



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 237 101** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) МПК⁷ **C 22 C 38/42, 38/50, 38/54**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 2003116851/02, 05.06.2003

(24) Дата начала действия патента: 05.06.2003

(45) Дата публикации: 27.09.2004

(56) Ссылки: RU 2061782 C1, 04.05.1994.
RU 2190685 C1, 10.10.2002.
RU 2190684 C1, 10.10.2002.
SU 1741459 A1, 10.11.1990.
SU 1497265 A1, 30.07.1989.
EP 0666332 A1, 09.08.1995.

(98) Адрес для переписки:
162600, Вологодская обл., г. Череповец, ул.
Мира, 30, ОАО "Северсталь", Начальнику
управления качества А.М. Ламухину

(72) Изобретатель: Степаненко В.В. (RU),
Ламухин А.М. (RU), Родионова И.Г.
(RU), Глинер Р.Е. (RU), Кузнецов В.В.
(RU), Рослякова Н.Е. (RU), Зинченко С.Д.
(RU), Бурко Д.А. (RU), Пименов В.А.
(RU), Бакланова О.Н. (RU)

(73) Патентообладатель:
Открытое акционерное общество "Северсталь"
(RU)

(54) **СТАЛЬ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ВЫТЯЖКИ И ИЗДЕЛИЕ, ВЫПОЛНЕННОЕ ИЗ НЕЕ (ВАРИАНТЫ)**

(57) Реферат:

Изобретение относится к металлургии, а именно к составу стали для изготовления изделий сложной конфигурации с использованием холодной листовой штамповки, преимущественно деталей автомобиля. Заявлена сталь для глубокой вытяжки, содержащая компоненты в следующем соотношении, мас. %: углерод 0,002-0,010; кремний 0,002-0,030; марганец 0,07-0,30; фосфор 0,04-0,12; сера 0,005-0,012; хром 0,007-0,040; никель 0,007-0,040; медь 0,2-0,6; алюминий 0,02-0,06; азот 0,002-0,007; железо и неизбежные примеси - остальное, при этом

суммарное содержание марганца, фосфора и меди должно быть не менее 0,55 мас. %. Предлагаемая сталь дополнительно может содержать 0,0007-0,0050 мас. % бора. Заявлено три варианта состава стали и изделий, выполненных из неё. Техническим результатом изобретения является повышение коррозионной стойкости и технологической пластичности стали при проведении холодного деформирования путем листовой штамповки. При этом обеспечивается сохранение прочностных характеристик стали и готового изделия. 6 с. и 3 з.п.ф-лы, 1 табл.



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 237 101** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) Int. Cl.⁷ **C 22 C 38/42, 38/50, 38/54**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 2003116851/02, 05.06.2003

(24) Effective date for property rights: 05.06.2003

(45) Date of publication: 27.09.2004

(98) Mail address:
162600, Vologodskaja obl., g. Cherepovets,
ul. Mira, 30, OAO "Severstal", Nachal'niku
upravlenija kachestva A.M. Lamukhinu

(72) Inventor: Stepanenko V.V. (RU),
Lamukhin A.M. (RU), Rodionova I.G.
(RU), Gliner R.E. (RU), Kuznetsov V.V.
(RU), Rosljakova N.E. (RU), Zinchenko S.D.
(RU), Burko D.A. (RU), Pimenov V.A.
(RU), Baklanova O.N. (RU)

(73) Proprietor:
Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo
"Severstal" (RU)

(54) **STEEL FOR DEEP DRAWING AND ARTICLE MADE FROM THE SAME (VARIANTS)**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy, in particular steel composition for cold sheet-metal pressworking.

