

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202090792 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2020.06.15

(51) Int. Cl. *B21B 1/06* (2006.01)  
*C21D 8/02* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2018.10.10

(54) СПОСОБ ЧАСТИЧНОЙ ХОЛОДНОЙ ДЕФОРМАЦИИ СТАЛИ С ОДНОРОДНОЙ ТОЛЩИНОЙ

(31) 17195782.2

(32) 2017.10.10

(33) EP

(86) PCT/EP2018/077648

(87) WO 2019/072937 2019.04.18

(71) Заявитель:  
ОУТОКУМПУ ОЙЙ (FI)

(72) Изобретатель:

Линднер Штефан, Хайдекер Клэр  
(DE)

(74) Представитель:

Поликарпов А.В., Соколова М.В.,  
Билык А.В., Дмитриев А.В., Черкас  
Д.А., Игнатъев А.В., Путинцев А.И.  
(RU)

(57) Изобретение относится к способу частичного упрочнения стального листа путем холодной деформации, в котором частичное упрочнение стали выполняют путем холодной деформации с использованием многостадийного процесса прокатки и отжига, при этом для получения стального листа однородной толщины применяют стальной лист по меньшей мере с двумя зонами, имеющими различные значения механических и/или физических свойств в продольном направлении материала.



A1

202090792

202090792

A1

## СПОСОБ ЧАСТИЧНОЙ ХОЛОДНОЙ ДЕФОРМАЦИИ СТАЛИ С ОДНОРОДНОЙ ТОЛЩИНОЙ

Настоящее изобретение относится к способу холодной деформации стали с использованием многостадийного процесса прокатки и отжига для получения стального листа однородной толщины с по меньшей мере двумя зонами, имеющими различные значения механических и/или физических свойств в продольном направлении полосы или рулона.

В частности, при производстве транспортных систем, таких как корпуса автомобилей, железнодорожные или коммерческие транспортные средства, а также в других машиностроительных применениях, инженеры используют специальные меры для предусмотрения подходящего материала в нужном месте для соответствия как компонента, так и собранного изделия локально изменяющимся местным требованиям. В таких случаях, предположительно, противоречивые требования, такие как облегченный вес и безопасность (корпус автомобиля) или тепло в сочетании с коррозионной стойкостью и эффективностью затрат (выхлопная система), проблематичны для инженеров. Традиционными решениями являются так называемые «конструкции из множества материалов» с использованием различных материалов в одном собранном продукте, в результате чего могут быть получены так называемые «заказные продукты». Последние представляют собой металлические изделия, которые являются комбинациями по меньшей мере двух разных марок материала и/или толщин материала. Заказные продукты могут быть классифицированы в зависимости от формы изделия (рулон, полоса, лист, заготовка, труба) или применяемого процесса изготовления/сборки, такого как заказные сварные изделия, заказные «лоскутные» изделия, заказные клеенные изделия или заказные прокатные изделия.

Заказные прокатные изделия современного уровня техники характеризуются разными толщинами материалов по всей длине и могут быть разрезаны для создания одной первоначальной заготовки. Гибкие катаные заготовки применяются в противоаварийных компонентах, таких как стойки, поперечины и продольные брусы для автомобильных компонентов. Гибкие катаные заготовки дополнительно применяют в боковых стенках, крышах или соединительных частях железнодорожных транспортных средств, а также в автобусах и грузовых автомобилях. Однако в предшествующем уровне техники термин «подходящий материал» для гибких катаных заготовок означает только наличие подходящей толщины в нужном месте, так как во время производственного

процесса гибкой прокатки механические свойства останутся неизменными по всему продукту.

Таким образом, инженерно-конструкторский способ, благодаря которому компонент может выдерживать предельную нагрузку  $F$  при приложении нагрузки, состоит только в адаптации толщины. Кроме того, отношение предельных нагрузок  $F$ , обусловленных толщиной, прочности на растяжение  $R_m$  и ширины материала между прокатанной гибким способом зоной и непрокатанной частью должно быть постоянным. Таким образом, невозможно создать зоны с различной прочностью и пластичностью для последующего формовочного процесса. Как правило, повторный процесс последующего рекристаллизационного отжига и стадия цинкования идут после процесса гибкой прокатки или эксцентриковой прокатки.

Заявка на патент DE 10041280 представляет собой первоначальный патент на гибкую катаную заготовку в целом. В нем описан способ изготовления и оборудование для изготовления металлической полосы различной толщины. Для этого можно использовать верхний и нижний валки и изменять зазор валка. Однако в этой заявке на патент DE 10041280 ничего не говорится о влиянии толщины на прочность и удлинение и о соотношении между прочностью, удлинением и толщиной. Кроме того, требуемый материал для этой взаимосвязи не описан, поскольку не описан аустенитный материал. В заявке на патент WO 2015107393A1 также описан способ производства полосы, имеющей переменную толщину по длине.

В публикации US 2006033347 описаны гибкие катаные заготовки для использования во многих автомобильных решениях, а также способ применения листового материала с различной толщиной. Кроме того, в публикации US 2006033347 описаны необходимые кривые толщины листа, которые имеют значение для различных компонентов. Однако влияние прочности и удлинения, корреляция между прочностью, удлинением и толщиной, а также необходимый материал для этой взаимосвязи не описаны.

В публикации WO 2014/202587 описан способ изготовления для производства автомобильных деталей с полосой изменяемой толщины. Публикация WO 2014/202587 относится к применению упрочняемых прессованием мартенситных низколегированных сталей, таких как 22MnB5, для решений по формовке в горячем состоянии. Однако не описаны взаимосвязь между механико-технологическими значениями и толщиной, а также аустенитный материал с описанными специфическими свойствами микроструктуры.

