

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **041938**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2022.12.16**

(21) Номер заявки  
**201991018**

(22) Дата подачи заявки  
**2017.11.22**

(51) Int. Cl. **C21D 7/02** (2006.01)  
**C22C 38/04** (2006.01)  
**C22C 38/38** (2006.01)

---

(54) **СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ**

---

(31) **16200246.3**

(32) **2016.11.23**

(33) **EP**

(43) **2019.11.29**

(86) **PCT/EP2017/080115**

(87) **WO 2018/095993 2018.05.31**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ОУТОКУМПУ ОЮЙ (FI)**

(72) Изобретатель:  
**Фрёлих Томас, Линднер Стефан (DE)**

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

(56) EP-A1-2090668  
US-A-4217136  
DE-A1-19607828  
US-A1-2015376749  
US-A1-2010258218

(57) Изобретение относится к способу изготовления детали (6) сложной формы путем использования аустенитных сталей в многоэтапном процессе (4), в котором холодную деформацию (2) и нагревание (3) чередуют для обеспечения по меньшей мере двух этапов многоэтапного процесса (4). В течение каждого этапа процесса материал и изготавливаемая деталь имеют аустенитную микроструктуру с обратимыми немагнитными свойствами.

**B1**

**041938**

**041938**

**B1**

Представленное изобретение относится к способу изготовления очень сложных деталей из аустенитных материалов путем выполнения многоэтапного процесса формообразования, включающего холодную деформацию в комбинации с термической обработкой. Во время деформации в аустенитных материалах наблюдалось двойникование, приводящее к уменьшению пластичности.

При конструировании кузова автомобиля детали со сложными геометрическими формами изготавливают из стали путем мягкой глубокой вытяжки. Существуют требования для обеспечения наибольшей прочности, небольшого веса, компактности или безопасности, и доступные высокопрочные стали, такие как двухфазные стали, многофазные стали или стали сложной фазы очень часто достигают предела своей пластичности. Во время изготовления детали определенные установленные механические параметры и элементы микроструктуры (во время изготовления стали) восприимчивы к последующей обработке или этапам тепловой обработки. Таким образом, их свойства меняются, что нежелательно.

Одним из решений является горячая деформация, например так называемая закалка под прессом, в ходе которой бор-марганцевые стали, подлежащие тепловой обработке, нагревают до температуры аустенизации (выше 900°C), выдерживают в течение определенного времени для обеспечения упрочнения и затем окончательно формируют деталь в устройстве горячей деформации при указанных высоких температурах. В этот же момент формообразования тепло от листового материала передается контактирующим поверхностям инструмента, и, таким образом, материал остывает. Этот процесс описан, например, в заявке № 20040231762 A1 на патент США. Благодаря процессу горячей деформации части со сложной формой могут быть выполнены из высокопрочного материала, но с остаточным удлинением на наименьшем уровне (как правило, менее 5%).

Таким образом, невозможно осуществить последующие этапы холодной деформации, а также обеспечить большое энергопоглощение при ударе детали кузова автомобиля. Кроме того, не всегда требуется обеспечить предел прочности на разрыв, составляющий 1500 МПа, например, когда система становится слишком жесткой. Кроме того, издержки, затраты на ремонт и энергоресурсы, а также необходимое помещение для печей с вращающимся инструментом оказываются очень велики, при этом с предельной продолжительностью производственного цикла по сравнению с холодной деформацией. Более того, обеспечен низкий уровень защиты от коррозии по сравнению со сталью с покрытием, которая получена путем холодной деформации.