SUBSTANCE: invention relates to steel for production of shape irregular article by cold sheet-metal pressworking, preferably of automobile parts. Claimed steel contains (mass.%) carbon 0.002-0.010; silicon 0.002-0.30; manganese 0.07-0.30; phosphorus 0.04-0.12; sulfur 0.005-0.012; chromium 0.007-0.040; nickel 0.007-0.040; copper 0.2-0.6; aluminum 0.02-0.06; nitrogen 0.002-0.007; optionally boron 0.0007-0.0050; and balance iron and inevitable impurities:

with the proviso that total content of manganese, phosphorus and copper is not less than 0.55 %. Three variants of steel composition are described. Claimed steel exhibits improved corrosion resistance and technological ductility when treatment is carried out with cold-working die by sheet-metal pressworking method. Said composition provides preservation of strength characteristic of the steel and end product.

EFFECT: steel with excellent corrosion resistance and technological ductility.

4 cl, 1 tbl, 5 ex

Изобретение относится к черной металлургии, а именно к химическому составу сталей, предназначенных для изготовления изделий сложной конфигурации с использованием холодной листовой штамповки, преимущественно деталей автомобиля.

Основными требованиями, предъявляемыми к такой стали, являются высокая штампуемость и коррозионная стойкость, в частности, в условиях атмосферного воздействия. В последнее время повышаются требования и к уровню прочностных характеристик. Это диктуется необходимостью повышения безопасности, а также ужесточением экологических требований по уменьшению вредных веществ в выхлопе автомобиля, требующем снижения его массы.

Известна сталь и выполненное из нее изделие - холоднокатаный конструкционный лист для штамповки деталей автомобилей, тракторов и сельхозмашин, содержащая углерод, марганец, медь, алюминий, бор, фосфор, азот и железо при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Углерод 0,02-0,07
Марганец 0,15-0,30
Медь 0,02-0,30
Алюминий 0,03-0,07
Бор 0,0005-0,005
Фосфор 0,04-0,10
Азот 0,001-0,007
Железо Остальное

(А.с. СССР № 1741459, МПК С 22 С 38/16, опубл. 10.11.1995).

Холоднокатаный лист из такой стали имеет высокую штампуемость и коррозионную стойкость в некоторых средах, в частности в водном растворе серной кислоты. Однако в атмосфере и в водных средах, содержащих ионы хлора, коррозионная стойкость холоднокатаного листа из такой стали недостаточна. Кроме того, повышенное содержание алюминия может также оказывать отрицательное влияние на коррозионную стойкость из-за присутствия в структуре значительного количества неметаллических включений.

Известна сталь и выполненные из нее изделия, например, в виде горячекатаных полос толщиной 2-4 мм, холоднокатаных полос толщиной 0,5-1,5 мм, предназначенных для изготовления штамповкой деталей сложной формы. Сталь содержит следующие компоненты, мас. %:

Углерод 0,01-0,1
Марганец 0,1-0,9
Кремний 0,01-0,50
Медь 0,01-0,10
Алюминий 0,02-0,07
Бор 0,0001-0,0050
Кальций 0,0005-0,0040
Титан 0,001-0,030
Азот 0,002-0,010
Фосфор 0,005-0,12
Ванадий 0,001-0,08
Ниобий 0,001-0,05
Хром 0,01-0,10
Никель 0,01-0,10
Железо и неизбежные примеси

Остальное

(Патент РФ 2190685, МПК С 22 С 38/54, опубл. 10.10.2002). Указанное изобретение направлено на обеспечение возможности

изготовления деталей из листового проката сложной формы с необходимой прочностью, в том числе тонкостенных и малого веса. Однако изделия из такой стали имеют низкую коррозионную стойкость. В частности, при наличии кальция в стали возможно присутствие неметаллических включений, оказывающих отрицательное влияние на коррозионную стойкость в ряде сред, в частности в атмосфере.

