениях второй исходный материал содержится во втором резервуаре или контейнере, с которым находится в сообщении и функционально связано второе подающее сопло, так что второй исходный материал можно подавать через второе подающее сопло. В других воплощениях и первое, и второе сопла находятся в сообщении с одним резервуаром исходного материала, таким образом, один и тот же исходный материал используют как для первичного, так и для вторичного подслоев.

Путем включения более чем одного подающего сопла и поставки различных исходных материалов в плавильную ванну через соответствующие сопла можно преимущественно специально регулировать свойства осажденных структур покрытий, в зависимости от требований конкретных областей применений (например, требуемых свойств износостойкости). В некоторых воплощениях толщину каждого из подслоев покрытия можно регулировать с помощью соответствующей скорости подачи соответствующего сопла, и толщины каждого подслоя могут быть одинаковыми или толщина одного подслоя может быть отличной от толщины другого подслоя.

Чтобы достичь охвата слоем покрытия требуемой области поверхности изделия, осажденные наплавные слои перекрываются с ранее осажденным наплавным слоем. В некоторых воплощениях осажденные наплавные слои перекрываются в степени приблизительно от 40 до 95% от ширины наплавного слоя. В некоторых предпочтительных воплощениях шаг/перекрывание составляет приблизительно от 40 до 60% от ширины наплавного слоя с требуемой толщиной/высотой слоя, достигаемой для каждого наплавного слоя. Было обнаружено, что для получения хорошо связанного слоя требуется удельная энергия, составляющая приблизительно 22 Дж/мм^2 . Также было обнаружено, что пониженный шаг/повышенное перекрывание наплавных слоев от 75 до 95% обеспечивает особые преимущества в показателях улучшения свойств плакирования (включая улучшенную износостойкость) слоя покрытия.

В некоторых воплощениях источник тепла (лазер) вместе с устройством перемещения компонента (например, рабочим столом) выполнены так, что наплавной слой или след покрытия осаждается или наносится на поверхность с заданной скоростью перемещения, являющейся скоростью или быстротой с которой лазер (и, таким образом, плавильная ванна) перемещается относительно поверхности изделия, т.е. скоростью движения лазерного луча вдоль или по поверхности изделия. В некоторых воплощениях скорость перемещения следа лазерного плакирования определяют на основании выходной мощности лазера. Например, для высокомощного лазера с выходной мощностью от 4 до 10 кВт скорость перемещения обычно устанавливают в интервале от 500 до 2000 мм/мин. Этот интервал скорости является обычным для того, чтобы обеспечить достаточное плавление и соединение материала основы и подаваемого материала с образованием сильно металлургически связанного слоя. Однако неожиданно и преимущественно было обнаружено, что улучшенных свойств плакирования (включая улучшенную износостойкость) можно достичь путем повышения скорости перемещения и одновременного уменьшения шага/повышения перекрывания наплавных слоев до интервала от 75 до 95%. Было обнаружено, что повышенная скорость перемещения в интервале от 4000 до 40000 мм/мин обеспечивает особые преимущества в показателях улучшения свойств плакирования (включая улучшенную износостойкость) слоя покрытия.

В некоторых воплощениях функционально градиентный слой лазерного напыления может иметь перекрывание наплавных слоев более 50%. В некоторых предпочтительных воплощениях функционально градиентный слой лазерного напыления может иметь перекрывание наплавных слоев приблизительно от 50 до 95%. В одном особенно предпочтительном воплощении, представленном только в качестве примера, функционально градиентный слой лазерного напыления имеет перекрывание наплавных слоев приблизительно 85%.

Специалисты в данной области техники понимают, что исходный материал можно выбирать, исходя из заданных химических свойств, для облегчения соединения, сплавления, смешивания и/или связывания с материалом основы изделия. В некоторых воплощениях исходный материал является порошковым материалом. В некоторых воплощениях исходный материал является проволокой. Предпочтительно исходный материал является металлическим. В предпочтительных воплощениях, в которых и изделие, и исходный материал выполнены из металла, в способе лазерного плакирования преимущественно образуют сильно металлургически связанный износостойкий слой на поверхности изделия.

В некоторых воплощениях исходный материал находится в форме композиционного материала с металлической матрицей (КМММ). Выполненный из КМММ исходный материал является особенно преимущественным из-за таких его характеристик, как потенциально высокая стойкость к истиранию и эрозионному износу.

В некоторых воплощениях состав КМММ включает материал матрицы и упрочняющий или армирующий материал, диспергированный в материале матрицы.

В некоторых воплощениях материал матрицы является металлом. Предпочтительно материал матрицы является износостойким материалом. В некоторых воплощениях материал матрицы представляет собой материал в виде частиц, гранул или порошка. В некоторых воплощениях материал матрицы образован из частиц, имеющих размеры приблизительно от 15 до 200 мкм. В некоторых воплощениях материал матрицы выполнен из самофлюсующегося сплава. Например, износостойкий материал матрицы можно выбирать из группы, включающей, но не ограниченной перечисленным, никель, кобальт и железо. В некоторых воплощениях самофлюсующийся сплав может содержать добавки бора или кремния и т.п. или их сочетания.

В некоторых воплощениях армирующий материал представляет собой материал в виде частиц, гранул, порошка или волокон. В некоторых предпочтительных воплощениях армирующий материал выбирают из группы, включающей, но не ограниченной перечисленным, карбид вольфрама, карбид титана, карбид хрома, карбид ниобия, карбид кремния, карбид ванадия и карбид бора. В некоторых воплощениях армирующий материал образован из частиц, имеющих размер приблизительно от 1 до 350 мкм, более предпочтительно приблизительно от 5 до 200 мкм.

В некоторых воплощениях КМММ содержит приблизительно от 5 до 90 мас.% материала матрицы (т.е. связующей фазы) и от 10 до 95 мас.% армирующего материала (т.е. частиц твердой фазы).

В предпочтительных воплощениях КМММ преимущественно обеспечивает одновременное плакирование матричного сплава и частиц твердой фазы, давая композиционную микроструктуру, в которой частицы твердой фазы сохраняют свою целостность в окружающей вязкой матрице. В одном предпочти-

тельном воплощении слой из композиционного материала с металлической матрицей (КМММ) образуют из карбида вольфрама в матрице из самофлюсующегося сплава на основе никеля и напыляют с помощью лазерного источника тепла.

В некоторых воплощениях самофлюсующийся сплав на основе никеля или кобальта является предпочтительным в качестве матричного материала из-за более низких температур плавления этих элементов и соответствующего более низкого реакционного воздействия на карбидные частицы, а также превосходных характеристик смачивания карбидных частиц и металла основы.

В предпочтительных воплощениях карбид вольфрама является предпочтительным для частиц твердой фазы из-за его высокой твердости, высокой температуры плавления и низкого коэффициента теплового расширения. Карбид вольфрама также является предпочтительным, так как он показывает хорошую смачиваемость расплавленными металлами. Один недостаток карбида вольфрама относится к тому факту, что он имеет низкую теплоту образования, из-за чего он легче растворяется в расплавленных металлах. Поэтому важно, чтобы карбид вольфрама в минимально возможной степени подвергался воздействию тепловой энергии. В предпочтительных воплощениях настоящего изобретения преимущественно обеспечивают использование источника тепла, приспособленного так, что предварительно осажденный слой и материал основы подвергаются воздействию более низкой удельной тепловой энергии посредством использования более высоких скоростей перемещения источника тепла по поверхности изделия.

В некоторых воплощениях частицы твердой фазы и матричный сплав можно смешивать с образованием состава с требуемыми массовыми процентными долями перед поставкой в подающее/плакирующее сопло устройства подачи. В других воплощениях частицы твердой фазы и матричный сплав можно поставлять в подающее/плакирующее сопло по отдельности.

Было обнаружено, что в некоторых предпочтительных воплощениях, подавая частицы твердой фазы и матричного сплава по отдельности, можно преимущественно получить осажденный слой КМММ по существу с равномерным распределением частиц твердой фазы по всему слою покрытия. Это по существу равномерное распределение частиц твердой фазы в осажденном слое КМММ обеспечивает значительные преимущества в показателях улучшенной способности к выдерживанию условий абразивного и/или эрозийного износа. Наблюдали, что в слоях покрытий из КМММ материал вязкой матрицы изнашивается первым. Когда матрицы, заключающей в себе частицы твердой фазы, недостаточно, эти частицы впоследствии удаляются. В частности, наблюдали, что области в осажденном слое КМММ, имеющие неоднородно более низкое процентное содержание частиц твердой фазы, обладают более высокой скоростью износа по сравнению с областями, имеющими относительно более высокое процентное содержание или концентрацию частиц твердой фазы. Таким образом, предпочтительные воплощения настоящего изобретения, обеспечивающие плакированные лазером износостойкие слои покрытия, образованные по существу с равномерным распределением частиц твердой фазы во всем покрытии, дают значительное преимущество для функциональности описанного в данном документе слоя покрытия.

В некоторых воплощениях, стремясь обеспечить равномерное распределение частиц твердой фазы в плакированном лазером слое КМММ, источник тепла (лазер) в сочетании со средством подачи приспособлены для обеспечения по существу однородного, постоянного, равномерного потока исходного материала в плавильную ванну. Предпочтительно обеспечивают средства управления и/или сенсорные средства для непрерывного контроля и, если это необходимо, настройки входных параметров средства подачи и/или источника тепла, чтобы достичь требуемого непрерывного, постоянного, равномерного потока исходного материала и поддерживать его в течение цикла нанесения покрытия. В некоторых предпочтительных воплощениях повышенная скорость перемещения в сочетании с повышенным перекрытием наплавных слоев создает необходимость выполнения множества проходов до достижения требуемой толщины. В этом случае область плавильной ванны преимущественно уменьшается, вследствие чего уменьшается размер плавильной ванны и степень перемешивания плавильной ванны, что дополнительно вносит вклад в образование слоя покрытия с равномерным распределением в нем частиц.

Дополнительные преимущества, возникающие из предпочтительных воплощений, включают возможность получения осажденных посредством лазерного плакирования слоев КМММ с предпочтительными технологическими характеристиками, включающими, но не ограниченными перечисленным, уменьшение общего (лазерного) подводимого тепла, меньшие средние размеры карбидных частиц, более высокую процентную долю захваченного карбида, более низкое обезуглероживание и растворение карбида, более низкое разбавление материалом основы и меньшие зоны термического воздействия.