Многие десятилетия при изготовлении предметов для домашнего использования используют аустенитную нержавеющую сталь, обрабатываемую путем холодной деформации для получения частей сложной формы, таких как раковины. Используемые материалы сплавляют с хромом и никелем под действием упрочняющего TRIP-эффекта (TRIP или ПНП - пластичность, обусловленная превращением), при котором метастабильная аустенитная микроструктура под формирующей нагрузкой переходит в мартенсит. При комнатной температуре аустенитная микроструктура стабильна из-за низкой температуры образования мартенсита. В литературе этот эффект хорошо известен как "деформация, вызванная образованием мартенсита". Недостаток использования таких материалов в сложных процессах холодной деформации состоит в том, что изначально аустенитный материал меняет свои свойства, обретая мартенситную микроструктуру с более низкой пластичностью, большей прочностью и, в итоге, со сниженной возможностью поглощения энергии. Более того, этот процесс необратим. Преимущества аустенитного материала, такие как немагнитные свойства, утрачиваются и не будут наблюдаться у детали, изготовленной из указанного материала. Необратимое изменение микроструктуры является серьезным недостатком для сложных многоэтапных процессов формообразования, в которых остаточное удлинение является недостаточным. Кроме того, TRIP-эффект зависит от температуры, что приводит к дополнительным затратам для обеспечения охлаждения инструмента. Более того, при обработке таких материалов есть риск возникновения напряжений, обусловленных замедленным трещинообразованием во время изменения микроструктуры материалов в процессе образования мартенсита. Энергия дефекта упаковки таких материалов с TRIP-эффектом составляет менее 20 мДж/м<sup>2</sup>. Кроме того, при мартенситном превращении возникает риск водородного охрупчивания.

Описанная аустенитная нержавеющая сталь с TRIP-эффектом в исходном состоянии является немагнитной. В публикации DE 102012222670 A1 описан способ местного нагрева деталей, изготавливаемых из нержавеющей стали с TRIP-эффектом, в результате которого обеспечивается более интенсивное образование мартенсита. Более того, оборудование для индукционного нагрева аустенитной нержавеющей стали с мартенситным превращением создано путем местной рекристаллизации на мартенситных участках детали.

В международной публикации WO 2015028406 A1 описан способ упрочнения металлического листа, в ходе которого прочность поверхности увеличивают путем дробеструйной обработки или обдувки металлической крошкой. В результате поверхность, которая может быть поверхностью раковины, становится более устойчивой к возникновению царапин. В особенности следует отметить использование метастабильных хром-никелевых сплавов 1.4301.

Цель данного изобретения заключается в устранении некоторых недостатков известного уровня техники и обеспечении способа изготовления детали сложной формы из аустенитной стали, обладающей немагнитными свойствами как в конце, так и на всех этапах обработки. Многоэтапный процесс, вклю-

чающий деформацию в сочетании с нагреванием, позволяет получить материал с обратимыми свойствами благодаря упрочняющему TWIP-эффекту и стабильной аустенитной микроструктуре. Существенные признаки изобретения приведены в прилагаемой формуле изобретения.

Сталь, используемая в данном изобретении, содержит межузельные свободные атомы азота и углерода, при этом общая массовая доля углерода и азота (C+N) составляет по меньшей мере 0,4%, но менее 1,2%, при этом сталь предпочтительно может содержать хром с массовой долей более 10,5% и, таким образом, представляет собой аустенитную нержавеющую сталь. Другим ферритообразующим элементом, подобным хрому, является кремний, который во время изготовления стали выполняет функцию восстановителя. Кроме того, кремний повышает твердость и прочность материала. В представленном изобретении массовая доля кремния в стали составляет менее 3% для ограничения образования трещин при нагревании во время сварки, более предпочтительно менее 0,6% для предотвращения насыщения восстановителя и еще более предпочтительно менее 0,3% для предотвращения возникновения легкоплавких фаз на основе железа и кремния и ограничения нежелательного уменьшения энергии дефекта упаковки. В случае, когда сталь в основном содержит по меньшей мере один элемент для образования ферритовой фазы, такой как хром или кремний, для обеспечения сбалансированного и устойчивого состава аустенита в микроструктуре стали оставшуюся долю составляют аустенитообразующие элементы, такие как углерод или азот, а также марганец с массовой долей от 10% и не более 26%, предпочтительно 12-16%, углерод и азот, каждый с массовой долей от 0,2 до 0,8%, никель с массовой долей не более 2,5%, предпочтительно менее 1%, или медь с массовой долей не более 0,8%, предпочтительно 0,25-0,55%.

Согласно данному изобретению части сложной формы могут быть изготовлены путем многоэтапного процесса, включающего холодную деформацию и нагревание, с обеспечением сохранения или оптимизации свойств аустенитного материала после завершения указанного процесса.

Этапы деформации, входящие в указанный многоэтапный процесс, выполняют путем осуществления гидромеханических процессов глубокой вытяжки, таких как гидравлическая вытяжка листов или деформация под действием высокого внутреннего давления.

Кроме того, этапы деформации в ходе указанного многоэтапного процесса выполняют путем глубокой вытяжки, прессования, врезания, выдавливания, сгибания, ротационного выдавливания или вытяжки растяжением.