В заявке EP 16191364.5, во-первых, описан усовершенствованный способ холодной деформации аустенитной стали путем использования эффекта упрочнения аустенитной

стали за счет TWIP (пластичности, обусловленной двойникованием), TWIP/TRIP или TRIP (пластичности, обусловленной превращением) в процессе деформации для получения зон в продукте из аустенитной стали, которые имеют различные значения механических и/или физических свойств в сочетании с изменением толщины. Один из недостатков в данном случае заключается в зависимости таких локально разных значений от толщины. В таких процессах изготовления компонентов, как формовка, штамповка, сварка или пайка, благодаря однородной толщине обработка становится легче и при этом улучшается повторяемость и воспроизводимость, а также снижается интенсивность отказов.

Заявка на патент EP 2090668 относится к процессу получения высокопрочного стального продукта, причем продукт получают из горячекатаной и/или холоднокатаной и отожженной TWIP-стали при начальном соотношении предела текучести и прочности на растяжение  $R_i$ , причем часть TWIP-стали затем подвергают холодной прокатке, выбранной с возможностью получения желаемого соотношения предела текучести и прочности на растяжение ( $R_d$ ) в этой части. Изобретение также относится к процессу получения заказной катаной заготовки и к такой заготовке.

Публикация WO 2009/095264 относится к способу изготовления полосы TWIP-стали, причем расплавленную сталь отливают в машине непрерывного литья с одной или более лентами для формирования плоской заготовки, имеющей толщину по меньшей мере 30 мм и не более 120 мм, и при этом с помощью тепла от отливки, перемещают через печной аппарат, подвергают горячей прокатке в стане горячей прокатки, содержащем одну или более клетей, в стальную полосу требуемой конечной толщины ( $h_f$ ), i. в процессе бесконечной прокатки, причем a. имеется транспортный путь для материала между сталью в машине непрерывного литья, в печном аппарате и стане горячей прокатки и зоной необязательного принудительного охлаждения, или b. причем плоские заготовки из множества лент соединены с возможностью формирования непрерывной заготовки, благодаря чему появляется транспортный путь для материала между сталью в печном аппарате и стане горячей прокатки и зоной необязательного принудительного охлаждения; или ii. в процессе полубесконечной прокатки, причем имеется транспортный путь для материала между сталью в печном аппарате и стане горячей прокатки и зоной необязательного принудительного охлаждения, и при этом полосу после бесконечной или полубесконечной прокатки и после необязательного принудительного охлаждения разрезают на части желаемой длины, которые впоследствии сворачивают в рулон.

Публикация WO 2015107393 относится к способу изготовления полосы с переменной толщиной по длине, причем указанный способ включает в себя следующие стадии: - равномерная холодная прокатка первоначальной полосы вдоль длины для

получения промежуточной полосы, имеющей постоянную толщину в направлении прокатки; - гибкая холодная прокатка промежуточной полосы вдоль длины для получения полосы, имеющей переменную толщину вдоль длины, причем первые зоны имеют первую толщину ( $e + s$ ), а вторые зоны имеют вторую толщину ( $e$ ), которая меньше первой толщины ( $e + s$ ); - промежуточный отжиг полосы. Скорость пластической деформации после необязательного промежуточного отжига, обусловленная стадиями равномерной холодной прокатки и гибкой холодной прокатки в первых зонах, равна 30% или более.

Цель настоящего изобретения состоит в устранении недостатков предшествующего уровня техники и в обеспечении усовершенствованного способа холодной деформации стали с использованием многостадийного процесса прокатывания и отжига для получения стального листа однородной постоянной толщины с по меньшей мере двумя зонами, имеющими различные значения и/или физические свойства в продольном направлении полосы или рулона. Многостадийный процесс, относящийся к настоящему изобретению, по существу состоит из трех стадий. Первая стадия представляет собой гибкую прокатку, вторая стадия представляет собой отжиг, а третья стадия представляет собой окончательную гибкую прокатку в порядке, обратном первой стадии, поэтому третью стадию выполняют в порядке, обратном стадии 1, а последняя стадия обработки представляет собой отжиг полосы. Основные признаки настоящего изобретения приведены в прилагаемой формуле изобретения.

В способе в соответствии с настоящим изобретением в качестве исходного материала используют горяче- или холоднодеформированную полосу, лист, пластину или рулон, изготовленные из стали однородной толщины в продольном направлении. Уменьшение толщины при дополнительной (холодной) деформации исходного материала сочетают с конкретным и сбалансированным локальным изменением механических свойств материала, таких как предел текучести, прочность на растяжение и удлинение. (Холодную) деформацию первой стадии процесса выполняют в виде гибкой холодной прокатки или эксцентриковой холодной прокатки. Толщина материала различна вдоль одного направления, в частности в направлении продольного растяжения материала в соответствии с направлением (холодной) формовки / прокатки стали. Частично/локально (холодно-)деформированные зоны имеют желаемую конечную толщину и демонстрируют повышение прочности с одновременным уменьшением удлинения в этой части деформированного продукта. На второй стадии обработки частично деформированный металл отжигают, вследствие чего изделие имеет различную толщину в продольном направлении, но по существу однородные свойства материала во всем изделии. Общая процедура до этого момента более или менее известна в процессах существующего уровня