В одном предпочтительном воплощении слой КМММ может содержать, например, 68 мас.% WC и 32 мас.% сплава NiBSi. В пробных испытаниях наблюдали, что КМММ, обладающие этими приведенными в качестве примера свойствами, при использовании в сочетании с подходящими параметрами лазерного плакирования, дают слои покрытия, обладающие существенно улучшенными свойствами и характеристиками в показателях улучшенной износостойкости.

В некоторых воплощениях слой покрытия имеет толщину, которая пропорциональна размеру изделия, на который его наносят. Например, толщина слоя покрытия может быть пропорциональна толщине изделия или внутреннему или внешнему диаметру изделия. В некоторых воплощениях слой покрытия наносят так, чтобы обеспечить толщину приблизительно от 0,1 до 3 мм. В других воплощениях слой по-

крытия наносят так, чтобы обеспечить толщину приблизительно от 5 до 100% от внешнего диаметра по существу цилиндрического изделия. В некоторых воплощениях слой покрытия наносят так, чтобы обеспечить площадь охвата приблизительно от 5 до 100% от площади поверхности плакируемого изделия.

В другом аспекте в изобретении предложен погружной пневматический бурильный молоток в сборе, включающий корпус, верхний переводник, выполненный с возможностью разъемного соединения с функционально верхним концом корпуса, передний (или зажимной) патрон шпинделя, выполненный с возможностью разъемного соединения с функционально нижним концом корпуса, и бурильную головку, выполненную с возможностью разъемного соединения с функционально нижним концом переднего (или зажимного) патрона шпинделя, где по меньшей мере одна деталь из корпуса, верхнего переводника, переднего (или зажимного) патрона шпинделя и бурильной головки (в совокупности "деталей" в сборке) выполнена так, что соответствующая передняя кромка соответствующей детали имеет меньший диаметр, чем диаметр соседней детали в сборке, что таким образом защищает переднюю кромку детали в сборке от износа.

Как описывают более подробно ниже, детали погружного пневматического бурильного молотка в сборе по меньшей мере частично покрыты защитным слоем покрытия из КМММ. Неожиданно было обнаружено, что меньший диаметр передней кромки детали в сборке по отношению к контактирующей поверхности соседней детали преимущественно защищает слой покрытия на передней кромке, что, в свою очередь, приводит к значительным коммерческим выгодам, возникающим из продленного срока службы бурильного молотка в сборе и связанным с этим повышением эффективности способов добычи (например, меньшим простым оборудованием для технического обслуживания и ремонта) и связанной с этим экономией трудовых и капитальных затрат.

В другом аспекте в изобретении предложен погружной пневматический бурильный молоток в сборе, включающий корпус, верхний переводник, выполненный с возможностью разъемного соединения с функционально верхним концом корпуса, передний (или зажимной) патрон шпинделя, выполненный с возможностью разъемного соединения с функционально нижним концом корпуса, и бурильную головку, выполненную с возможностью разъемного соединения с функционально нижним концом переднего (или зажимного) патрона шпинделя, где по меньшей мере одна деталь из корпуса, верхнего переводника, переднего (или зажимного) патрона шпинделя и бурильной головки (в совокупности "детали" в сборке) по меньшей мере частично покрыта слоем защитного покрытия, что таким образом защищает эту деталь в сборке от износа.

В некоторых воплощениях по меньшей мере одну поверхность каждой пары соседних контактирующих друг с другом поверхностей соответствующих деталей бурильного молотка в сборе покрывают слоем защитного покрытия. Предпочтительно каждую контактирующую поверхность соответствующих деталей бурильного молотка в сборе покрывают слоем защитного покрытия. В некоторых воплощениях слой защитного покрытия обеспечивают на одной или более поверхностях соответствующих деталей в сборке, соседних с контактирующей поверхностью.

В некоторых предпочтительных воплощениях нижняя контактирующая поверхность детали в сборке имеет меньший внешний профиль или диаметр по сравнению с внешним профилем или диаметром верхней контактирующей поверхности соседней детали в сборке, причем при эксплуатации меньшая нижняя контактирующая поверхность и большая верхняя контактирующая поверхность упираются друг в друга. В одном предпочтительном воплощении обеспечивают три такие пары контактирующих поверхностей, в которых нижняя контактирующая поверхность одной детали имеет меньший внешний диаметр по отношению к внешнему диаметру верхней контактирующей поверхности соседней детали, при этом первую пару контактирующих поверхностей обеспечивают между верхним переводником и корпусом, вторую пару контактирующих поверхностей обеспечивают между корпусом и передним или зажимным патроном шпинделя и третью пару контактирующих поверхностей обеспечивают между передним или зажимным патроном шпинделя и бурильной головкой. В других воплощениях нижняя контактирующая поверхность детали в сборке имеет больший внешний профиль или диаметр по сравнению с внешним профилем или диаметром верхней контактирующей поверхности соседней детали в сборке, причем при эксплуатации большая нижняя контактирующая поверхность и меньшая верхняя контактирующая поверхность упираются друг в друга.

В другом аспекте в изобретении предложен погружной пневматический бурильный молоток в сборе, включающий

корпус, имеющий верхнее отверстие, ограниченное верхней контактирующей поверхностью, и нижнее отверстие, ограниченное нижней контактирующей поверхностью;

верхний переводник, имеющий центрирующий выступ, выполненный с возможностью разъемной вставки в корпус через верхнее отверстие, и упор, имеющий переднюю кромку, выполненную с обеспечением соединения впритык с верхней контактирующей поверхностью, ограничивая таким образом степень, до которой центрирующий выступ входит в корпус,

где размер верхней контактирующей поверхности корпуса отличается от размера переднего конца упора.

В некоторых воплощениях корпус является цилиндрическим и верхняя и нижняя контактирующие

поверхности являются круговыми. Предпочтительно каждая из верхней и нижней контактирующих поверхностей имеет форму кольца, имеющего внутренний диаметр и внешний диаметр. В некоторых воплощениях корпус имеет по существу постоянный профиль поперечного сечения, так что внутренний и внешний диаметры верхней контактирующей поверхности имеют такой же размер, что и внутренний и внешний диаметр нижней контактирующей поверхности. В некоторых предпочтительных воплощениях нижний или передний конец корпуса профилируют (например, скашивают или закругляют кромки) так, что внутренний и внешний диаметры нижней контактирующей поверхности меньше внутреннего и внешнего диаметров верхней контактирующей поверхности.

В некоторых воплощениях центрирующий выступ является цилиндрическим, имеющим внешний диаметр, выполненный по размерам с возможностью прохождения через внутренний диаметр верхней контактирующей поверхности.

В некоторых воплощениях упор имеет по существу цилиндрическую форму. В некоторых воплощениях передний конец упора профилируют так, что он имеет меньший внешний диаметр по сравнению с внешним диаметром верхней контактирующей поверхности. Профилированный передний конец упора предпочтительно меньше, чем основная часть корпуса упора. В некоторых воплощениях упор профилирован путем скоса кромки, закругления кромки и т.п., с образованием на его функционально нижнем конце скоса или закругления кромки, образующей передний конец упора. Предпочтительно размер верхней контактирующей поверхности корпуса больше, чем размер переднего конца упора.

В некоторых воплощениях погружной пневматический бурильный молоток в сборе содержит передний (или зажимной) патрон шпинделя, включающий центрирующий выступ, выполненный с возможностью разъемной вставки в корпус через нижнее отверстие, и упор, выполненный с обеспечением соединения впритык с нижней контактирующей поверхностью, ограничивая таким образом степень, до которой центрирующий выступ входит в корпус, где размер нижней контактирующей поверхности корпуса отличается от размера переднего конца упора.

Предпочтительно размер нижней контактирующей поверхности корпуса меньше размера соответствующей контактирующей поверхности упора зажимного патрона шпинделя. Разницу размеров нижней контактирующей поверхности и соответствующей контактирующей поверхности упора зажимного патрона шпинделя предпочтительно обеспечивают с помощью профилирования (например, скоса кромки) нижнего конца корпуса.

В некоторых предпочтительных воплощениях упор зажимного патрона шпинделя имеет коническую внешнюю поверхность, профилированную так, что его функционально нижний конец меньше, чем его функционально верхний конец. В других воплощениях упор зажимного патрона шпинделя является по существу цилиндрическим со скосом, образованным на его функционально нижнем конце.

В некоторых воплощениях погружной пневматический бурильный молоток в сборе содержит бурильную головку, включающую центрирующий выступ или шпиндель, выполненный с возможностью разъемной вставки в зажимной патрон шпинделя (через нижнее отверстие в зажимном патроне шпинделя), и упор бурильной головки, выполненный с обеспечением соединения впритык с нижней контактирующей поверхностью упора зажимного патрона шпинделя, ограничивая таким образом степень, до которой бурильная головка входит в зажимной патрон шпинделя, где размер нижней контактирующей поверхности зажимного патрона шпинделя отличается от размера функционально верхней контактирующей поверхности упора бурильной головки.

Предпочтительно размер нижней контактирующей поверхности зажимного патрона шпинделя меньше размера соответствующей контактирующей поверхности упора бурильной головки. Разницу размеров нижней контактирующей поверхности и соответствующей контактирующей поверхности упора бурильной головки предпочтительно обеспечивают с помощью конического профиля внешней поверхности упора зажимного патрона шпинделя (или скоса на нижнем конце упора зажимного патрона шпинделя).

Предпочтительно по меньшей мере на часть одной детали из верхнего переводника, корпуса, переднего патрона и бурильной головки нанесено покрытие. Покрытие предпочтительно нанесено на каждую деталь из упора верхнего переводника, корпуса, упора зажимного патрона шпинделя и упора бурильной головки, включая соответствующие скошенные концы.

Предпочтительно покрытие представляет собой защитное покрытие, такое как износостойкое покрытие, стойкое к эрозионному и абразивному износу. Покрытие предпочтительно нанесено на соответствующую часть или соответствующие части погружного пневматического бурильного молотка путем способа плакирования, описанного в данном документе, и в соответствии с принципами и признаками настоящего изобретения.

Чтобы защитить передние кромки напыленного лазером КМММ, отдельные детали погружного пневматического бурильного молотка (а именно верхний переводник, корпус и зажимной патрон шпинделя) предпочтительно подвергают предварительной машинной обработке перед осуществлением способа плакирования так, чтобы соответствующие передние кромки имели меньший диаметр, чем диаметр соседней контактирующей детали, и образуют скос назад под углом к первоначальному исходному диаметру.