Известна сталь и выполненные из нее изделия, например, в виде горячекатаных полос толщиной порядка 3 мм, холоднокатаных полос толщиной 0,7-0,8 мм, предназначенных для изготовления изделий сложной формы методом листовой штамповки, преимущественно деталей автомобилей, в том числе с защитными покрытиями. Сталь содержит следующие компоненты, мас. %:

Углерод 0,002-0,015
Кремний 0,005-0,020
Марганец 0,05-0,2
Сера 0,005-0,015,
Фосфор 0,005-0,015
Алюминий 0,015-0,06
Хром 0,005-0,04
Никель 0,004-0,03
Медь 0,006-0,05
Азот 0,001-0,006
Титан 0,02-0,15
Кальций 0,0003-0,0010
Железо и неизбежные примеси

Остальное
(Патент РФ 2190684, МПК С 22 С 38/50, опубл. 10.10.2002). Указанное изобретение позволяет повысить значения коэффициента нормальной пластической анизотропии и показателя упрочнения при отсутствии старения стали после рекристаллизационного отжига. Однако и коррозионная стойкость, и прочностные характеристики такой стали невысоки.

Наиболее близким аналогом являются высокопрочная сталь для глубокой вытяжки и изделия, выполненные из нее, в том числе холоднокатаные листы толщиной 0,8-0,9 мм, предназначенные для изготовления деталей автомобилей с высоким уровнем нагружения. Сталь содержит следующие компоненты, мас. %:

Углерод 0,002-0,007
Кремний 0,005-0,05
Марганец 0,5-1,7
Сера 0,005-0,015
Фосфор 0,005-0,015 или 0,05-0,15
Алюминий 0,005-0,07
Никель 0,005-0,3
Медь 0,005-0,3
Титан 0,02-0,15
Азот 0,001-0,007
Хром 0,005-0,3
Железо Остальное

Сталь может дополнительно содержать 0,01-0,15 мас. % ниобия и/или 0,0005-0,005 мас. % бора (Патент РФ 2061782, МПК С 22 С 38/50, опубл. 10.06.1996 - прототип изобретений "сталь" и "изделие").

Указанное изобретение (прототип) направлено на стабилизацию прочностных характеристик при благоприятной для штамповки текстуре, повышение пластических и коррозионных свойств, увеличение выхода годного, упрочнения при сушке лакокрасочного покрытия в готовых

деталей, повышение равномерности распределения механических свойств по длине рулона, снижение температуры хрупковязкого перехода и обеспечение вторичного использования отходов. Однако изделия из указанной стали имеют низкую коррозионную стойкость в атмосфере и в водных хлорсодержащих средах. Кроме того, при содержании углерода и титана в стали ближе к верхним пределам, указанным в формуле, возможно снижение характеристик штампуемости.

Задачей, на решение которой направлено изобретение, является оптимизация химического состава стали с обеспечением технического результата в виде повышения коррозионной стойкости и технологической пластичности стали при проведении холодного деформирования в листовой штамповке, характеризующегося высокой интенсивностью пластической деформации, при сохранении прочностных характеристик стали и готового изделия.

Технический результат достигается тем, что в известной стали для глубокой вытяжки, содержащей углерод, кремний, марганец, серу, фосфор, хром, никель, медь, алюминий, азот, железо и неизбежные примеси, согласно изобретению назначают содержание компонентов в соотношении, мас. %:

Углерод 0,002-0,010
Кремний 0,002-0,030
Марганец 0,07-0,30
Фосфор 0,04-0,12
Сера 0,005-0,012
Хром 0,007-0,040
Никель 0,007-0,040
Медь 0,2-0,6
Алюминий 0,02-0,06
Азот 0,002-0,007

Железо и неизбежные примеси
Остальное,

при этом суммарное содержание марганца, фосфора и меди должно быть не менее 0,55 мас.%, сталь дополнительно содержит 0,0007-0,0050 мас.% бора, а также тем, что изделие выполняют из указанной стали. Как вариант, технический результат достигается также тем, что в известной стали для глубокой вытяжки, содержащей углерод, кремний, марганец, серу, фосфор, хром, никель, медь, алюминий, титан, азот, железо и неизбежные примеси, согласно изобретению назначают содержание компонентов в соотношении, мас. %:

Углерод 0,002-0,010
Кремний 0,002-0,030
Марганец 0,07-0,30
Фосфор 0,04-0,12
Сера 0,005-0,012
Хром 0,007-0,040
Никель 0,007-0,040
Медь 0,2-0,6
Алюминий 0,02-0,06
Титан 0,02-0,12
Азот 0,002-0,007

Железо и неизбежные примеси
Остальное,

при этом суммарное содержание марганца, фосфора и меди должно быть не менее 0,55 мас.%, при этом соотношение содержания титана, азота, серы и углерода должно удовлетворять условию:

$$(Ti_{\text{общ}} - 3,43N - 1,5S) \times (C) \leq 0,00015, \quad (1)$$

где Ti, N, S и C - содержание титана,

азота, серы и углерода соответственно, мас.%, сталь дополнительно содержит 0,0007-0,0050 мас.% бора, а также тем, что изделие выполняют из указанной стали.

5 Как вариант, технический результат достигается также тем, что в известной стали для глубокой вытяжки, содержащей углерод, кремний, марганец, серу, фосфор, хром, никель, медь, алюминий, титан, ниобий, азот, железо и неизбежные примеси, согласно изобретению назначают содержание

10 компонентов в соотношении, мас. %:
Углерод 0,002-0,010
Кремний 0,002-0,030
Марганец 0,07-0,30
Фосфор 0,04-0,12
15 Сера 0,005-0,012
Хром 0,007-0,040
Никель 0,007-0,040
Медь 0,2-0,6
Алюминий 0,02-0,06
Титан 0,02-0,12
20 Ниобий 0,001-0,060
Азот 0,002-0,007

Железо и неизбежные примеси
Остальное,

25 при этом суммарное содержание марганца, фосфора и меди должно быть не менее 0,55 мас.%, при этом соотношение содержания титана, азота, серы и углерода должно удовлетворять условию
 $(Ti_{\text{общ}} - 3,43N - 1,5S) \times (C) \leq 0,00015, \quad (1)$

30 где Ti, N, S и C - содержание титана, азота, серы и углерода соответственно, мас.%, сталь дополнительно содержит 0,0007-0,0050 мас.% бора, а также тем, что изделие выполняют из указанной стали.

35 Сущность изобретения заключается в том, что для обеспечения высокой коррозионной стойкости требуется совместное легирование стали медью и фосфором при ограничении содержания в ней кремния и марганца. При этом требуемые прочностные характеристики стали обеспечиваются твердорастворным упрочнением из-за присутствия в растворе элементов замещения - марганца, меди и фосфора. С этой целью ограничивают минимальное значение их суммарного содержания - не менее 0,55%. При этом фосфор благоприятно влияет на

45 пластическую анизотропию, тем самым улучшая штампуемость стали. Для обеспечения высокой штампуемости сталей повышенной прочности и коррозионной стойкости целесообразно микролегирование стали титаном или титаном совместно с ниобием в таком количестве, чтобы обеспечить удаление из твердого раствора примесей внедрения - углерода и азота, что реализуется во втором и третьем вариантах изобретения. Используемые в настоящее время формулы для расчета требуемого

55 содержания микролегирующих элементов учитывают необходимость связывания в карбиды, нитриды и карбосulfиды присутствующих в стали углерода, азота и серы. В то же время при достаточно высоком содержании в стали углерода и титана повышается температура выделения частиц карбида титана (выше 900°C) и становится возможным их выделение в процессе горячей прокатки, что отрицательно влияет на характеристики зеренной структуры и текстуры стали, ухудшая штампуемость. С этим связана необходимость ограничения

содержания титана, остающегося в твердом растворе после связывания азота и серы, и содержания углерода в соответствии с выражением (1). Негативным моментом, возникающим при введении в сталь фосфора, может быть охрупчивание металла из-за склонности атомов фосфора к сегрегации на границах зерен. Дополнительное микролегирование бором, атомы которого препятствуют миграции фосфора к границам зерен, гарантирует сохранение высокой пластичности стали.