техники. Теперь в качестве последней стадии процесса и с использованием способа изобретения третью стадию выполняют в виде гибкой холодной прокатки или эксцентриковой холодной прокатки, но в порядке, обратном первой стадии, а значит, на данном этапе ранее более толстые зоны деформируют (посредством холодной деформации) до уровня толщины уже тонких деформированных зон. В результате конечный (холодно-)деформированный продукт имеет однородную толщину повсюду, но с частично/локально различными значениями механических свойств в продольном направлении полосы. Зоны, подвергнутые (холодной) деформации до стадии отжига, находятся в отожженном состоянии и характеризуются меньшей прочностью и большей пластичностью. И наоборот, зоны, подвергнутые (холодной) деформации на последнем этапе обработки, могут характеризоваться повышенной прочностью с меньшей пластичностью. Переходная зона между описанными зонами характеризуется однородным переходом в отношении их механических, технологических и физических свойств. Крутизна края должна быть обратной, но постоянной между первой и последней стадиями процесса изобретения для обеспечения однородной толщины. Таким образом, при отрегулированной крутизне края, на длину переходной зоны можно влиять, регулируя ее с учетом конечного компонента совместимым с изготовлением и соответствующим назначению способом.

Максимальное уменьшение толщины  $\Delta h$  представляет собой зависящее от материала значение, определяемое кривой пластической деформации. Одно основное значение кривой пластической деформации представляет собой напряжение пластического течения  $K_f$  в  $\text{Н/мм}^2$ . Степень формования  $\varphi$  по существу определяет постоянное геометрическое изменение части из-за формовочного процесса в качестве значения изменения формы. В таблице 1 приведены типичные технически возможные степени формования для разных марок.

Таблица 1

Марка материала	Микроструктура	Степень формования [%]	Напряжение пластического течения, [ $\text{Н/мм}^2$ ]
1.4003	ферритная	33	680
1.4301	аустенитная	25	630
1.4509	ферритная	40	630
1.4678	аустенитная	15	950

В способе изобретения материал подвергают холодной деформации путем холодной прокатки для получения по меньшей мере двух зон материала с различными специфическими взаимосвязями между первоначальной (до последней стадии) толщиной, пределом текучести  $R_{p0,2}$  [МПа], прочностью на растяжение  $R_m$  [МПа] и удлинением  $A_{80}$  [%] в продольном и/или поперечном направлении холоднодеформированного материала. Максимальная степень формования должна быть равной  $\Phi \leq 70\%$  или менее. Для обеспечения постоянной толщины во всех зонах после последней стадии процесса степень формования первой и выполняемой в обратном порядке третьей стадии процесса должна быть идентичной. Теоретически можно разделить способ первой стадии процесса, а также третьей стадии процесса на различные промежуточные стадии процесса, имеющие в конце в качестве суммы также идентичную степень формования без изменения порядка трех основных стадий процесса. С точки зрения экономической эффективности предпочтительным является выполнение способа настоящего изобретения в рамках трех описанных основных стадий.

Может быть определена зона 1  $A_1$ , которую прокатывают до почти конечной толщины, затем отжигают и почти не деформируют на последней стадии с меньшей прочностью и высокой пластичностью. Кроме того, может быть определена зона 2  $A_2$ , которая почти не зависит от холодной прокатки на первой стадии, затем подвергается отжигу, а на конечной стадии — холодной деформации, демонстрируя высокую прочность при меньшей пластичности. Зона может быть определена как зона,

$$A_i = L_i * w * t \quad (1)$$

в которой  $L$  представляет собой длину платформы зоны [мм],  $w$  — постоянную ширину изделия [мм], а  $t$  — конечную однородную толщину.

Зоны контактируют друг с другом преимущественно через продольную и/или поперечную переходную зону между этими зонами. В смежных зонах с различными механическими величинами до и после переходной зоны предельную нагрузку  $F_1$  для отожженного материала и предельную нагрузку  $F_2$  для материала, деформированного на заключительной стадии, определяют с помощью формул

$$F_1 = R_{m1} * w * t \quad (2)$$

и

$$F_2 = R_{m2} * w * t \quad (3)$$

В сравнении с настоящим изобретением применили следующее правило расчета процессов существующего уровня техники:

$$F_1 = R_m * w * t_1 \quad (4)$$

и

$$F_2 = R_m * w * t_2 \quad (5)$$

причем прочность на растяжение постоянна, а толщина различна.

Если сохранить ширину материала в качестве постоянного коэффициента, коэффициент предельной нагрузки  $\Delta F$  в процентах между значениями толщины  $t_1$  и  $t_2$  составит

$$\Delta F = (F_2/F_1) \quad (6)$$

и относительная толщина  $\Delta t$  в процентах между нагрузками  $F_1$  и  $F_2$  соответственно составляет

$$\Delta t = (t_2/t_1) \quad (7)$$

Для настоящего изобретения  $\Delta t = 1,0$  всегда допустимо.

Тогда отношение  $r$  между  $\Delta F$  и  $\Delta t$  составляет

$$r = \Delta F / \Delta t = R_{m2}/R_{m1} \quad (8).$$

Кроме того, определяют отношение  $r\Phi$  между отношением  $r$  и степень формования  $\Phi$  в процентах при помощи формулы

$$r_\Phi = (r/\Phi)*100 \quad (9).$$

В соответствии с изобретением отношение  $r$  находится в диапазоне от  $1,0 > r > 2,0$ , предпочтительно  $1,20 > r > 1,75$ , а коэффициент предельной нагрузки  $\Delta F > 1,0$ , предпочтительно  $< 1,2$ . Кроме того, степень формования  $\Phi$  находится в диапазоне  $5 \leq \Phi \leq 60$ , предпочтительно  $10 \leq \Phi \leq 40$ , а отношение  $r_\Phi > 4,0$ .