В некоторых воплощениях скос выполняют так, чтобы он проходил под углом приблизительно от 1 до 75° по отношению к продольной оси соответствующей детали. В некоторых воплощениях диаметр передней кромки отдельных деталей погружного пневматического бурильного молотка меньше, чем диаметр соседней контактирующей детали на величину от 0,1 мм до 10 мм.

Например, переднюю кромку зажимного патрона шпинделя по диаметру можно подвергнуть предварительной машинной обработке, чтобы образовать скос меньшего диаметра, чем диаметр кромки соседней бурильной головки приблизительно на 2 мм, который проходит под углом приблизительно 45°. Аналогично, переднюю кромку корпуса можно подвергнуть предварительной машинной обработке так, чтобы уменьшить ее диаметр относительно диаметра соседнего контактирующего зажимного патрона шпинделя, например, приблизительно на 2 мм и обеспечить скос назад к первоначальному исходному диаметру под углом приблизительно 45°. В качестве другого примера переднюю кромку верхнего переводника можно подвергнуть предварительной машинной обработке, чтобы уменьшить ее диаметр относительно диаметра соседнего контактирующего корпуса приблизительно на 2 мм и обеспечить скос назад к первоначальному исходному диаметру под углом приблизительно 45°.

В другом аспекте в изобретении предложен погружной пневматический бурильный молоток, содержащий по меньшей мере одну деталь с покрытием, нанесенным на нее способом плакирования, описанным в данном документе, и в соответствии с принципами и признаками настоящего изобретения.

В одном особенно предпочтительном воплощении слой покрытия нанесен на погружной пневматический бурильный молоток в виде износостойкого защитного слоя. Предпочтительно покрытие избирательно нанесено на погружной пневматический бурильный молоток в отдельных местах на бурильном молотке или вдоль бурильного молотка или на выбранных деталях или областях бурильного молотка в сборе.

В некоторых воплощениях покрытие можно наносить однородно на каждую из тех деталей или мест бурильного молотка, на которые наносят покрытие. В других воплощениях на некоторые детали бурильного молотка можно наносить покрытие большей толщины, чем толщина покрытия, нанесенного на другие детали бурильного молотка (например, толщина покрытия в конкретном месте или на конкретной детали бурильного молотка может определяться степенью эрозионного или абразивного движения или условиями, которым эта деталь бура подвергается в течение его срока службы. То есть, покрытие большей толщины можно наносить на те области бурильного молотка в сборе, которые, как ожидается, подвержены более жестким рабочим условиям). В некоторых предпочтительных воплощениях износостойкий слой защитного покрытия можно наносить полосами или дорожками. Предпочтительно полосы или дорожки проходят по существу непрерывно, сплошным образом вокруг бурильного молотка в области, на которую наносят покрытие. Полосы или дорожки предпочтительно напыляют так, чтобы они проходили вдоль перекрывающегося по окружности спирально направленного пути, где последующие проходы (или наплавные слои) полосы перекрывают предшествующую (или непосредственно прилегающую) полосу.

В некоторых воплощениях износостойкое защитное покрытие наносят по меньшей мере на одну или более из внешних поверхностей переднего патрона шпинделя в сборе, верхнего переводника (сцепляющая муфта молотка), корпуса и бурильной головки погружного пневматического бурильного молотка.

Предпочтительно корпус погружного пневматического бурильного молотка содержит по меньшей мере одну зону добавочного покрытия для усиления стойкости к износу корпуса в пределах заранее определенной секции корпуса. В некоторых воплощениях корпус имеет две зоны добавочного покрытия для усиления стойкости к износу в двух соответствующих секциях корпуса. В предпочтительных воплощениях одна или более зон добавочного покрытия соответствует положениям, к которым присоединяют зажимное приспособление для сцепления молотка с соответствующим устройством, в котором используют погружной бурильный молоток, усиливая таким образом способность корпуса выдерживать износ, возникающий от контактного скольжения и/или скручивающего перемещения корпуса с зажимным приспособлением.

В некоторых воплощениях данная или каждая зона добавочного покрытия содержит одну или более полос покрытия, причем полосы разнесены на заданное расстояние. В некоторых воплощениях каждая полоса имеет по существу одинаковую ширину. В других воплощениях ширины полос могут быть различными. В некоторых воплощениях промежутки между полосами могут быть равными ширине полосы, больше или меньше ширины полосы.

В некоторых воплощениях данная или каждая зона добавочного покрытия содержит три полосы с двумя промежуточными разделительными областями. В некоторых воплощениях корпус содержит первую зону добавочного покрытия на верхнем конце или рядом с верхним концом корпуса и вторую зону добавочного покрытия на нижнем конце или рядом с нижним концом корпуса, при этом первая зона расположена так, что по существу соответствует по положению области верхнего зажимного приспособления сопутствующего оборудования (например, устройства для ослабления и подтягивания пневматического бурильного молотка в сборе относительно буровой штанги или бурильной головки относительно пневматического бурильного молотка), и вторая зона расположена так, что по существу соответствует по

положению области нижнего зажимного приспособления сопутствующей бурильной установки.

Предпочтительно полосы выполнены так, что они проходят по окружности вокруг корпуса. В других формах полосы могут дополнительно или альтернативно проходить продольно вдоль корпуса.

В некоторых воплощениях верхний переводник содержит центрирующий выступ, выполненный с возможностью разъемной вставки в корпус через верхнее отверстие, и упор, определяющий передний конец контактирующей поверхности, выполненный с обеспечением соединения впритык с верхней контактирующей поверхностью корпуса, ограничивая таким образом степень, до которой центрирующий выступ входит в корпус, при этом защитное покрытие нанесено на внешнюю поверхность упора. Предпочтительно функционально нижний конец упора верхнего переводника имеет скошенный профиль, так что нижняя контактирующая поверхность упора имеет меньший диаметр, чем диаметр верхней контактирующей поверхности корпуса.

В некоторых воплощениях функционально нижний конец корпуса имеет скошенный профиль, так что нижняя контактирующая поверхность корпуса имеет меньший диаметр, чем диаметр верхней контактирующей поверхности зажимного патрона шпинделя.

В некоторых воплощениях зажимной патрон шпинделя содержит центрирующий выступ, выполненный с возможностью разъемной вставки в корпус через нижний конец, и упор, определяющий передний конец контактирующей поверхности, выполненную с обеспечением соединения впритык с верхней контактирующей поверхностью бурильной головки, при этом защитное покрытие нанесено на внешнюю поверхность упора.

Предпочтительно упор зажимного патрона шпинделя имеет конический профиль внешней поверхности, так что передний конец его контактирующей поверхности меньше верхней контактирующей поверхности бурильной головки.

В некоторых воплощениях бурильная головка содержит шпиндель, выполненный с возможностью разъемной вставки в нижнее отверстие в зажимном патроне шпинделя, и упор бурильной головки, определяющий верхнюю контактирующую поверхность бурильной головки, выполненный с обеспечением соединения впритык с нижней контактирующей поверхностью упора зажимного патрона шпинделя, при этом на внешнюю поверхность упора нанесено защитное покрытие.

В другом аспекте в изобретении предложено устройство/систему для плакирования поверхности изделия, включающее

устройство подачи, сообщаемое с запасом исходного материала, причем устройство подачи предназначено для подачи исходного материала к части поверхности изделия; и

источник тепла для нагрева части поверхности изделия, так что подаваемый исходный материал и часть поверхности по меньшей мере частично расплавляются, в результате чего, после устранения тепла, расплавленные исходный материал и часть поверхности объединяются с образованием перекрывающихся наплавных слоев, с получением связанного слоя покрытия на поверхности изделия, при этом каждый наплавной слой слоя покрытия перекрывается с ранее осажденным наплавным слоем в степени, составляющей более 50% от ширины соответствующего наплавного слоя.

В некоторых воплощениях источник тепла предназначен для одновременного нагрева подаваемого исходного материала и части поверхности изделия, так что нагретые исходный материал и часть поверхности по меньшей мере частично расплавляются, обеспечивая образование наплавного слоя после удаления тепла. В других воплощениях источник тепла предназначен для нагрева только части поверхности изделия, в результате чего нагретая поверхность вызывает плавление подаваемого исходного материала, когда подаваемый исходный материал вступает в контакт с поверхностью, обеспечивая посредством этого образование наплавного слоя по мере того, как температура поверхности уменьшается или поверхность охлаждается.

В другом аспекте в изобретении предложен состав для плакирования поверхности изделия, причем состав включает материал матрицы и армирующий материал, при этом материал матрицы находится в фазе связующего и образует приблизительно от 10 до 95 мас.% состава, а армирующий материал находится в карбидной фазе и образует приблизительно от 5 до 90 мас.% состава.

Краткое описание чертежей

Предпочтительные воплощения изобретения далее описаны, только в целях примера, со ссылкой на приложенные чертежи, на которых:

фиг. 1 представляет собой схематическое представление системы для лазерного плакирования изделия со слоем покрытия в соответствии с настоящим изобретением;

фиг. 2 представляет собой схематическое представление плакированного лазером слоя, имеющего перекрывание наплавного слоя приблизительно 50%;

фиг. 3 представляет собой схематическое представление плакированного лазером слоя, имеющего перекрывание наплавного слоя приблизительно 85%;

фиг. 4 представляет собой схематическое представление функционально градиентного слоя, нанесенного лазерным напылением, имеющего перекрывание наплавного слоя приблизительно 85%;

фиг. 5 представляет собой схематическое перспективное изображение в разобранном виде погружного пневматического бурильного молотка, с нанесенным лазерным плакированием слоем, имеющим

свойства по настоящему изобретению и нанесенным по настоящему изобретению;

фиг. 6 представляет собой схематическое перспективное изображение в сборе одного воплощения модифицированного погружного пневматического бурильного молотка по настоящему изобретению;

фиг. 7 представляет собой схематическое перспективное изображение в разобранном виде погружного пневматического бурильного молотка, показанного на фиг. 6;

фиг. 8 представляет собой увеличенное схематическое частичное изображение погружного пневматического бурильного молотка, показанного на фиг. 6, где показаны корпус и верхний переводник бурильного молотка в сборе;

фиг. 9 представляет собой увеличенное схематическое изображение верхнего переводника погружного пневматического бурильного молотка, показанного на фиг. 6, на котором показаны область, покрытая плакированным лазером слоем, и скошенный передний конец;

фиг. 10 представляет собой увеличенное схематическое частичное изображение корпуса погружного пневматического бурильного молотка, показанного на фиг. 6, где показаны области, покрытые добавочным плакированным лазером слоем;

фиг. 11 представляет собой увеличенное схематическое частичное изображение погружного пневматического бурильного молотка, показанного на фиг. 6, где показаны корпус, зажимной патрон шпинделя и бурильная головка в сборе;

фиг. 12 представляет собой увеличенное схематическое частичное изображение бурильной головки погружного пневматического бурильного молотка фиг. 6, где показана область, покрытая плакированным лазером слоем; и

фиг. 13 представляет собой вид сбоку в разрезе другого воплощения погружного пневматического бурильного молотка, на котором показаны верхний переводник, контрольная трубка, корпус, поршень, направляющая втулка, передний патрон шпинделя и бурильная головка.