Ограничение нижнего предела содержания углерода определяется тем, что присутствие в стали углерода в количестве не менее 0,002 мас.% необходимо для реализации ВН-эффекта (Bake Hardening Effect), что позволяет сочетать низкий предел текучести (что важно для штампуемости) со способностью стали к существенному упрочнению в процессе сушки лакокрасочного покрытия, нанесенного на отштампованное изделие.

Ограничение нижнего предела содержания азота и серы в стали определяется возможностями существующих на сегодняшний день сталеплавильных технологий. Дальнейшее снижение содержания этих элементов не вызывает существенного улучшения потребительских свойств, но приводит к существенному удорожанию металлопродукции.

Увеличение содержания углерода, азота и серы выше верхних пределов формулы изобретения приводит к необходимости увеличения количества микролегирующих элементов, что, как показано выше, может приводить к ухудшению штампуемости (при большом количестве углерода и титана), а также повышает стоимость металлопродукции.

Верхние пределы содержания кремния и марганца связаны с отрицательным влиянием указанных элементов на коррозионную стойкость стали. Ограничение нижних пределов содержания указанных элементов в основном диктуется экономическими соображениями, так как дальнейшее снижение их содержания не приводит к повышению качества стали.

Нижние пределы содержания меди и фосфора соответственно 0,2 и 0,04% нормируются для гарантии повышенной коррозионной стойкости.

Ограничение верхнего предела содержания фосфора 0,12% связано с тем, что при его повышенном содержании в стали может происходить охрупчивание границ зерен.

Ограничение содержания меди значением 0,6% необходимо для предотвращения появления трещин в процессе горячей прокатки, а также рационального ограничения прочности стали перед штамповкой.

Минимальное содержание алюминия в стали определяется необходимостью достаточного раскисления стали. Ограничение верхнего предела содержания алюминия связано с его отрицательным влиянием на коррозионную стойкость.

Снижение содержания хрома и никеля ниже 0,007% приводит к снижению коррозионной стойкости стали, а увеличение их содержания выше 0,04% может отрицательно влиять на штампуемость.

Минимальное содержание титана и ниобия определяется требованием достаточного удаления из твердого раствора примесей внедрения. Увеличение содержания титана и ниобия выше верхнего предела приводит к удорожанию стали без положительного влияния на свойства.

Минимальное содержание бора определяется целесообразностью предотвращения охрупчивания стали в присутствии фосфора. Увеличение содержания бора выше верхнего предела может приводить к снижению штампуемости стали.

Примеры конкретного выполнения изобретения

Пять плавок сверхнизкоуглеродистых сталей были выплавлены в 300-тонном конвертере ОАО "Северсталь" и разлиты на установке непрерывной разливки в слябы сечением 250×1290 мм. Слябы прокатывали в горячую на стане "2000" на полосы толщиной 3,0 мм. Температура конца прокатки составляла 900 °С. Полосы после душирования сматывали в рулоны при температуре 700°С. После травления и холодной прокатки на полосы толщиной 0,9 мм полосы в рулонах металла подвергали термической обработке в колпаковых печах с водородной защитной атмосферой при температуре 680°С. После дрессировки со степенью обжата 1,0% проводили комплексные механические испытания и холоднокатаного, и оцинкованного металла, а также коррозионные испытания холоднокатаного металла.

Плавка 1 - сталь, содержащая 0,01% углерода, 0,015% кремния, 0,20% марганца, 0,05% фосфора, 0,008% серы, 0,011% хрома, 0,020% никеля, 0,4% меди, 0,04% алюминия, 0,004% азота, железо и неизбежные примеси, при этом суммарное содержание марганца, фосфора и меди составило 0,65%, плавка соответствует п.1 и 3 формулы изобретения.