Для процесса существующего уровня техники с отожженным материалом толщина является единственной влияющей переменной, учитывая постоянность ширины (а также прочности на растяжение) по всему рулону из-за отожженного состояния. Для материала настоящего изобретения максимальная допустимая нагрузка на площадь определяется конкретным материалом в зависимости от указанных выше характеристик и на основе специфической концепции легирования и микроструктуры.

Из-за различных уровней упрочнения (в данном случае на уровень влияют зависящее от материала уменьшение толщины и конечные значения, которые индивидуальны для каждого применения) прочность на растяжение  $R_m$  теперь представляет собой основную влияющую переменную в соответствии с изобретением, а формулы (2) и (3) могут быть перенесены в формулу (8). В формуле (6) с помощью отношения силы различных зон толщины и отношения  $r$  формулы (8) отображена возможность связи с отношением между толщиной  $t$  и прочностью на растяжение  $R_m$ . Для настоящего изобретения относительная толщина  $\Delta t$ , которую использовали на различных

стадиях многостадийного процесса в качестве отношения между  $t_2$  и  $t_1$ , составляла в конце всего процесса в каждый момент времени коэффициент 1,0. Значение формулы (7) соответствует  $\Delta t = 1,0$  после последней стадии процесса и всегда допустимо. Материал настоящего изобретения после завершения многостадийного процесса в каждом месте обладает практически постоянной толщиной с двойным значением допуска в соответствии со стандартом DIN\_EN\_ISO\_9445-2, более предпочтительно значением в соответствии со стандартом. Например, допуск по толщине материала толщиной 1,5 мм с производственной шириной 1250 мм составляет в таком случае  $\pm 0,120$  мм, более предпочтительно  $\pm 0,060$  мм. В этом заключается важное отличие всех процессов гибкой прокатки существующего уровня техники, в которых различные зоны имеют существенно отличающиеся толщины. Дополнительный способ описания материала, изготовленного в соответствии с настоящим изобретением, представлен формулой (9), в которой показано соотношение между специфичной для данного материала степенью формования  $\Phi$  и отношением  $r$  из формулы (8). Степень формования представляет собой параметр деформации, который в целом описывает долговременные геометрические изменения компонента в процессе формования. Таким образом, соотношение формулы (9) можно использовать для определения необходимых усилий для получения дополнительного преимущества в отношении прочности. В настоящем изобретении значение  $r_\Phi$  должно быть  $\geq 4,0$ , в противном случае попытки получить более высокое значение упрочнения для нагрузки становятся неэффективными.

Холоднодеформированный продукт в соответствии с изобретением может быть дополнительно разрезан на листы, пластины, рулонную полосу или непосредственно доставлен в виде рулона или полосы. Эти заготовки могут быть дополнительно обработаны в виде трубы или другой желаемой геометрической формы в зависимости от целевой области применения.

Преимущество настоящего изобретения в комбинации с применяемыми сталями состоит в сочетании зон с высокой прочностью и зон высокой пластичности с однородной толщиной. Таким образом, настоящее изобретение дает преимущество изготовителям компонентов, состоящее в отсутствии необходимости адаптации технологических параметров в ходе процесса из-за изменения толщины для процессов формования, штамповки, сварки или пайки. В результате рабочему персоналу легче осуществлять манипуляции, и при этом повышается повторяемость и воспроизводимость, а интенсивность отказов при производстве компонентов становится ниже. Например, отказы не могут появиться из-за перемещения вставленного в инструмент листа, в котором сварочный шов (для сваривания заказных продуктов) или толщина листа в

определенных местах нежелательны. Таким образом, настоящее изобретение отличается от других гибких катаных заготовок известного уровня техники сочетанием однородной толщины с конкретным и сбалансированным локальным изменением механических свойств листа, пластины или рулона с помощью процесса холодной прокатки. Таким образом, нет необходимости в энергоемкой и затратной термообработке, такой как упрочнение прессованием с последующим местным отжигом и более низким выходом.

В настоящем изобретении можно получить прокатанный материал путем гибкой или эксцентриковой прокатки с возможностью получения более пластичных зон, в которых материал может утончаться, и при этом материал может быть (дополнительно) упрочнен благодаря формующему потенциалу. С другой стороны, существуют зоны высокой прочности для зон компонентов, таких как основание компонента для глубокой вытяжки, в которых обычно эффект упрочнения не может быть реализован из-за слишком низкой степени деформации во время процесса глубокой вытяжки.

В связи с настоящим изобретением предпочтительно используют следующие стали:

- нержавеющие стали в целом;
- стали с аустенитной микроструктурой в сочетании с эффектом упрочнения за счет TWIP, TRIP/TWIP или TRIP.

При использовании нержавеющих сталей дополнительное покрытие поверхности не требуется. При использовании материала в качестве компонента для транспортных средств достаточно стандартной катафоретической картины корпуса автомобиля. В этом заключается преимущество в отношении затрат, сложности производства и защиты от коррозии, особенно для деталей, подвергнутых влажной коррозии. В сочетании с настоящим изобретением существует дополнительное преимущество в отношении покраски: обработка легче, а качество лучше из-за однородной толщины. Благодаря нержавеющей стали не нужен последующий процесс цинкования после процесса гибкой холодной прокатки или процесса эксцентриковой холодной прокатки с теми же преимуществами, что и для покраски. Что касается хорошо известных свойств нержавеющей стали, конечный холоднокатаный материал имеет улучшенные свойства, а именно: отсутствие окалина, тепло, коррозионная устойчивость и кислотоустойчивость. Следовательно, холоднокатаные материалы изобретения можно использовать в высокотемпературных решениях, таких как вытяжные системы, а также для компонентов в аккумуляторных электромобилях, таких как корпус аккумулятора. Дополнительное преимущество полностью аустенитных TWIP-упрочненных (нержавеющих) сталей заключается в немагнитных свойствах в таких условиях, как формование или сварка. Таким образом, эти стали подходят для применения в качестве гибких катаных

материалов настоящего изобретения в компонентах аккумуляторного электромотоцикла, таких как электрические двигатели.