Предпочтительные воплощения изобретения

Со ссылкой на чертежи в изобретении в первом аспекте предложены способ и устройство для плакирования поверхности изделия. Способ особенно подходит для плакирования внешней поверхности металлических объектов, таких, например, как режущие, ударные, бурильные и шлифовальные инструменты. Такие инструменты можно использовать, например, в портативных ударных инструментах с силовым гидравлическим приводом, с силовым приводом от электродвигателя или силовым электромагнитным приводом для применения в горном деле или в разработке полезных ископаемых открытым способом. Следующее описание выполнено со ссылкой на одно конкретное применение способа плакирования для напыления износостойкого слоя покрытия на погружной пневматический бурильный молоток, показанный на фиг. 5-13. Однако нужно понимать, что способ плакирования не ограничен этим конкретным применением, которое представлено только с целью иллюстративного примера, чтобы показать преимущества настоящего изобретения.

Как показано на фиг. 1, предложено устройство или система 1 для плакирования внешней поверхности 2 изделия 3. Устройство 1 содержит устройство подачи в форме подающего сопла 4, функционально сообщающегося через подходящий трубопровод или канал (не показан) с запасом порошкообразного или гранулированного исходного материала 5, хранящимся в резервуаре или контейнере (не показан). Подающее сопло предназначено для подачи исходного материала 5 к целевой части внешней поверхности 2 изделия 3.

Система 1 также содержит источник тепла в форме лазера 6 для нагрева подаваемого исходного материала 5 и целевой части поверхности 2 изделия 3. Лазер 6 предпочтительно имеет регулирующее устройство, так что его можно выборочно регулировать для получения требуемой выходной мощности, подходящей для конкретного материала изделия 3, на которое наносят покрытие.

Лазер 6 настроен на получение требуемой выходной мощности, так чтобы нагретые исходный материал и целевая часть поверхности по меньшей мере частично расплавлялись, в результате чего, после удаления тепла, расплавленный исходный материал и часть поверхности сплавляются (или другим образом соединяются или взаимодействуют) с образованием связанного слоя покрытия на поверхности изделия.

Изделие 1 установлено с возможностью перемещения относительно устройства 4 подачи и источника 6 тепла. Чтобы достичь этого относительного перемещения, изделие монтируют с возможностью снятия на рабочем месте (не показан). По существу для цилиндрических изделий, таких как комплектующие детали погружного пневматического бурильного молотка, рабочее место содержит сборочный узел (не показан), выполненный с возможностью вращения, на котором можно собрать комплектующие детали, так что вращение сборочного узла вызывает соответствующее вращение изделия или комплектующей детали 3. Изделие 3 обычно устанавливают с возможностью вращения вокруг продольной оси. Сборочный узел предпочтительно приводят в движение с помощью подходящих средств приведения в движение, таких как электродвигатель.

В некоторых воплощениях, таких как показанное на фиг. 1, изделие 1 может иметь по существу плоскую или ровную поверхность и рабочее место можно выполнить с возможностью обеспечения линейного перемещения рабочего места, вызывая таким образом соответствующее перемещение установ-

ленного на нем изделия. Например, рабочее место можно выполнить с возможностью перемещения вдоль каждой из декартовых осей координат (т.е. осей x , y и z). Однако для удобства пользования следующее описание выполнено со ссылкой на сборочный узел, выполненный с возможностью вращения, в котором изделие вращают в течение способа плакирования.

Устройство 4 подачи и источник 6 тепла также выполнены с возможностью выборочного перемещения относительно рабочего места и изделия 3 для обеспечения требуемого положения, ориентации и промежутка между соответствующими деталями. В частности, изделие 3, подающее сопло 4 и источник тепла 6 выполнены с возможностью перемещения заданным образом в течение процесса плакирования, чтобы осаждать исходный материал на поверхность 2 изделия 3 вдоль требуемого пути или узора. В случае цилиндрических деталей исходный материал предпочтительно осаждают на поверхность изделия по перекрывающемуся по окружности, спирально направленному пути, при этом последующие проходы (или наплавные слои) исходного материала перекрывают предыдущий (или непосредственно прилегающий) наплавной слой.

Движение рабочего места, подающего сопла 4 и лазера 6 регулируют с помощью регулирующего устройства в форме блока с программным управлением (ПУ). Блок с ПУ выполнен для обеспечения вращения рабочего места с требуемой скоростью и одновременного следования устройства 4 подачи и источника 6 тепла вдоль продольной оси рабочего места/изделия. Блок с ПУ также можно выполнить для регулирования скорости подачи подающего сопла 4 и выходной мощности лазера 6.

Нужно понимать, что исходный материал можно выбирать так, чтобы иметь заданные химические свойства для облегчения соединения, сплавления, смешивания и/или связывания с материалом основы покрываемой детали или изделия. Исходный материал предпочтительно представляет собой порошковый металлический материал, преимущественно приспособленный для образования сильно металлургически связанного износостойкого слоя покрытия на поверхности металлического изделия в результате осуществления способа лазерного плакирования.

В показанном воплощении предпочтительный исходный материал имеет форму композиционного материала с металлической матрицей (КМММ), имеющего характеристики, позволяющие обеспечить высокую абразивную и эрозионную износостойкость слоя покрытия.

Состав КМММ включает материал матрицы и армирующий материал, диспергированный в материале матрицы. КМММ содержит приблизительно от 5 до 90 мас.% материала матрицы (т.е. фазы связующего) и от 10 до 95 мас.% усиливающего материала (т.е. карбидной фазы).

Материал матрицы имеет форму порошкового самофлюсующегося сплава с размерами частиц приблизительно от 15 до 200 мкм. Например, материал матрицы можно выбирать из группы, включающей, но не ограниченной перечисленным, никель, кобальт и железо, предпочтительно содержащих добавки бора или кремния.

Самофлюсующиеся сплавы на основе никеля, кобальта или железа являются предпочтительными для материала матрицы из-за их более низких температур плавления и связанного с этим более низкого реакционного воздействия на карбидные частицы, а также поскольку они обладают превосходными характеристиками смачивания карбидных частиц и материала основы.

Карбидная фаза армирующего материала также представляет собой материал в виде частиц и предпочтительно выбрана из группы, включающей, но не ограниченной перечисленным, карбид вольфрама, карбид титана, карбид хрома, карбид ниобия, карбид кремния, карбид ванадия и карбид бора. Армирующий материал предпочтительно образован из частиц, имеющих размер приблизительно от 1 до 350 мкм, более предпочтительно приблизительно от 5 до 200 мкм.

Карбид вольфрама является предпочтительным в качестве частиц твердой фазы из-за его высокой твердости, высокой температуры плавления и низкого коэффициента теплового расширения. Карбид вольфрама также является предпочтительным, так как он показывает хорошую смачиваемость расплавленными металлами. Один недостаток карбида вольфрама относится к тому факту, что он имеет низкую теплоту образования, из-за чего он легче растворяется в расплавленных металлах. Поэтому важно, чтобы карбид вольфрама подвергался в минимально возможной степени воздействию тепловой энергии.

КМММ преимущественно обеспечивает одновременное плакирование матричного сплава и частиц твердой фазы, давая композиционную микроструктуру, в которой частицы твердой фазы сохраняют свою целостность в вязкой матрице. В одном предпочтительном составе слой композиционного материала с металлической матрицей (КМММ) образуют из карбида вольфрама в матрице самофлюсующегося сплава на основе никеля и его напыляют с помощью лазерного источника тепла.

В показанном воплощении частицы твердой фазы и матричный сплав можно подавать по отдельности в подающее сопло 4 через отдельные впускные трубы 7, как показано на фиг. 1. В других воплощениях частицы твердой фазы и матричный сплав можно смешать с образованием состава с требуемыми массовыми процентными долями перед поставкой в подающее/плакирующее сопло 4 устройства подачи.

Было обнаружено, что в некоторых предпочтительных воплощениях, подавая частицы твердой фазы и матричный сплав по отдельности, можно преимущественно получить осажденный слой КМММ с существенно более равномерным распределением частиц твердой фазы по всему слою покрытия. Это обеспечивает значительные преимущества в показателях улучшенной способности выдерживать условия

абразивного и/или эрозионного износа по сравнению с существующими технологиями плакирования. Наблюдали, что в слоях покрытия из КМММ материал вязкой матрицы изнашивается первым. Когда матрицы, заключающей в себе частицы твердой фазы, недостаточно, эти частицы впоследствии удаляются. В частности, наблюдали, что области в осажденном слое КМММ, имеющие неоднородно более низкое процентное содержание частиц твердой фазы, обладают более высокой скоростью износа по сравнению с областями, имеющими относительно более высокое процентное содержание или концентрацию частиц твердой фазы. Таким образом, предпочтительные воплощения настоящего изобретения, обеспечивающие плакированные лазером износостойкие слои покрытия с существенно более равномерным распределением частиц твердой фазы по всей поверхности покрытия, дают значительное преимущество в функциональности описанного в данном документе слоя покрытия.

Стремясь обеспечить более равномерное распределение частиц твердой фазы в плакированном лазером слое КМММ, источник тепла (лазер) в сочетании с устройством подачи приспособливают для обеспечения по существу однородного, постоянного, равномерного потока исходного материала в плавильную ванну. Для непрерывного контроля и, если это необходимо, настройки входных параметров источника тепла и/или средства подачи обеспечивают блок с ПУ или независимые средства управления и/или сенсорные средства, чтобы достичь требуемого непрерывного, постоянного, равномерного потока исходного материала и поддерживать его в течение цикла нанесения покрытия.

Дополнительные преимущества, реализуемые благодаря технологическим параметрам и составу КМММ, описанным в данном документе, включают возможность получения осажденных посредством лазерного плакирования слоев КМММ, с предпочтительными технологическими характеристиками, включающими, но не ограниченными перечисленным, уменьшение общего лазерного подводимого тепла, меньшие средние размеры карбидных частиц, более высокую процентную долю захваченного карбида, более низкое обезуглероживание и растворение карбида, более низкое разбавление материалом основы и меньшие зоны термического воздействия.