В соответствии с данным изобретением в многоэтапном процессе формообразования используется аустенитная сталь с удлинением  $A_{80}$  не менее 50%, при этом указанный материал характеризуется упрочняющим TWIP-эффектом (TWIP - пластичность, наведенная двойникованием), определенным установленным значением энергии дефекта упаковки не менее 20 и не более 30 мДж/м<sup>2</sup>, предпочтительно 22-24 мДж/м<sup>2</sup>, благодаря чему в течение всего процесса формообразования обеспечена стабильная аустенитная микроструктура, а также стабильные немагнитные свойства.

Настоящее изобретение относится к способу осуществления многоэтапного процесса формообразования, в котором деформация и нагревание являются двумя разными этапами процесса, при этом многоэтапный процесс формообразования металла включает по меньшей мере два разных (или независимых друг от друга) этапа, причем по меньшей мере один этап является этапом деформации. Другой этап может представлять собой дополнительный этап формообразования или, например, тепловую обработку. Кроме того, согласно изобретению описан последующий процесс, который включает деформацию и нагревание для создания деталей сложной формы и в котором для достижения этой задачи используют аустенитную (нержавеющую) сталь с упрочняющим TWIP-эффектом, который обеспечивает особые свойства и возможности для формообразования сложных деталей, изготавливаемых из аустенитных сталей с использованием упрочняющего TWIP-эффекта (пластичность, наведенная двойникованием). Во время нагревания двойники в микроструктуре используемого TWIP-материала распадаются, а во время формообразования двойники восстанавливаются в микроструктуре используемого TWIP-материала.

Детали сложной формы известны из области производства деталей из листовых материалов и используются при изготовлении бытовых приспособлений, потребительских товаров или при конструировании кузовов автомобилей. Кроме этого, подробно спроектированные детали сложной геометрической формы обеспечивают преимущество, позволяя сохранить количество частей или встроить дополнительные функции. Деталь сложной формы, полученная в результате многоэтапного процесса, такая как предмет домашнего обихода, может представлять собой кухонную раковину или емкости для домашнего применения, такие как барабан посудомоечной или стиральной машины. Кроме того, функциональные или конструктивные требования, такие как ограничения по размерам, например, продольной части автомобиля, или обеспечение определенного объема, например, баков и резервуаров также относятся к обеспечению сложной конфигурации конструкции. Дополнительные конструктивные решения, например раковина или аварийные элементы для восприятия нагрузки, такие как аварийный комплект в автомобильных бамперных системах, также могут быть получены при осуществлении заявленного способа. Кроме того, данное изобретение применимо для получения навесных деталей транспортных конструкций, таких как двери сложной формы или усилители боковых дверей, а также для предметов интерьера, таких как части сидений, в особенности задние спинки сидений. Деталь, подвергнутая деформации в соответствии с представленным изобретением, может найти применение в транспортных системах, таких

как автомобили, грузовики, автобусы, железнодорожные или сельскохозяйственные транспортные средства, а также в автомобильной промышленности, например, в виде манжеты для подушки безопасности или трубки для подвода топлива.

Многоэтапный процесс формообразования является альтернативой процессу холодной деформации, например, при температуре ниже  $100^{\circ}\text{C}$  и не ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ , но предпочтительно при комнатной температуре и последующем кратковременном нагревании. Количество этапов зависит от сложности получаемой формы.

Данное изобретение более подробно проиллюстрировано на прилагаемых чертежах, на которых:

фиг. 1 иллюстрирует изменение прочности на разных этапах процесса;

фиг. 2 иллюстрирует двойникование, выявленное в ходе металлографической экспертизы;

фиг. 3 иллюстрирует диаграмму степени деформации аустенитной TWIP-стали;

фиг. 4 иллюстрирует результат упрочнения путем краевого наклепа;

фиг. 5 иллюстрирует результат упрочнения поверхности путем дробеструйной обработки;

фиг. 6 иллюстрирует результат тепловой обработки поверхности с азотированием на механические свойства аустенитной TWIP-стали;

фиг. 7 иллюстрирует многоэтапный процесс формообразования металла.

Фиг. 1 иллюстрирует измеренное упрочнение детали, получаемое после указанной деформации и нагревания. Показано сравнение прочности на разных этапах указанного многоэтапного процесса: в исходном состоянии для основного материала (слева), после первого этапа деформации со степенью деформации 20% (посередине), и после нагревания (справа); для каждого состояния было проведено 10 измерений прочности.