Материал, произведенный в соответствии с настоящим изобретением, особенно подходит для противоаварийных частей, в которых должна быть высокая пластичность в определенных местах для деформации и поглощения энергии, а в других случаях — высокая прочность для устойчивости к постороннему воздействию. Такими примерами служат крешбоксы, средние стойки или рессоры, причем последние определяются различными коэффициентами жесткости  $D$  рессоры для различных сегментов. Коэффициент жесткости рессоры, как правило, определяют следующим образом:

$$D = (E * A) / L_0 \quad (10)$$

где  $E$  представляет собой, как правило, зависящий от материала модуль Юнга [ $\text{Н/мм}^2$ ],  $L_0$  [ $\text{мм}$ ] — длина рессоры или, скорее, компонента рессорной подвески, а  $A$  — площадь поперечного сечения [ $\text{мм}^2$ ].

Материал настоящего изобретения действует как составная листовая рессора, в которой компенсирующий коэффициент жесткости может представлять собой последовательное соединение:

$$D = \sum 1 / D_i = 1/D_1 + 1/D_2 + 1/D_3 + \dots + 1/D_n \quad (11)$$

Каждая гибкая прокатанная зона имеет один собственный коэффициент жесткости  $D_i$ .

Модуль Юнга почти постоянен для каждой зоны гибкого катаного материала настоящего изобретения, но упрочненные холодной деформацией зоны повышенной прочности могут выдерживать более высокую нагрузку до пластической деформации или, скорее, достижения предела текучести в определенной зоне.

Компонент, изготавливаемый в соответствии с изобретением,

- представляет собой автомобильный компонент, такой как втулка подушки безопасности, компонент корпуса автомобиля, такой как шасси, подрамник, стойка, поперечина или продольный брус, канал, рампа коромысел;
- представляет собой компонент коммерческого транспортного средства с полуобработанным листом, трубой или профилем;
- представляет собой компонент железнодорожного вагона с непрерывной длиной  $\geq 2000$  мм, такой как боковая стенка, пол или крыша;
- представляет собой трубку, изготовленную из полосы или рулонной полосы;

- представляет собой навесную деталь автомобиля, такую как противоаварийный усилитель двери;
- представляет собой компонент с немагнитными свойствами для транспортных средств с электрическим приводом;
- представляет собой износо- и/или коррозионностойкий компонент, такой как отрезные ножи, лемехи, или конструктивный компонент, такой как удлинитель для сельскохозяйственных применений;
- представляет собой компонент шасси для автомобилей, грузовиков или автобусов;
- используют в качестве рессоры с сегментированными зонами, а значит, представлены различные коэффициенты жесткости в определенных местах;
- представляет собой профилированный или гидроформованный компонент для применения в транспорте.

Предпочтительный компонент, изготовленный из материала настоящего изобретения, может представлять собой поперечину, поддерживающую аккумуляторный отсек для аккумуляторного электромобиля (АЭМ), причем зона с более высокой прочностью охватывает сам аккумуляторный отсек. Зоны с более низкой прочностью выступают в боковом направлении, причем они представляют собой конструктивно предусмотренные зоны деформации во время удара об аккумуляторный электромобиль и, следовательно, поглощают энергию удара. Таким образом, зоны повышенной прочности не являются деформируемыми зонами.

Другой предпочтительный вариант осуществления настоящего изобретения заключается в использовании такого материала в качестве полного замкнутого кольца в поперечном направлении транспортного средства. Типичный пассажирский автомобиль современного технического уровня проектируют с двумя средними стойками с каждой стороны, дополненными поперечиной в крыше и полу транспортного средства и собранными друг с другом или с другими окружающими компонентами. С помощью материала настоящего изобретения можно создавать зоны различной прочности, имеющие в то же время непрерывную толщину. В результате можно использовать одно большое кольцо, в которое входят как средние стойки, так и поперечины крыши и пола. Сборка сокращается до одной операции соединения для замыкания кольца. Благодаря этому снижаются расходы на производство транспортных средств, а также нужно меньше времени на операцию соединения, меньше необходимых инвестиций и меньше время производства. С точки зрения производства материала различные из этих поперечных

колец могут быть расположены параллельно по ширине для обеспечения оптимальной материалоемкости с небольшим объемом отходов, вследствие чего также значительно возрастает экономическая эффективность. Поперечные кольца могут быть расположены попеременно в направлении прокатки, а значит, один и тот же порядок прокатки и резания по всей длине рулона или полосы будет повторяться.

Настоящее изобретение более подробно описано со ссылкой на следующие чертежи.

На Фиг. 1 показана первая стадия процесса, на которой используют частично/локально холоднодеформированные зоны с желаемой конечной толщиной и повышенной прочностью и при этом одновременно уменьшенным удлинением на этой части деформированного продукта.

На Фиг. 2 представлен материал, полученный после последней стадии обработки в порядке, обратном первой стадии, причем теперь благодаря холодной деформации толщина ранее более толстых зон соответствует уровню толщины уже тонких деформированных зон.