В одном предпочтительном воплощении слой КМММ может содержать, например, 68 мас.% WC и 32 мас.% сплава NiBSi. В пробных испытаниях наблюдали, что КМММ, обладающие этими приведенными в качестве примера свойствами, при использовании в сочетании с заданными параметрами лазерного плакирования, дают слои покрытия, обладающие существенно улучшенными свойствами и характеристиками в показателях износостойкости.

Как показано на фиг. 1, подающее сопло 4 расположено выше по потоку от лазера 6 и предназначено для подачи исходного материала 5 вдоль оси или плоскости, которая наклонена относительно поверхности изделия (например, подающее сопло обеспечивает подачу исходного материала вдоль оси, расположенной под углом от 0 до 90° по отношению к поверхности изделия). Подающее сопло может обеспечивать подачу исходного материала перед лазерным лучом, как показано, в результате чего порошковый исходный материал проходит через лазерный луч, или в других предпочтительных воплощениях можно обеспечить подачу материала позади лазерного луча. Наблюдали, что при осаждении слоев КМММ предпочтительно размещать подающее сопло позади лазерного луча и подавать порошковый материал непосредственно в плавильную ванну, образованную лазерным лучом, так что он не проходит через лазерный луч.

Лазер 6 обеспечивает испускание лазерного луча 8 через оптическое фокусирующее устройство в направлении, по существу перпендикулярном поверхности изделия. Оптическое фокусирующее устройство представляет собой набор линз 9, и оно функционально связано с лазером для направления и фокусирования лазерного луча на требуемой целевой области или части поверхности 2 изделия 3. Например, лазер может иметь минимальный диаметр пятна луча приблизительно от 2 до 20 мм.

Лазер 6 предпочтительно выбирают из группы, включающей, но не ограниченной перечисленным, CO₂ лазеры, Nd:YAG лазеры, Nd:YVO₄ лазеры, Nd:YAG лазеры с диодной накачкой, диодные лазеры, дисковые лазеры и стекловолоконные лазеры.

Как указано выше, лазер 6 имеет средство регулирования или настройки для выборочной настройки, регулирования и установки выходной мощности лазера. Лазер предпочтительно имеет выходную мощность приблизительно от 3 до 20 кВт. Конечно, специалисту в данной области техники понятно, что изобретение не ограничено применениями с лазером, действующим в конкретном интервале мощности, но мощность можно выбрать так, чтобы удовлетворять необходимым требованиям по мощности для предполагаемого применения плакирования.

Однако наблюдали, что настоящее изобретение действительно обеспечивает особые преимущества в показателях возможности использования более низкой выходной мощности лазера по отношению ко всему потоку материала слоя. Например, в настоящем способе плакирования преимущественно обеспечивают более высокую скорость осаждения лазерным плакированием для слоя заданной толщины при данной мощности лазера (более высокие расходы материала и более высокая скорость лазерного сканирования).

Лазер 6 обеспечивает расплавление изделия 3 с поверхности 2 на заданную глубину, образуя таким образом плавильную зону связывания на поверхности изделия. Одновременно расплавляется исходный материал 5. Заданные химические свойства КМММ выбирают так, что расплавленный исходный матери-

ал и материал основы в зоне связывания соединяются в плавильной ванне с образованием металлургически связанного износостойкого слоя на поверхности металлического материала основы.

Способность регулировать глубину, на которую расплавляется поверхность изделия, как описано, уменьшает разбавление исходного материала металлом основы в плавильной зоне связывания, по существу сохраняя таким образом начальные и заданные физико-химические свойства исходного материала после образования износостойкого слоя покрытия. Физико-химические свойства исходного материала включают, например, его состав и твердость. В этом контексте геометрическое разбавление определяют как отношение глубины плакировки в основе к полной высоте плакировки. Можно достичь степени разбавления менее 5% с помощью способа лазерного плакирования при условии подходящего точного регулирования параметров лазера в узком технологическом интервале. Однако степени разбавления приблизительно от 5 до 10% являются более обычными, и их легко достичь.

Как описывают более подробно ниже, использование более низкой удельной тепловой энергии происходит благодаря использованию относительно более высоких скоростей перемещения источника тепла. В частности, это представляет собой повышенную скорость сканирования, которая влечет за собой требование множества проходов (уменьшенный шаг/повышенное перекрытие), чтобы достичь требуемой толщины, которая преимущественно обеспечивает уменьшенный размер плавильной ванны. Повышенная скорость сканирования также понижает потери на теплопроводность в материале основы, обеспечивая таким образом более низкую мощность, требуемую для данной скорости подачи материала. Следовательно, и преимущественно, это обеспечивает использование повышенной скорости подачи материала и скорости сканирования источником тепла для такой же мощности лазера.

Как показано на фиг. 4, подающее устройство 4 этого воплощения выполнено для обеспечения напыления функционально градиентных слоев за один проход или стадию по поверхности изделия. Подающее устройство содержит два подающих сопла (4A, 4B) для напыления двойного градиентного слоя покрытия за один проход.

Подающее устройство 4, показанное на фиг. 4, содержит первое подающее сопло 4A, предназначенное для напыления первого исходного материала 5A, и второе подающее сопло 4B, предназначенное для напыления второго исходного материала 5B. Первое сопло 4A предназначено для напыления первого исходного материала 5A непосредственно на поверхность 2 изделия 1 с образованием первичного подслоя 10 покрытия, при этом второе сопло 4B предназначено для напыления второго исходного материала 5B на первый подслой с образованием вторичного подслоя 11 покрытия.

Путем включения более чем одного подающего сопла и поставки различных исходных материалов в плавильную ванну через соответствующие сопла осажденные структуры покрытия можно преимущественно специально приспособить для требований конкретных применений (например, требуемых свойств износостойкости). Толщину каждого из подслоев покрытия можно регулировать с помощью соответствующей скорости подачи соответствующего сопла, и толщины каждого подслоя могут быть одинаковыми или толщина одного подслоя может быть отличной от толщины другого подслоя. Помимо этого, нужно понимать, что возможность напыления функционально градиентных слоев за один проход преимущественно устраняет необходимость во втором проходе, что является причиной повышения эффективности способа в целом и связанной с этим экономии затрат труда, времени и средств.

Как показано на фиг. 2-4, чтобы обеспечить нанесение слоя покрытия на требуемую область поверхности 2 изделия 3, осажденные наплавные слои перекрываются с ранее осажденным наплавным слоем. Осажденные наплавные слои могут перекрываться в степени, составляющей приблизительно от 40 до 60% от ширины наплавного слоя, с требуемой толщиной/высотой слоя, достигаемой для каждого наплавного слоя. Было обнаружено, что уменьшенный шаг/повышенное перекрытие наплавных слоев в степени от 75 до 95% в сочетании с повышенной скоростью перемещения лазерного источника тепла от 4000 до 40000 мм/мин обеспечивают особые преимущества в показателях улучшения свойств плакирования (включая улучшенную износостойкость) слоя покрытия.

Для функционально градиентных слоев, полученных лазерным напылением, как показано на фиг. 4, покрытие может иметь перекрытие наплавных слоев более 50%. На фиг. 4 функционально градиентный слой, полученный лазерным напылением, имеет перекрытие наплавных слоев приблизительно 85%.

Источник тепла (лазер) 6 выполнен так, что наплавной слой или след покрытия осаждают или наносят на поверхность с заранее определенной скоростью перемещения, являющейся скоростью, с которой лазер (и, таким образом, плавильная ванна) перемещается относительно поверхности 2 изделия 3, т.е. скоростью движения лазера 6 вдоль или по поверхности изделия. Например, при выходной мощности лазера от 4 до 10 кВт обычно можно установить скорость перемещения от 500 до 2000 мм/мин. Однако неожиданно и преимущественно было обнаружено, что улучшенных свойств плакирования (включая улучшенную износостойкость) можно достичь путем повышения скорости перемещения лазера. Было обнаружено, что повышенная скорость перемещения, составляющая от 4000 до 40000 мм/мин при одновременном уменьшении шага/увеличении перекрытия наплавных слоев (например, до степени от 75 до 95%) обеспечивает особые преимущества в показателях улучшения свойств плакирования (включая улучшенную износостойкость) слоя покрытия. Более высокие скорости перемещения лазера, описанные

в данном документе, предоставляют преимущество, заключающееся в получении слоя покрытия с существенно более равномерным распределением частиц твердой фазы в слое покрытия, существенно более низкой степенью разбавления материалом основы и меньшими зонами термического воздействия.

На фиг. 5-13 показано воплощение погружного пневматического бурильного молотка 12. Погружной пневматический бурильный молоток 12 имеет особенно изнашиваемые детали и области, которые были обработаны износостойкими покрытиями на основе составов и технологий, описанных в данном документе.

Покрытие избирательно наносят на погружной пневматический бурильный молоток 12 в отдельных позициях вдоль длины молотка. Как показано на фиг. 13, погружной пневматический бурильный молоток 12 содержит верхний переводник 13, регулируемую трубу 14, корпус 15, поршень 16, направляющую втулку 17, передний патрон 18 шпинделя и бурильную головку 19.

Показанный на фиг. 5 и 6 погружной пневматический бурильный молоток имеет износостойкое покрытие, нанесенное на заранее определенные области верхнего переводника 13, корпуса 15, переднего патрона 18 шпинделя и бурильной головки 19.

В воплощении, показанном на фиг. 5, покрытие нанесено по существу равномерно на каждую из тех деталей, зон, положений погружного бурильного молотка, на которые должно быть нанесено покрытие.

Напротив, в воплощении фиг. 6 покрытие нанесено на те же детали, что и в воплощении, показанном на фиг. 5, однако покрытие в некоторых областях имеет большую толщину, чем толщина покрытия, нанесенного на другие детали бурильного молотка. Например, толщину покрытия в конкретном положении или на конкретной детали бурильного молотка можно определить, исходя из степени эрозионного или абразивного движения или условий, которым эта деталь бурильного молотка, как ожидают, подвергается в течение ее срока службы. То есть, большую толщину покрытия можно обеспечить на тех областях бурильного молотка, которые, как ожидают, подвержены более жестким рабочим условиям.

На фиг. 6 корпус 15 погружного пневматического бурильного молотка 12 имеет две зоны 20, на которые нанесено добавочное покрытие 21 для усиления износостойкости корпуса в этих зонах. В воплощении, показанном на фиг. 6, две зоны 20 добавочного покрытия 21 расположены так, что они соответствуют местам расположения зажимного приспособления (не показано) сопутствующей бурильной установки (не показана), к которому прикрепляют погружной пневматический бурильный молоток 12 при эксплуатации. Таким образом, добавочное покрытие 21 повышает способность корпуса 15 выдерживать износ, возникающий при скользящем контакте и/или скручивающем перемещении корпуса относительно зажимов зажимного приспособления.