Фиг. 2 иллюстрирует двойникование, выявленное в ходе металлографической экспертизы при измерении прочности, показанном на фиг. 1.

Фиг. 3 изображает диаграмму формообразования аустенитной TWIP-стали, содержащей 12-17% хрома и марганца.

Фиг. 4 иллюстрирует результат упрочнения путем краевого наклепа легированной TWIP-стали, содержащей 12-17% хрома и марганца.

Фиг. 5 иллюстрирует результат упрочнения поверхности путем дробеструйной обработки полностью аустенитной TWIP-стали.

Фиг. 6 иллюстрирует результат тепловой обработки поверхности с азотированием на механические свойства аустенитной TWIP-стали после отжига  $R_{p0,2}$  = предел текучести,  $A_{80}$  = удлинение после разрыва,  $A_g$  = равномерное удлинение; обозначения для образца: A = образец в исходном состоянии после отжига, N = образец после азотирования.

Фиг. 7 иллюстрирует многоэтапный процесс формообразования металла, включающий разные этапы нагревания и деформации с использованием упрочняющего TWIP-эффекта.

Во время деформации под действием TWIP-эффекта будет обеспечено упрочнение материала, используемого в указанном способе, но материал сохранит аустенитную микроструктуру. Для аустенитного TWIP-материала степень деформации должна составлять не более 60%, предпочтительно не более 40%. Если деформационный потенциал, определяемый степенью деформации материала, достигается в конце указанного способа или в том случае, если для выполнения деформации требуется приложить значительные усилия посредством инструментов, может быть начат второй этап, на котором выполняют нагревание. Во время последующего этапа нагревания двойники разрушаются, и обеспечивается размягчение материала. Вследствие указанных выше характеристик материала данный способ является обратимым процессом. Процесс нагревания может быть осуществлен с помощью одного формообразующего инструмента с использованием индукции или теплопроводности. Температура нагрева должна составлять  $750-1150^{\circ}\text{C}$ , предпочтительно  $900-1050^{\circ}\text{C}$ . Этот процесс может быть осуществлен столько раз, сколько потребуется для получения требуемой сложной геометрической формы.

Исходная толщина листа, используемого в указанном многоэтапном процессе, должна быть менее 3 мм, предпочтительно 0,25-1,5 мм. Согласно изобретению, также возможно использование гибких прокатанных листов.

Указанная деталь имеет форму листа, трубы, профиля, проволоки или соединительной заклепки.

На фиг. 2 проиллюстрировано двойникование, выявленное в ходе металлографической экспертизы при измерении прочности, показанном на фиг. 1. Двойникование, происходящее в результате деформации, и разрушение двойников при нагревании может быть легко выявлено. На последующем этапе деформации после нагревания двойникование возобновляется, что вновь приводит к упрочнению детали. Этот процесс может быть осуществлен периодически и повторно столько раз, сколько потребуется для получения требуемой геометрии, а также для достижения требуемых значений механической прочности и удлинения. Таким образом, последним этапом указанного многоэтапного процесса может быть этап деформации с обеспечением определенной степени деформации, а также этап с обеспечением местного нагревания. Для TWIP-стали, которая сплавлена с 12-17% хрома и марганца, используют диаграмму формообразования, чтобы откорректировать существенные параметры получаемой детали (см. фиг. 3). Как видно на фиг. 3, в изобретении особое применение находят стали с высокой или ультравысокой

прочностью, у которых минимальное значение предела текучести составляет не менее 500 МПа. Этапы нагревания могут быть осуществлены с использованием индукционного нагрева, теплопроводности или с использованием инфракрасного излучения. Возможная скорость нагревания составляет 20 К/с и не оказывает влияния на двойники.

Кроме того, процессы формообразования могут быть выполнены с помощью формообразующего инструмента. В результате, при выполнении известных операций упрочнение основного материала может составить более 160%. Этот недостаток, проявляющийся в виде кромочного упрочнения, может быть устранен благодаря последующему этапу нагревания. В результате вероятность краевого трещинообразования может быть значительно снижена.