На Фиг. 3 представлен один предпочтительный пример применения материала, полученного способом настоящего изобретения.

На Фиг. 4 показан другой предпочтительный пример применения материала, полученного способом настоящего изобретения.

На Фиг. 5 показан другой предпочтительный вариант использования материала, полученного способом настоящего изобретения.

На Фиг. 1 представлен современный уровень техники, в котором зона 2 с повышенной толщиной ( $t_i$  = первоначальной толщиной) используется для высоконагруженных зон из-за постоянных механико-технологических значений во всех зонах материала. Зона 1 представляет собой уменьшенную зону с конечной толщиной  $t_f$  после холодной прокатки. На Фиг. 1 также представлена стадия 1 настоящего изобретения.

На Фиг. 2 представлено изобретение, в котором зона 2 с упрочнением холодной деформацией и, следовательно, более высоким уровнем прочности используется для высоконагруженных зон после создания постоянной толщины  $t_f$  (конечная толщина после обработки) во всех зонах материала.

Фиг. 3 представляет собой среднюю стойку автомобиля. В верхней зоне, которая представляет собой горловину и зону для головы пассажира, необходим более высокий первоначальный уровень прочности для создания предпочтительно недеформируемой зоны компонента и, следовательно, для защиты пассажира. Для нижней зоны средней стойки необходим значительно более пластичный материал для обеспечения

комплексного формования детали в процессе изготовления компонента. При этом после формования необходима предпочтительно высокая оставшаяся пластичность для поглощения энергии при аварии и, следовательно, для защиты пассажира.

На Фиг. 4 представлена опорная балка автомобильной приборной панели. Материал, полученный в соответствии со способом настоящего изобретения, дополнительно обрабатывали до получения сварной трубы с продольным швом, имеющей по меньшей мере две зоны с различными значениями механических и/или физических свойств в продольном направлении трубы. Далее применяли процесс гидроформования с формированием конечной геометрии компонента. Зоны без формования или с малой степенью формования могут быть спроектированы с большей первоначальной прочностью с помощью способа настоящего изобретения. С другой стороны, зонам сложной формы придают нужные размеры с большей пластичностью с помощью способа настоящего изобретения. При использовании полностью аустенитной TWIP-стали зоны сложной формы упрочняют в процессе изготовления компонента, а нижние или несформированные зоны имеют изначально высокую прочность благодаря способу настоящего изобретения.

На Фиг. 5 представлена схема резания рулона или полосы, изготовленной в соответствии со способом настоящего изобретения. Таким образом, поперечное кольцо объединяет формально отдельные части двух средних стоек, поперечины крыши и поперечины пола. При этом различные поперечные кольца могут быть расположены параллельно по ширине для обеспечения оптимальной материалоемкости с небольшим объемом отходов. Вследствие этого (согласно Фиг. 5) поперечные кольца могут быть расположены попеременно в направлении прокатки, а значит один и тот же порядок прокатки и резания по всей длине рулона или полосы будет повторяться. На Фиг. 5 зоны материала с более высокой прочностью, но с более низкой пластичностью обозначены буквами HS/LD, которые обычно необходимы и приведены в качестве примера на Фиг. 5 для древовидной схемы средних стоек и поперечины крыши. В этих зонах необходима устойчивость к ударным нагрузкам при наличии недеформируемых зон. С другой стороны, зоны материала с более низкой прочностью, но с более высокой пластичностью, как правило, обозначены буквами LS/HD, которые обычно необходимы и приведены в качестве примера на Фиг. 5 для опор средних стоек, связей средних стоек с крышей и поперечиной днища кузова. Задача опор средних стоек заключается в поглощении энергии при аварии, тогда как связям средних стоек с крышей необходима высокая пластичность для соединения зон с продольными структурами крыши. Кроме того, поперечина днища кузова имеет сложную форму для повышения жесткости компонента, а

значит, здесь необходима высокая пластичность. Переходные зоны между зонами материала с более высокой и более низкой прочностью показаны на Фиг. 5 в виде буквы Т.

Способ в соответствии с настоящим изобретением испытывали на нержавеющей сталях 1.4301 (TRIP-упрочненная аустенитная, легированная CrNi), 1.4462 (ферритно-аустенитная дулексная структура, легированная CrNiMo) и 1.4678 (TWIP-упрочненная полностью аустенитная, легированная CrMn). Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Марка	Первоначальная толщина [мм]	Конечная толщина [мм]	Прочность на растяжение [МПа] Зона 1	Прочность на растяжение [МПа] Зона 2	Соотношение $r$ [-]	Степень формования $\varphi$ [%]	Отношение $r_\varphi$ [-]
1.4301	2,0	1,6	665	925	1,39	20	7,0
1.4462	2,0	1,2	825	1405	1,70	40	4,3
1.4678	2,0	1,5	935	1040	1,51	25	6,0

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ частичного упрочнения стали с помощью холодной деформации, отличающийся тем, что многостадийный процесс прокатки и отжига для получения стального листа однородной толщины применяют по меньшей мере в двух зонах, имеющих различные значения механических и/или физических свойств в продольном направлении материала.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что прокатку выполняют путем гибкой холодной прокатки.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что прокатку выполняют путем эксцентриковой холодной прокатки.

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что степень формования ( $\Phi$ ) находится в диапазоне  $10 \leq \Phi \leq 60\%$ , более предпочтительно до  $40\%$ , а отношение ( $r$ ) находится в диапазоне  $1,2 > r > 1,75$ .

5. Способ по пп. 1–4, отличающийся тем, что деформируемый материал предпочтительно представляет собой нержавеющую сталь, более предпочтительно аустенитную нержавеющую сталь.