Каждая зона 20 добавочного покрытия 21 содержит три полосы покрытия. Каждая полоса выполнена так, что она проходит непрерывным образом по окружности вокруг корпуса. В показанном воплощении полосы имеют равную ширину и равномерно разнесены на заранее определенное расстояние (например, ширина полосы может быть равна ширине промежутка между полосами).

Первая зона добавочного покрытия расположена на функционально верхнем конце или прилегает к функционально верхнему концу корпуса, так что первая зона расположена по существу на одной линии с местом положения зажимов верхнего зажимного приспособления бурильной установки. Вторая зона добавочного покрытия расположена на функционально нижнем конце или прилегает к функционально нижнему концу корпуса, так что вторая зона расположена по существу на одной линии с местом положения зажимов нижнего зажимного приспособления бурильной установки.

Было обнаружено, что продолжительность срока службы износостойкого покрытия из КМММ на передних кромках деталей погружного пневматического бурильного молотка в сборе можно значительно улучшить путем обеспечения того, чтобы соответствующие детали имели меньший диаметр передней кромки каждой детали сборки по отношению к размеру контактирующей поверхности непосредственно прилегающей детали сборки.

В показанных воплощениях, как лучше всего видно на фиг. 7, передняя кромка верхнего переводника 13 скошена, чтобы обеспечить разницу диаметров контактирующих поверхностей верхнего переводника 13 и корпуса 15 (см. также фиг. 8 и 9). Аналогично, передняя кромка корпуса 15 скошена, чтобы обеспечить разницу диаметров контактирующих поверхностей корпуса 15 и переднего 18 патрона шпинделя (фиг. 10). Внешняя поверхность переднего патрона 18 шпинделя сведена на конус для обеспечения разницы диаметров контактирующих поверхностей переднего патрона 18 шпинделя и бурильной головки 19 (фиг. 12).

В качестве примера обеспечивают следующие технологические параметры, чтобы проиллюстрировать возможные преимущества изобретения. В одном воплощении способа плакирования устройство перемещения предназначено для перемещения поверхности изделия относительно лазерного луча со скоростью перемещения 5000 мм/мин. Источник тепла и устройство подачи выполнены так, чтобы обеспечивать перекрытие, составляющее приблизительно 85%. Из-за повышения скорости перемещения и повышения степени перекрытия каждого наплавляемого слоя с предыдущим наплавным слоем высота плакировки за проход и общий размер плавильной ванны существенно уменьшаются, минимизируя таким образом влияние небольших неравномерностей в подаче порошка, а также уменьшая воздействия от

перемешивания в плавильной ванне.

При этих параметрах режим связывания с металлом основы также изменяется. Вместо непосредственного расплавления лазерным лучом и смешивания материала основы и порошка (как требуется при параметрах стандартного способа лазерного плакирования), лазер нагревает материал основы до температуры, которая позволяет бору и кремнию в материале матрицы действовать как флюсующие и восстанавливающие элементы, так чтобы обеспечить более низкую температуру плавления самофлюсующегося сплава для смачивания и сплавления с металлом основы и получения металлургической связи посредством механизма межзеренного сплавления/когезии, аналогично тому, что достигают с помощью способа распыления и сплавления.

В экспериментальных испытаниях, проведенных с этими параметрами, обнаружили, что в течение напыления было выгодно уменьшать мощность лазера до 5000 Вт. Для опытного образца диаметром 100 мм повышенная скорость вращения, составляющая 15,91 об/мин (по сравнению со стандартной скоростью, составляющей 4,77 об/мин), уменьшала потери на теплопроводность в материале основы, вызывая неожиданное требование снижения мощности лазера, необходимой для достижения требуемого расплавления ранее осажденного слоя и нагрева материала основы, чтобы получить хорошо связанный и однородный износостойкий слой. Также обнаружили, что осаждался более толстый слой при такой же общей скорости подачи порошка, составляющей 74 г/мин.

Не ограничивая область защиты и эффективность изобретения какими-либо конкретными теоретическими утверждениями, предполагают, что удлинение плавильной ванны, обусловленное повышенной скоростью перемещения, увеличивает эффективность захвата распыляемого порошка. Исходя из этих испытаний, также было обнаружено, что повышенная скорость перемещения уменьшает потери на теплопроводность в металле основы и поэтому осажденный слой сохраняет более высокую температуру, когда его снова облучают лазерным лучом для последующего напыления материала. Поэтому требуется более низкая мощность лазера для достижения требуемого плавления. Как таковой, новый способ является намного более эффективным, чем существующие способы лазерного плакирования.

Металлографическое исследование сечений осажденного слоя обнаружило микроструктуры с равномерным распределением частиц WC, отсутствие трещин, очень небольшую пористость, ощутимо меньшие тепловые воздействия на частицы WC и настолько малое геометрическое разбавление, что его нельзя было измерить.

Кроме того, предполагают, что можно достичь более высоких скоростей перемещения, повышенных скоростей подачи порошка и/или более высокого объемного процентного содержания удерживаемого WC.

Используя CO₂ лазер мощностью 6 кВт и поддерживая требуемую толщину слоя КМММ, использовали следующие параметры:

мощность лазера = 5500 Вт;

диаметр пятна луча лазера = 4 мм;

скорость перемещения = 183,33 мм/с = 11000 мм/мин;

шаг/перекрывание = 0,6 мм/85%;

высота плакировки = 1,2 мм;

полная скорость подачи порошка = 110 г/мин;

объем удержанного WC = 63%;

$183,33 \text{ мм/с}$ скорость перемещения $\times 4 \text{ мм}$ размера пятна = $733 \text{ мм}^2/\text{с}$;

мощность лазера 5500 Вт, деленная на $733 \text{ мм}^2/\text{с}$, дает удельную энергию = $7,50 \text{ Дж/мм}^2/\text{с}$;

металл основы непосредственно подвергают воздействию удельной энергии лазера, составляющей $7,50 \text{ Дж/мм}^2/\text{с} / (4 \text{ мм} / 0,6 \text{ мм}) = 1,125 \text{ Дж/мм}^2/\text{с}$;

толщина напыленного слоя за проход = 180 мкм;

При этих, приведенных в качестве примера параметрах получали повышение скорости напыления на 76% по сравнению со стандартными параметрами лазерного плакирования.

Металлографические исследования сечений слоя, напыленного с использованием вышеупомянутых параметров, обнаружили микроструктуры с равномерным распределением частиц WC, отсутствие трещин, очень небольшую пористость, ощутимо меньшие тепловые воздействия на частицы WC и настолько малое геометрическое разбавление, что его нельзя было измерить.

С помощью этого способа можно легко достичь более тонких слоев путем увеличения скорости перемещения. Например, повышая скорость перемещения до $366,6 \text{ мм/с} = 22000 \text{ мм/мин}$ и сохраняя все другие параметры такими же, достигали толщины напыленного слоя, составляющей 0,6 мм (толщина напыленного слоя за проход 90 мкм).

Факторы, которые влияют на улучшенную характеристику и приводят к улучшенной характеристике абразивного и эрозионного износа плакированного лазером слоя КМММ, включают общую процентную долю захваченных твердых частиц в осажденном слое, размер и форму захваченных твердых частиц, распределение твердых частиц в напыленном слое и химический состав и твердость захваченных твердых частиц. Поэтому обеспечение слоя КМММ, плакированного лазером с помощью способа, описанного в данном документе, дает преимущества в том, что обеспечивают высокую процентную долю

захваченных твердых частиц, которые равномерно распределены в осажденном слое, и захваченные твердые частицы имеют химический состав, размер и твердость, которые подходят для данного применения.

Факторы, которые влияют на повышенное общее процентное содержание захваченных твердых частиц и приводят к такому содержанию в плакированном лазером слое КМММ, и факторы, которые влияют на улучшенное распределение захваченных твердых частиц и приводят к такому распределению в осажденном слое, включают точность способа, путем которого твердые частицы смешивают с материалом матрицы перед поставкой в плавильную ванну, качество и точность устройства подачи, удельная энергия, поставляемая лазером, и природа и степень перемешивания плавильной ванны, обусловленная температурными градиентами и конвективным потоком в плавильной ванне.

Результаты испытаний посредством XFM сканирования на нескольких образцах показали, что в плакированном лазером покрытии с карбидом вольфрама (WC) в никелевой матрице значительно уменьшается нежелательная миграция железа в плакированный слой по сравнению с существующими технологиями плакирования, независимо от концентрации WC.

Следует понимать, что изобретение в его различных аспектах и предпочтительных воплощениях обеспечивает множество преимуществ. Изобретение было разработано, в частности, для улучшения эрозионной стойкости нанесенных лазерным плакированием слоев КМММ и в различных предпочтительных воплощениях обеспечивает одно или более из следующих преимуществ в этом контексте: отсутствие поддающегося измерению геометрического разбавления материалом основы, повышенная эффективность напыления, более низкие тепловые воздействия на частицы твердой фазы, возможность увеличения процентного содержания удержанных частиц твердой фазы без увеличения пористости или растрескивания, возможность напыления частиц твердой фазы меньшего размера, существенно улучшенное распределение частиц твердой фазы, более гладкая поверхность после напыления, пониженное остаточное напряжение в нанесенном слое, меньшая деформация, возможность нанесения тонких покрытий с очень большими скоростями перемещения (что дает способу возможность конкурировать по экономичности с традиционными способами, такими как твердое хромирование для осаждения защитных слоев), более низкая энергия, поставляемая лазером в металл основы, меньшие зоны термического воздействия и возможность напыления функционально градиентных слоев за одну стадию. На основе существенно улучшенной методологии нанесения покрытия по изобретению также обеспечивают погружной пневматический бурильный молоток с существенно улучшенными характеристиками износостойкости.

В этих и других отношениях изобретение предоставляет практическое и коммерческое значительное усовершенствование по сравнению с предшествующим уровнем техники.