Другое преимущество изобретения заключается в возможности обеспечения определенной величины сжимающего напряжения на поверхности при выполнении поверхностного формообразования, такого как дробеструйная обработка, обдувка металлической крошкой или высокочастотное дробление, для снижения краевого трещинообразования или тенденции к трещинообразованию на поверхности, а также для обеспечения лучшего усталостного поведения, когда деталь, полученная в результате многоэтапного формообразования, подвергается нагрузкам, вызывающим усталость, как, например, деталь автомобиля. Такая обработка поверхности в целом широко известна, однако в комбинации с указанными характеристиками материалов она позволяет получить новые свойства, поскольку микроструктура и, соответственно, свойства материала (например, если материал немагнитный) не будут изменены. Результат такого сочетания процесса и материала отражен в значениях, приведенных в таблице, в которой значения, полученные в результате упрочнения поверхности (при дробеструйной обработке) и последующей тепловой обработки, соответствуют уровню остаточных напряжений полностью аустенитных TWIP-сталей.

Материал	Предел текучести	Остаточные напряжения на поверхности [МПа]		
	[МПа]	Исходное состояние	После дробеструйной очистки	После последующей тепловой обработки
TWIP-сталь	515	28	-811	-560
Состояние после отжига				
TWIP-сталь	811	102	-889	-589
После механического упрочнения				

В таблице положительные значения означают растягивающие напряжения на поверхности, отрицательные значения отражают величину сжимающих напряжений.

Общая погрешность измерений может составить +/- 30 МПа. Как видно из таблицы, уровень напряжений в материале в исходном состоянии, в особенности механически упрочненного холоднопрокатного материала, может быть изменен путем поверхностного формообразования до не критических величин сжатия. Такая операция также может быть включена в многоэтапный процесс формообразования, поскольку высокий уровень сжимающей нагрузки также может быть обеспечен после последующей тепловой обработки.

Деталь сложной формы, полученная в результате многоэтапного процесса, может найти применение в качестве детали автомобиля, такой как кузов, бамперная система, трубопровод или деталь шасси, например рычаг подвески. Кроме того, деталь сложной формы, полученная в результате многоэтапного процесса и выполненная в виде крепежной детали, может использоваться в транспортных конструкциях, таких как дверь, закрылок, разборная стрела или борт, несущий нагрузку, и в предмете интерьера транспортной конструкции в виде части конструкции сиденья, например в виде спинки сиденья.

Также в ходе многоэтапного процесса обеспечены возможности создания деталей сложной формы в виде части системы впрыскивания топлива, такой как заправочная горловина, или в виде бака или контейнера для автомобилей, грузовиков, транспортных конструкций, железнодорожных и сельскохозяйственных транспортных средств, а также для автомобильной промышленности, и в строительстве в виде сосуда под давлением или парового котла, или такая деталь может использоваться в качестве кожуха для аккумуляторов в электрических транспортных средствах или гибридных автомобилях.

Дополнительное воздействие на поверхность, такое как поверхностное формообразование, может быть выполнено путем тепловой обработки с азотированием или науглероживанием. Оба элемента, азот и углерод, действуют в качестве аустенитообразующих элементов и, соответственно, локально стабилизируют энергию дефекта упаковки и возникающий в результате упрочняющий TWIP-эффект. Результатом азотирования или науглероживания является упрочнение близповерхностной структуры детали, как показано на фиг. 5. Кроме того, близповерхностная структура определяет механические характеристики TWIP-сталей, представленные в виде значений на фиг. 6.

Обработка поверхности путем азотирования или науглероживания при температуре 500-650°C, предпочтительно 525-575°C, входит в указанный многоэтапный процесс для обеспечения устойчивости к царапинам и в то же время для обеспечения немагнитной поверхности детали.