6. Способ по пп. 1–5, отличающийся тем, что деформируемый материал представляет собой аустенитную TWIP-сталь с упрочнением, более предпочтительно стабильную аустенитную TWIP-сталь.

7. Способ по пп. 1–6, отличающийся тем, что деформируемый материал представляет собой дуплексную нержавеющую сталь.

8. Применение холоднокатаного продукта, полученного способом по п. 1, отличающимся тем, что применяются различные механические значения для по меньшей мере двух смежных зон, деформированных со степенью формования ( $\Phi$ ) в диапазоне  $5 \leq \Phi \leq 60\%$ , и отношение ( $r$ ) между коэффициентом предельной нагрузки  $\Delta F$ , в качестве автомобильного компонента, такого как втулка подушки безопасности, шасси, подрамник, стойка, поперечина, канал, опорная балка приборной панели или рампа коромысел.

9. Применение холоднокатаного продукта, полученного способом по п. 1, отличающимся тем, что применяются различные механические значения для по меньшей мере двух смежных зон, деформированных со степенью формования ( $\Phi$ ) в диапазоне  $5 \leq \Phi \leq 60\%$ , и отношение ( $r$ ) между коэффициентом предельной нагрузки  $\Delta F$ , в качестве одного замкнутого поперечного кольца для транспортных средств, в которых формально стойки и поперечины крыши и пола объединены.

10. Применение холоднокатаного продукта, полученного способом по п. 1,

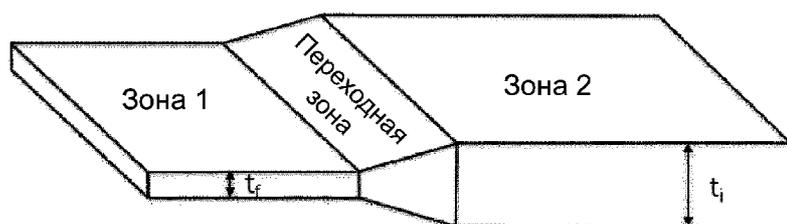
отличающимся тем, что применяются различные механические значения для по меньшей мере двух смежных зон, деформированных со степенью формования ( $\Phi$ ) в диапазоне  $5 \leq \Phi \leq 60\%$ , и отношение ( $r$ ) между коэффициентом предельной нагрузки  $\Delta F$ , в качестве элемента защиты аккумуляторного отсека, при помощи которого зоны повышенной прочности используют в качестве недеформируемых зон, и наоборот, зоны с более высокой пластичностью используют в качестве предусмотренных в конструкции зон деформации, выступающих в боковом направлении аккумуляторного отсека.

11. Применение холоднокатаного продукта, полученного способом по п. 1, отличающимся тем, что применяются различные механические значения для по меньшей мере двух смежных зон, деформированных со степенью формования ( $\Phi$ ) в диапазоне  $5 \leq \Phi \leq 60\%$ , и отношение ( $r$ ) между коэффициентом предельной нагрузки  $\Delta F$ , в качестве компонента автомобиля с полуобработанным листом, трубой или профилем, и компонента железнодорожного вагона с непрерывной длиной  $\geq 2000$  мм, такого как боковая стенка, пол или крыша.

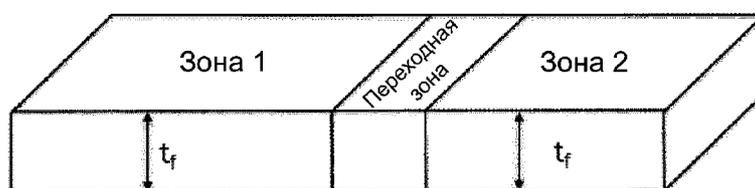
12. Применение холоднокатаного продукта, полученного способом по п. 1, отличающимся тем, что применяются различные механические значения для по меньшей мере двух смежных зон, деформированных со степенью формования ( $\Phi$ ) в диапазоне  $5 \leq \Phi \leq 60\%$ , и отношение ( $r$ ) между коэффициентом предельной нагрузки  $\Delta F$  и относительной толщиной  $\Delta t$  в диапазоне  $1,0 > r > 2,0$ , в качестве компонента с немагнитными свойствами для аккумуляторных электромобилей.

13. Применение холоднокатаного продукта, полученного способом по п. 1, отличающимся тем, что применяются различные механические значения для по меньшей мере двух смежных зон, деформированных со степенью формования ( $\Phi$ ) в диапазоне  $5 \leq \Phi \leq 60\%$ , и отношение ( $r$ ) между коэффициентом предельной нагрузки  $\Delta F$  и относительной толщиной  $\Delta t$  в диапазоне  $1,0 > r > 2,0$ , в качестве гидроформованного компонента.