Плавка 2 - сталь, содержащая 0,004% углерода, 0,012% кремния, 0,25% марганца, 0,040% фосфора, 0,009% серы, 0,012% хрома, 0,012% никеля, 0,4% меди, 0,02% алюминия, 0,05% титана, 0,003% азота, железо и неизбежные примеси, при этом суммарное содержание марганца, фосфора и меди составило 0,69%, а произведение в левой части выражения (1) - 0,00010%, плавка соответствует п.4 и 6 формулы изобретения.

Плавка 3 - сталь, содержащая 0,005% углерода, 0,012% кремния, 0,18% марганца, 0,045% фосфора, 0,007% серы, 0,015% хрома, 0,011% никеля, 0,55% меди, 0,06% алюминия, 0,025% титана, 0,05% ниобия, 0,004% азота, железо и неизбежные примеси, при этом суммарное содержание марганца, фосфора и меди составило 0,775, а произведение в левой части выражения (1) - 0,000039, плавка соответствует п.7 и 9 формулы изобретения.

Плавка 4 - сталь, содержащая 0,06% углерода, 0,011% кремния, 0,25% марганца, 0,045% фосфора, 0,007% серы, 0,010% хрома, 0,015% никеля, 0,3% меди, 0,04% алюминия, 0,004% азота, 0,001% бора, железо и неизбежные примеси, при этом суммарное содержание марганца, фосфора и меди составило 0,595%, плавка соответствует п.2 и 3 формулы изобретения;

Плавка 5 - сталь, содержащая 0,005%

углерода, 0,012% кремния, 0,56% марганца, 0,05% фосфора, 0,008% серы, 0,03% хрома, 0,04% никеля, 0,09% меди, 0,05% алюминия, 0,09% титана, 0,004% азота, железо и неизбежные примеси, при этом суммарное содержание марганца, фосфора и меди составило 0,7, а произведение в левой части выражения (1) - 0,00032, плавка не соответствует ни одному из вариантов изобретения из-за более высокого содержания марганца, низкого содержания меди и невыполнения условия (1).

Механические испытания образцов холоднокатаного проката из стали указанных плавов проводили на электромеханической испытательной машине INSTRON-1185. Размеры образца составляли 20 × 120 мм.

Испытания проводили в полуавтоматическом режиме с тензосметром продольной деформации (база тензосметра 12,5 мм). Скорость растяжения составляла 10 мм/мин.

В случае кривых растяжения без физического предела текучести величину предела текучести определяли по показаниям тензосметра с учетом линейного участка диаграммы растяжения (кроме этого, для контроля использовали анализ машинной диаграммы растяжения).

Показатель упрочнения определяли в диапазоне деформации от 10 до 17%.

Коэффициент нормальной пластической анизотропии γ определяли при остановке испытаний (при достижении 17%) путем замера вручную ширины образца (в трех сечениях).

Для образцов шириной 20 мм относительное удлинение δ_4 определяли на базе 80 мм (A_{80}).

Испытания для определения упрочнения стали при сушке лакокрасочного покрытия (ВН-эффект) проводили в следующей последовательности:

1) образцы растягивали до величины деформации 2%, которую определяли по экстензометру (база 26 мм); при этом определяли σ_2 - напряжение при деформации 2%;

2) образцы помещали в печь, нагретую до температуры $170 \pm 10^\circ\text{C}$, и выдерживали в течение 20 минут;

3) образцы испытывали на растяжение, определяя величину ВН-эффекта, как разницу между пределом текучести σ_T (ВН) и σ_2 .