Хотя изобретение описано со ссылкой на конкретные примеры, специалист понимает, что изобретение можно реализовать во многих других формах. Также нужно понимать, что различные аспекты и воплощения описанного изобретения можно реализовать либо независимо, либо в совокупности со всеми осуществимыми перестановками и сочетаниями других аспектов и воплощений. Все такие перестановки и сочетания следует считать раскрытыми в данном документе.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ плакирования поверхности изделия, включающий стадии:
 - обеспечение запаса исходного материала, причем указанный исходный материал представляет собой композиционный материал с металлической матрицей, имеющий состав, включающий материал матрицы и армирующий материал, диспергированный в материале матрицы;
 - подача исходного материала к части поверхности изделия посредством предназначенного для этого средства подачи;
 - нагрев части поверхности изделия посредством лазера, так что подаваемый исходный материал и часть поверхности по меньшей мере частично расплавляются, в результате чего, после удаления тепла, расплавленные исходный материал и часть поверхности образуют связанный слой покрытия, осажденный посредством перекрытия наплавных слоев на поверхности изделия, где каждый осажденный наплавной слой перекрывается с ранее осажденным наплавным слоем в степени, составляющей от 75 до 95% от ширины соответствующего наплавного слоя; и
 - регулирование средства подачи и лазера так, чтобы обеспечить осаждение наплавных слоев связанного слоя покрытия с поверхностной скоростью, составляющей от 4000 до 40000 мм/мин, чтобы тем самым обеспечить связанный слой покрытия по существу с равномерным распределением армирующего материала в материале матрицы, и одновременно повышая поверхностную скорость и степень перекрытия наплавных слоев.
2. Способ по п.1, включающий стадию обеспечения средства выборочного регулирования с программным управлением, выполненного для регулирования перемещения средства подачи и лазера относительно изделия.
3. Способ по п.1 или 2, включающий стадию установки выходной мощности лазера от приблизительно 3 до приблизительно 20 кВт.

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, включающий стадию установки выходной мощности лазера от приблизительно 4 до приблизительно 10 кВт.

5. Способ по любому из предшествующих пунктов, включающий стадию обеспечения оптического фокусирующего устройства для направления и фокусирования лазерного луча от лазера на требуемой части поверхности изделия.

6. Способ плакирования поверхности изделия по любому из предшествующих пунктов, включающий стадию осаждения многослойного функционально градиентного слоя покрытия на поверхность изделия.

7. Способ плакирования поверхности изделия по п.6, включающий стадию обеспечения устройства подачи по меньшей мере с двумя подающими соплами для напыления двойного градиентного слоя покрытия за один проход, где устройство подачи содержит первое подающее сопло, выполненное для напыления первого исходного материала непосредственно на поверхность изделия с образованием первичного подслоя покрытия, и второе подающее сопло, выполненное для напыления второго исходного материала на первый подслой с образованием вторичного подслоя покрытия.

8. Способ плакирования поверхности изделия по п.6 или 7, включающий стадию осаждения многослойного покрытия за один проход на поверхности изделия.

9. Способ плакирования поверхности изделия по любому из предшествующих пунктов, в котором материал матрицы является износостойким и образован из самофлюсующегося сплава.

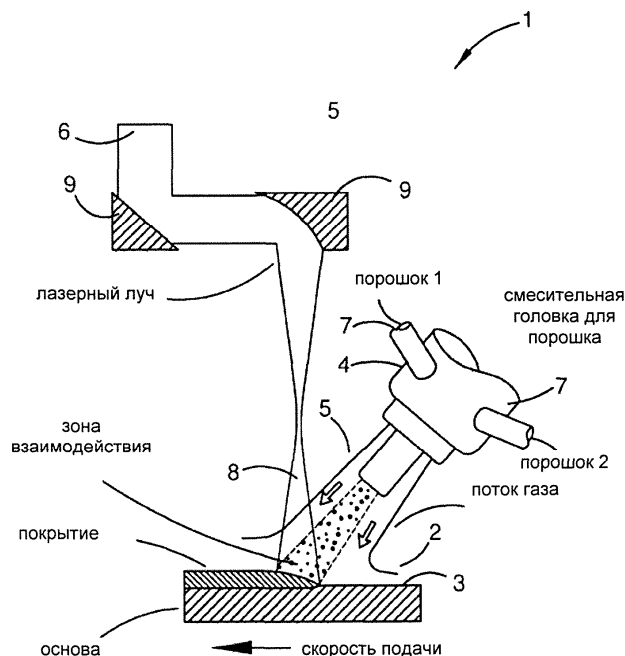
10. Способ плакирования поверхности изделия по любому из предшествующих пунктов, в котором армирующий материал представляет собой материал в виде частиц, гранул, порошка или волокон.

11. Способ плакирования поверхности изделия по п.9 или 10, в котором износостойкий материал матрицы выбирают из группы, включающей никель, кобальт и железо.

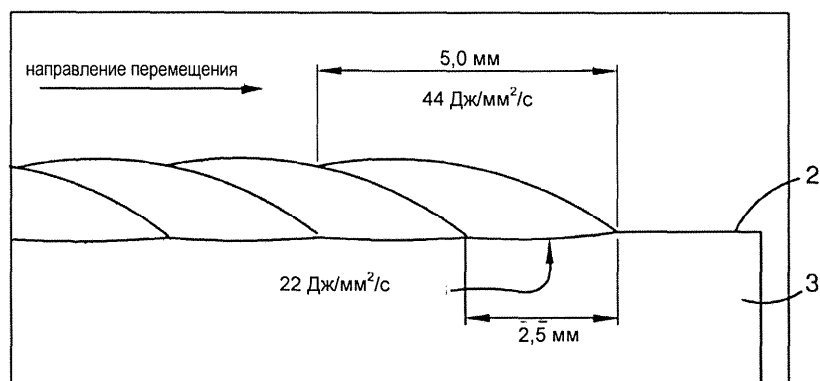
12. Способ плакирования поверхности изделия по любому из предшествующих пунктов, в котором армирующий материал выбирают из группы, включающей карбид вольфрама, карбид титана, карбид хрома, карбид ниобия, карбид кремния, карбид ванадия и карбид бора.

13. Способ плакирования поверхности изделия по любому из предшествующих пунктов, в котором композиционный материал с металлической матрицей содержит приблизительно от 5 до 90 мас.% связующей фазы - материала матрицы и от 10 до 95 мас.% частиц твердой фазы - армирующего материала.

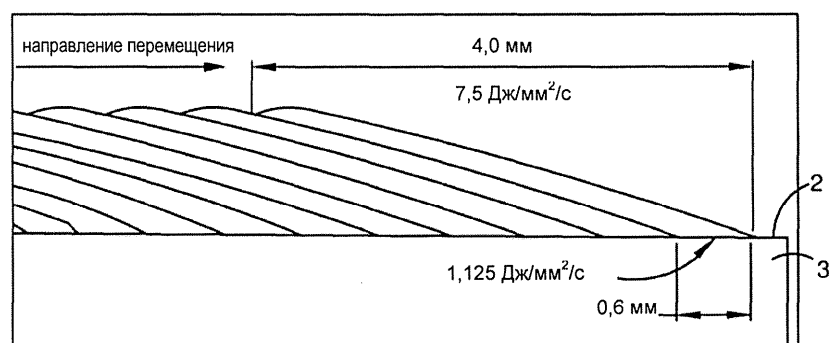
14. Способ плакирования поверхности изделия по любому из предшествующих пунктов, в котором слой композиционного материала с металлической матрицей содержит 68 мас.% WC и 32 мас.% сплава NiBSi.



Фиг. 1

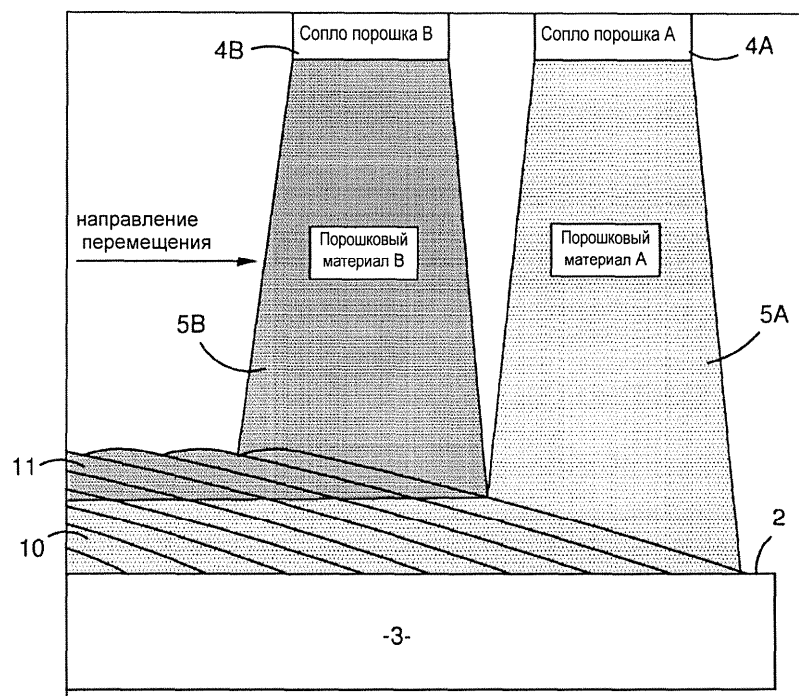


Схематическое представление плакированного лазером слоя с перекрытием 50%
Фиг. 2



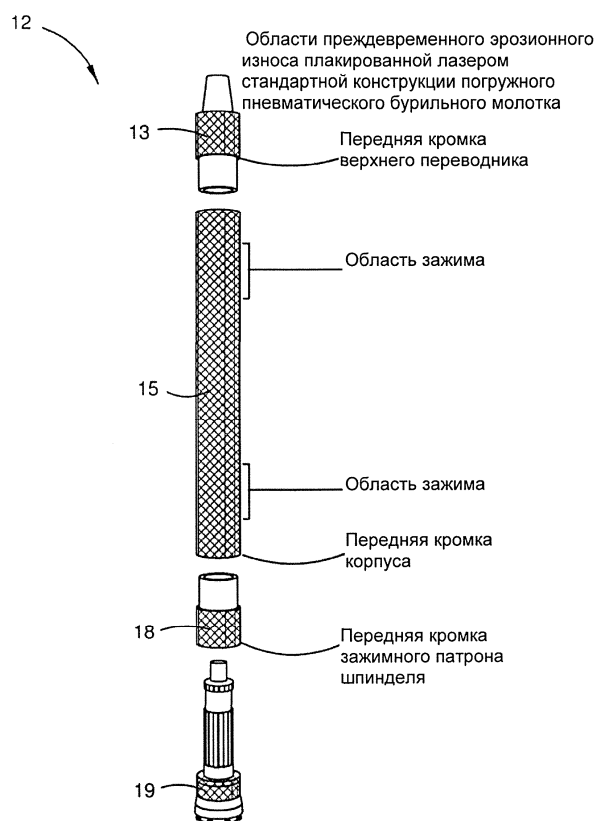
Схематическое представление полученного высокоскоростным лазерным напылением слоя с перекрытием 85%