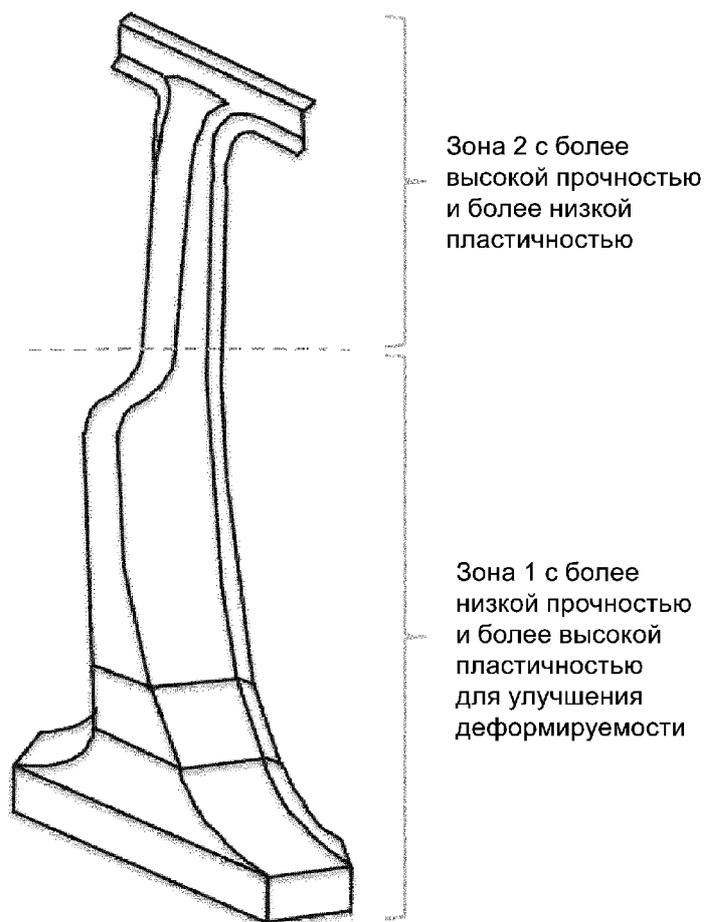
14. Применение холоднокатаного продукта, полученного способом по п. 1, отличающимся тем, что применяются различные механические значения для по меньшей мере двух смежных зон, деформированных со степенью формования ( $\Phi$ ) в диапазоне  $5 \leq \Phi \leq 60\%$ , и отношение ( $r$ ) между коэффициентом предельной нагрузки  $\Delta F$  и относительной толщиной  $\Delta t$  в диапазоне  $1,0 > r > 2,0$ , в качестве полуобработанной сварной трубы с продольным швом.



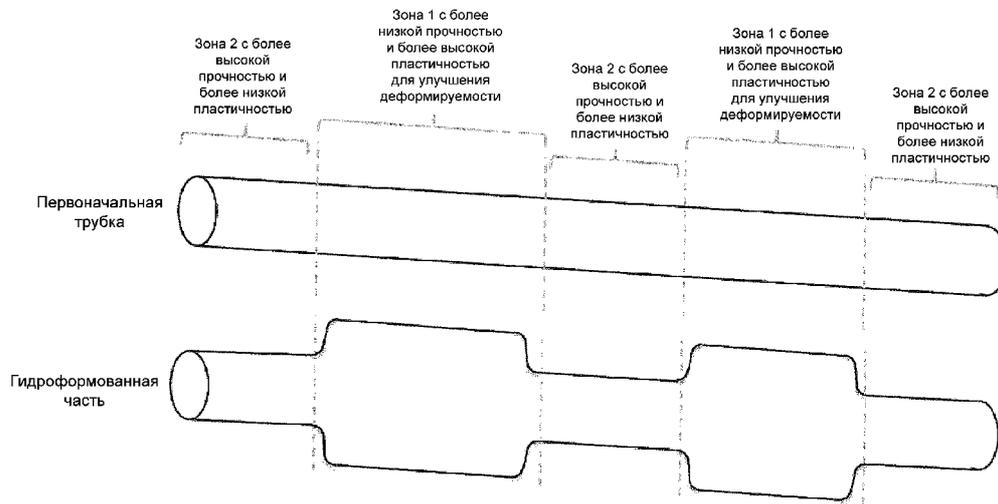
Фиг. 1



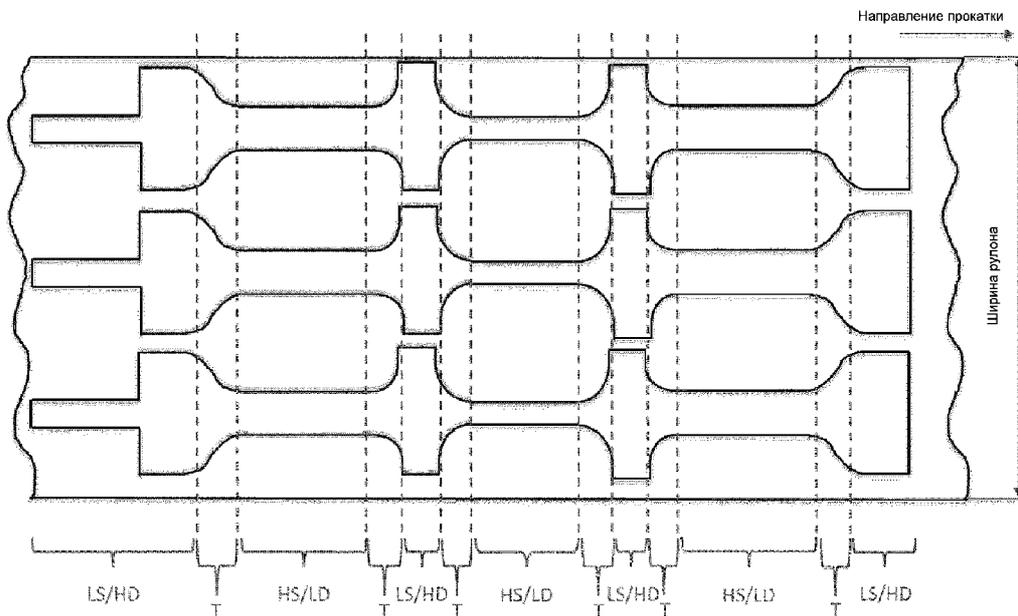
Фиг. 2



Фиг. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5