Результаты механических и коррозионных испытаний приведены в таблице. Определяли основные механические характеристики, предусмотренные нормативно-технической документацией (НТД) для сталей данного класса. К ним относятся предел текучести σ_T , предел прочности σ_B , отношение предела текучести к пределу прочности, относительное удлинение δ_4 , коэффициент нормальной пластической анизотропии γ и коэффициент деформационного упрочнения n . Критерием обеспечения требуемой прочности считали получение значения предела текучести холоднокатаного проката не ниже 220 Н/мм² или получение значения предела текучести не ниже 200 Н/мм² при обеспечении ВН-эффекта не менее 30 Н/мм². Критерием высокой технологической пластичности и

штампуемости считали обеспечение значения коэффициента нормальной пластической анизотропии γ не менее 1,8, значения коэффициента деформационного упрочнения n не менее 0,18, отношения предела текучести к пределу прочности не более 0,65 и значения относительного удлинения не менее 36%.

В качестве метода коррозионных испытаний образцов холоднокатаного проката был использован способ переменного погружения образцов автолитовой стали в раствор 3,5% NaCl с пребыванием в нем 10 минут и последующим выносом на воздух (50 минут), в соответствии со стандартом ASTM G 44-75 (Метод 1). Коррозионную стойкость оценивали по приросту массы (привесу) на единицу площади поверхности образца за 30 циклов испытаний. Если значение прироста массы составляло не более 5 г/м², то коррозионную стойкость считали удовлетворительной. Кроме того, для оценки коррозионной стойкости применяли следующие ускоренные испытания: погружение в 5%-ный раствор H₂SO₄ (метод 2), выдержка в специальной камере с воздушной средой при температуре 40°C и влажностью 98% (метод 3), испытания на специальной лабораторной установке, рабочее пространство которой заполняется туманом, образующимся от введения в него водного раствора NaCl (метод 4). При использовании методов 2 и 3 коррозионную стойкость оценивали по потерям массы. При использовании метода 4 испытывали образцы после нанесения лакокрасочного покрытия и нанесения на покрытие надреза. Коррозионную стойкость оценивали по ширине зоны распространения коррозии от места надреза. Результаты испытаний для исследованных методов также представлены в таблице.

Для плавов 2, 3, 5 значения предела текучести получены не ниже 220 Н/мм². Для плавов 1 и 4 получено значение предела текучести 200-210 Н/мм², однако из-за склонности этих плавов к ВН-эффекту на уровне 40-45 Н/мм² в готовом изделии из этой стали предел текучести будет составлять 240-255 Н/мм². То есть все исследованные плавки имеют повышенную прочность. Для сталей плавов 1-4 получены высокие показатели штампуемости: низкие значения отношения предела текучести к пределу прочности, высокие значения показателей γ и n и относительного удлинения. Особенно высокий комплекс механических характеристик получен для сталей плавов 2-4. Для плавки 5 получены неудовлетворительные значения показателя n , относительного удлинения и отношения предела текучести к пределу прочности.

Холоднокатаный прокат из стали плавки 5 из-за высокого содержания марганца и низкого содержания меди имеет низкую коррозионную стойкость. Для остальных плавов коррозионная стойкость удовлетворительная.

Таким образом, холоднокатаный прокат из сталей плавов 1-4, соответствующих пп.1-9 формулы изобретения, имеет высокие показатели прочности и штампуемости при удовлетворительной коррозионной стойкости. Прокат из стали плавки 5 имеет

неудовлетворительные показатели штампваемости и низкую коррозионную стойкость.

То есть использование настоящего предложения существенно повышает коррозионную стойкость и технологическую пластичность стали для глубокой вытяжки и изделий, выполненных из нее, при сохранении прочностных характеристик.