Многоэтапный процесс формообразования металла проиллюстрирован на фиг. 7 и включает использование листа, пластины, трубы 1 и выполнение по меньшей мере двух разных (или независимых друг от друга) этапов, причем по меньшей мере один этап является этапом 2 деформации. Следующий этап 3 включает тепловую обработку. Количество этапов в многоэтапном процессе 4 зависит от сложности 5 получаемой формы. В результате осуществления указанного способа получают деталь 6 сложной формы.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления детали (6) сложной формы путем использования аустенитных сталей в многоэтапном процессе (4), в котором холодную деформацию (2) и нагревание (3) чередуют по меньшей мере на двух этапах многоэтапного процесса (4), причем температура нагревания на этапах (3) нагревания составляет от 750 до 1150°C, а холодную деформацию (2) выполняют при температуре от -20 до 100°C, при этом материал представляет собой аустенитную сталь с упрочняющим TWIP-эффектом, которая имеет изначальное удлинение  $A_{80}$ , составляющее не менее 30%, отличающийся тем, что сталь имеет определенную установленную энергию дефекта упаковки, составляющую от 20 до 30 мДж/м<sup>2</sup>, и степень деформации не более 60%, так что материал в течение каждого этапа указанного процесса и изготавливаемая деталь имеют аустенитную микроструктуру с немагнитными обратимыми свойствами.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что во время нагревания двойники в микроструктуре используемого TWIP-материала распадаются, а во время деформации двойники в микроструктуре используемого TWIP-материала восстанавливаются.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что исходная толщина листа (1), используемого в многоэтапном процессе (4), должна быть менее 3 мм, предпочтительно 0,25-1,5 мм.

4. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что общая массовая доля углерода и азота (C+N) в аустенитной стали, подлежащей деформации, составляет более 0,4%, но менее 1,2%.

5. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что указанная деталь имеет форму (1) листа, трубы, профиля, проволоки или соединительной заклепки.

6. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что используемый материал представляет собой стабильную полностью аустенитную сталь (1), подвергнутую упрочняющему TWIP-механизму с определенной энергией дефекта упаковки в диапазоне 22-24 мДж/м<sup>2</sup>.

7. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что используемый материал имеет изначальное удлинение  $A_{80}$ , которое составляет не менее 50%.

8. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что используемая аустенитная TWIP-сталь содержит марганец с массовой долей от 10 и до не более 26%, предпочтительно 12-16%.

9. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что используемая аустенитная TWIP-сталь представляет собой нержавеющую сталь с содержанием хрома более 10,5%, предпочтительно 12-17%.

10. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что этапы деформации многоэтапного процесса (4) выполняют путем глубокой вытяжки, прессования, врезания, выдавливания, сгибания, ротационного выдавливания или вытяжки растяжением.

11. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что этапы деформации многоэтапного процесса (4) выполняют путем осуществления гидромеханических процессов глубокой вытяжки, таких как гидравлическая вытяжка листов или деформация под действием высокого внутреннего давления.

12. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что температура нагревания на этапах (3) нагревания находится в диапазоне 900-1050°C.

13. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что этапы (3) нагревания многоэтапного процесса (4) выполняют с использованием индукционного нагревания, теплопроводности или нагревания ИК-излучением.

14. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что многоэтапный процесс (4) включает процесс (2) деформации в качестве неокончательного этапа, который предшествует последующему этапу (3) нагревания.

15. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что указанный многоэтапный процесс включает поверхностную формообразующую обработку, такую как дробеструйная обработка, обдувка металлической крошкой или высокочастотное дробление, для создания устойчивой к царапинам и нагруженной сжатием поверхности детали, которая в то же время является немагнитной.

16. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что указанный многоэтапный процесс (4) включает тепловую обработку поверхности с азотированием или науглероживанием, выполняемую при температуре нагревания 500-650°C, предпочтительно 525-575°C, для создания устойчивой к царапинам и в то же время немагнитной поверхности указанной детали.

17. Применение детали сложной формы, полученной в результате многоэтапного процесса и изготовленной способом по п.1, в качестве детали, выбранной из группы, состоящей из следующего: предмет

домашнего обихода, такой как кухонная раковина, ванна для домашнего применения, барабан посудомоечной машины и барабан стиральной машины.

18. Применение детали сложной формы, полученной в результате многоэтапного процесса и изготовленной способом по п.1, в качестве детали автомобиля, выбранной из группы, состоящей из следующего: кузов, бамперная система, желоб или деталь шасси, такая как рычаг подвески.

19. Применение детали сложной формы, полученной в результате многоэтапного процесса и изготовленной способом по п.1, в качестве крепежной части для транспортных конструкций, выбранной из группы, состоящей из следующего: дверь, заслонка, разборная стрела или борт, несущий нагрузку.