Фиг. 3

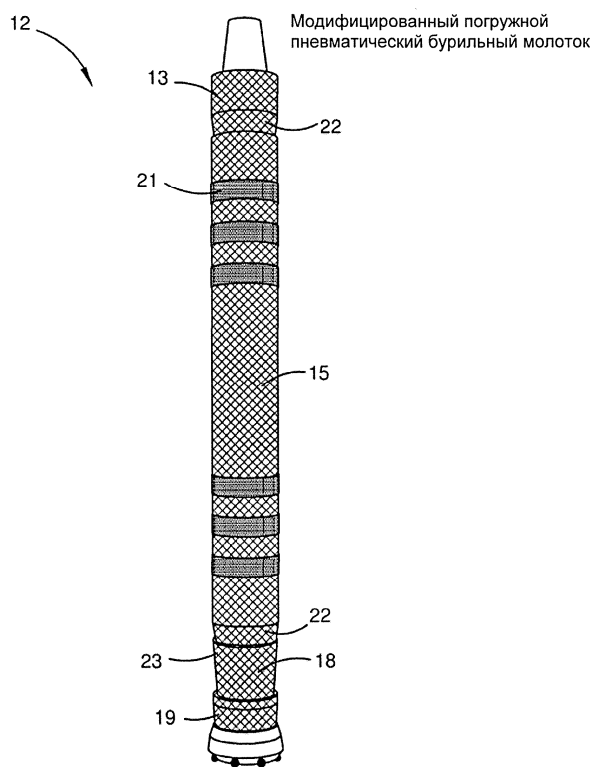


Схематическое представление высокоскоростного лазерного напыления функционально градиентного слоя с перекрытием 85%

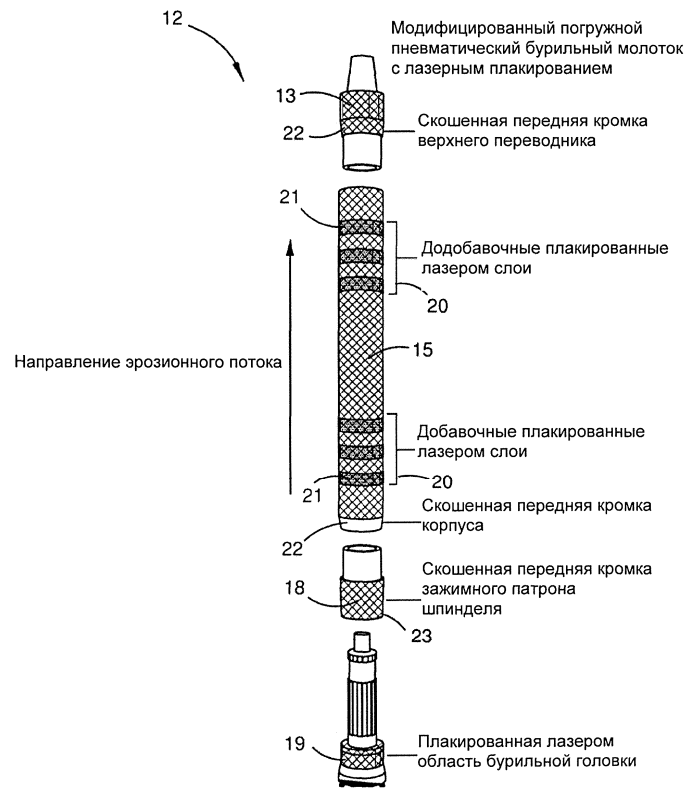
Фиг. 4



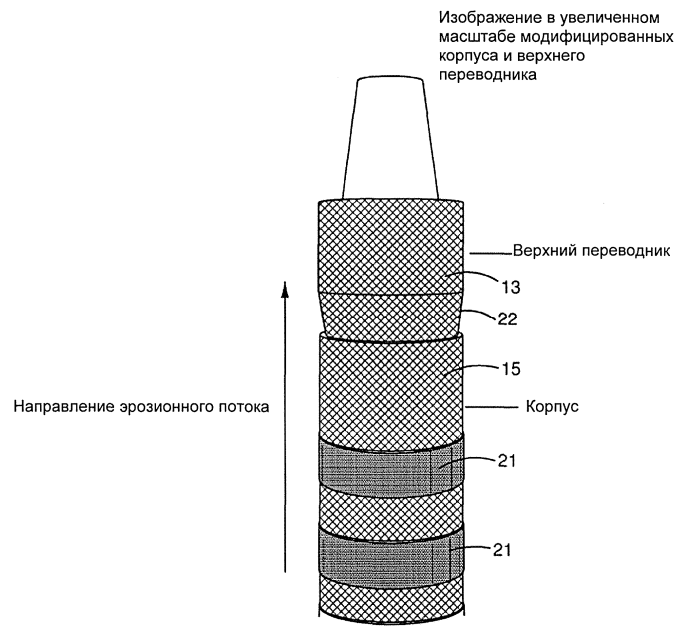
Фиг. 5



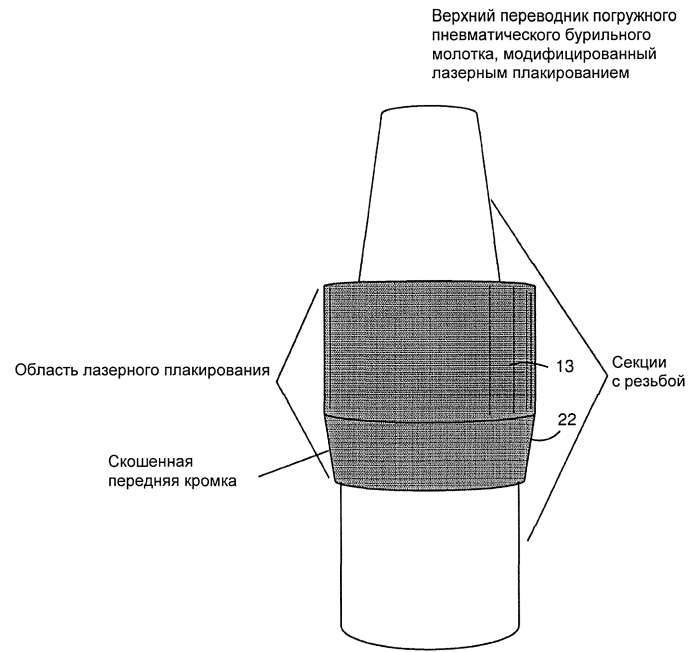
Фиг. 6



Фиг. 7



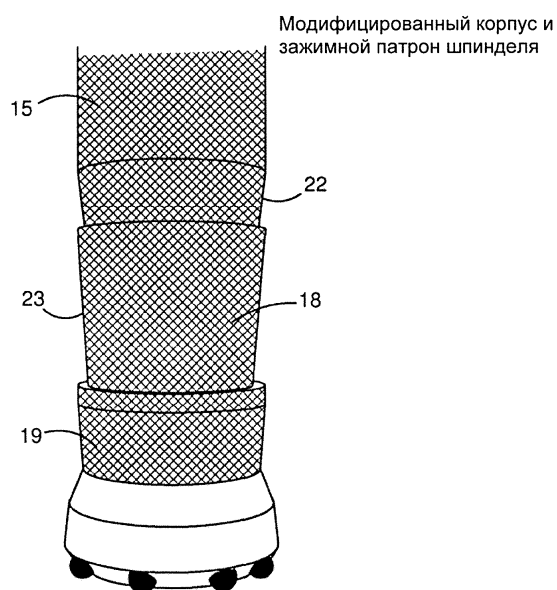
Фиг. 8



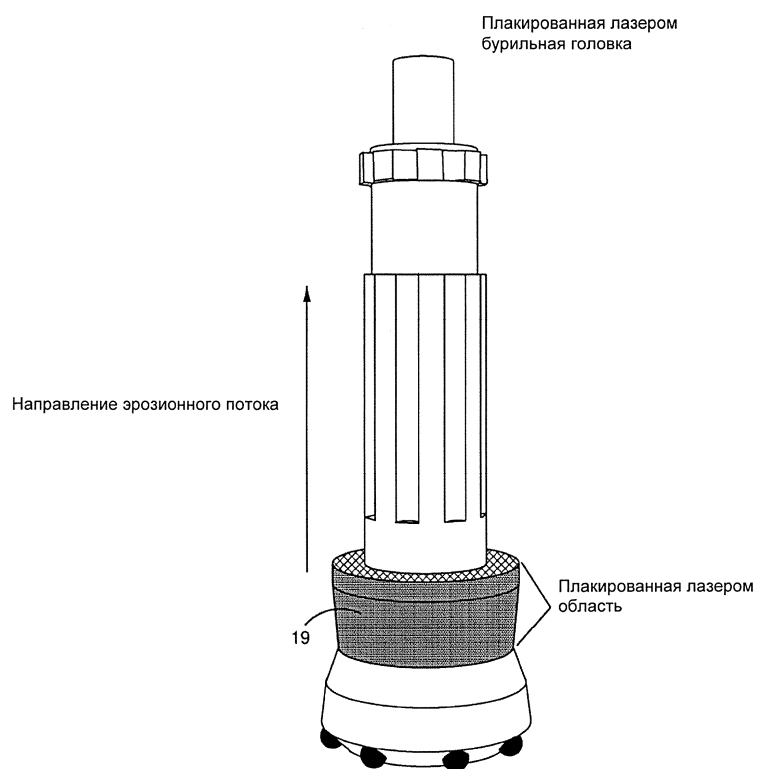
Фиг. 9



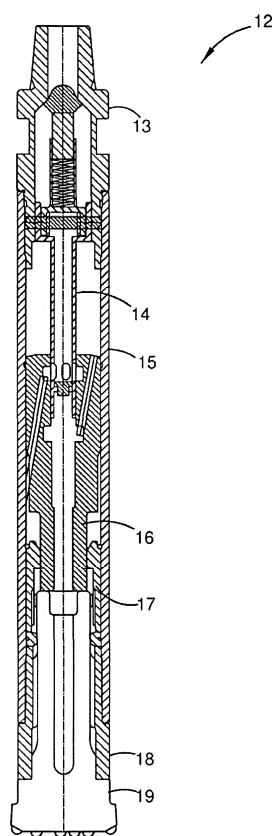
Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13