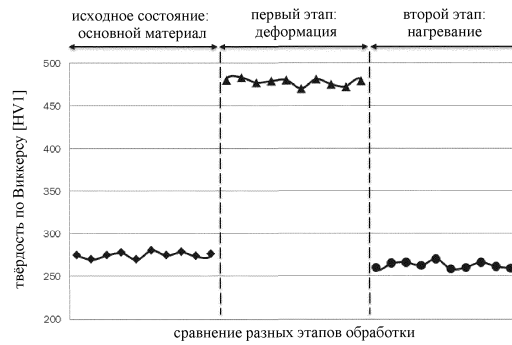
20. Применение детали сложной формы, полученной в результате многоэтапного процесса и изготовленной способом по п.1, в качестве предмета интерьера транспортной конструкции, такой как компонент конструкции сиденья, такой как спинка сиденья.

21. Применение детали сложной формы, полученной в результате многоэтапного процесса и изготовленной способом по п.1, в качестве части системы впрыска топлива, такой как наливная горловина.

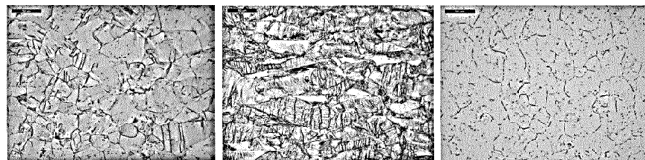
22. Применение детали сложной формы, полученной в результате многоэтапного процесса и изготовленной способом по п.1, в качестве бака, или контейнера, для автомобилей и грузовиков.

23. Применение детали сложной формы, полученной в результате многоэтапного процесса и изготовленной способом по п.1, в качестве сосуда под давлением, или парового котла.

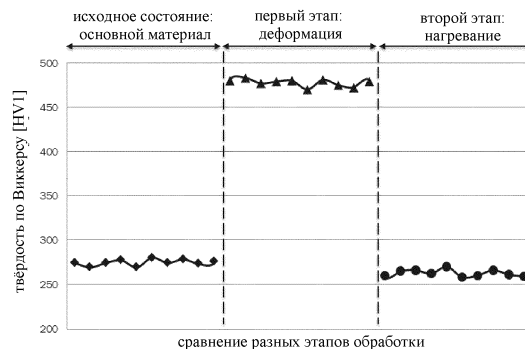
24. Применение детали сложной формы, полученной в результате многоэтапного процесса и изготовленной способом по п.1, в качестве компонента в электрических транспортных средствах или гибридных автомобилях, такого как кожух для аккумуляторов.



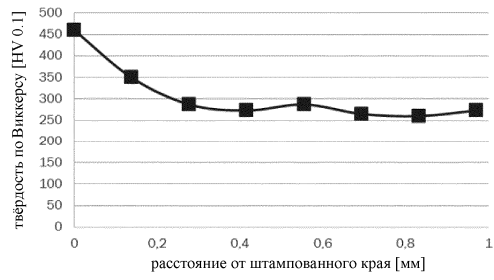
Фиг. 1



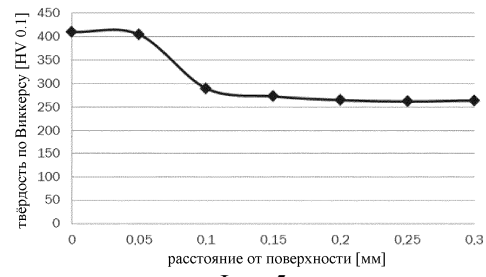
Фиг. 2



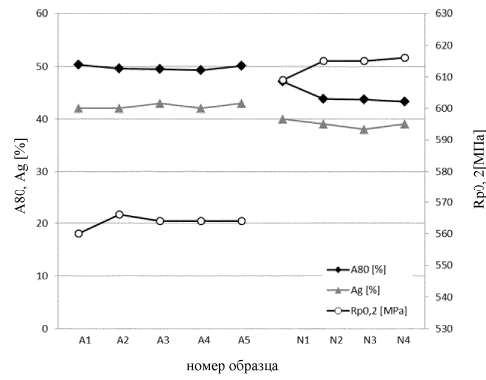
Фиг. 3



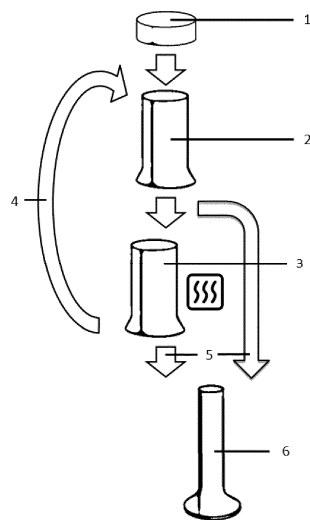
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7