Формула изобретения:

1. Сталь для глубокой вытяжки, содержащая углерод, кремний, марганец, серу, фосфор, хром, никель, медь, алюминий, азот, железо и неизбежные примеси, отличающаяся тем, что она содержит компоненты в соотношении, мас. %:

Углерод 0,002-0,010

Кремний 0,002-0,030

Марганец 0,07-0,30

Фосфор 0,04-0,12

Сера 0,005-0,012

Хром 0,007-0,040

Никель 0,007-0,040

Медь 0,2-0,6

Алюминий 0,02-0,06

Азот 0,002-0,007

Железо и неизбежные примеси
Остальное

при этом суммарное содержание марганца, фосфора и меди должно быть не менее 0,55 мас. %.

2. Сталь по п.1, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит 0,0007-0,0050 мас. % бора.

3. Изделие, выполненное из стали для глубокой вытяжки, отличающееся тем, что оно выполнено из стали по п.1 или 2.

4. Сталь для глубокой вытяжки, содержащая углерод, кремний, марганец, серу, фосфор, хром, никель, медь, алюминий, титан, азот, железо и неизбежные примеси, отличающаяся тем, что она содержит компоненты в соотношении, мас. %:

Углерод 0,002-0,010

Кремний 0,002-0,030

Марганец 0,07-0,30

Фосфор 0,04-0,12

Сера 0,005-0,012

Хром 0,007-0,040

Никель 0,007-0,040

Медь 0,2-0,6

Алюминий 0,02-0,06

Титан 0,02-0,12

Азот 0,002-0,007

Железо и неизбежные примеси
Остальное

при этом суммарное содержание марганца, фосфора и меди должно быть не менее 0,55 мас. %, а соотношение содержания титана, азота, серы и углерода должно удовлетворять условию

$$(Ti_{\text{общ}} - 3,43N - 1,5S) \times C \leq 0,00015,$$

где Ti, N, S и C - содержание титана, азота, серы и углерода соответственно, мас. %.

5. Сталь по п.4, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит 0,0007-0,0050 мас. % бора.

6. Изделие, выполненное из стали для глубокой вытяжки, отличающееся тем, что оно выполнено из стали по п.4 или 5.

7. Сталь для глубокой вытяжки, содержащая углерод, кремний, марганец, серу, фосфор, хром, никель, медь, алюминий, титан, ниобий, азот, железо и неизбежные примеси, отличающаяся тем, что она содержит компоненты в соотношении, мас. %:

Углерод 0,002-0,010

Кремний 0,002-0,030

Марганец 0,07-0,30

Фосфор 0,04-0,12

Сера 0,005-0,012

Хром 0,007-0,040

Никель 0,007-0,040

Медь 0,2-0,6

Алюминий 0,02-0,06

Титан 0,02-0,12

Ниобий 0,001-0,060

Азот 0,002-0,007

Железо и неизбежные примеси
Остальное

при этом суммарное содержание марганца, фосфора и меди должно быть не менее 0,55 мас. %, а соотношение содержания титана, азота, серы и углерода должно удовлетворять условию

$$(Ti_{\text{общ}} - 3,43N - 1,5S) \times C \leq 0,00015,$$

где Ti, N, S и C - содержание титана, азота, серы и углерода соответственно, мас. %.

8. Сталь по п.7, отличающаяся тем, что она дополнительно содержит 0,0007-0,0050 мас. % бора.

9. Изделие, выполненное из стали для глубокой вытяжки, отличающееся тем, что оно выполнено из стали по п.7 или 8.

Результаты механических и коррозионных испытаний исследованных сталей

№ плав-ки	$\sigma_{\text{т}}$ Н/мм ²	$\sigma_{\text{в}}$ Н/мм ²	$\sigma_{\text{т}}/\sigma_{\text{в}}$	δ_4 , %	r	n	ВН-эффект, Н/мм ²	Коррозионная стойкость									Зона распространения коррозии от надреза, мм
								Удельный прирост окалины, г/м ²	Потери массы, г/м ²								
									Метод 2			Метод 3		Метод 4			
									Метод 1	7 часов	32 часа	126 часов	15 циклов	30 циклов	360 часов	480 часов	
1	200	340	0,59	37	1,9	0,19	40	4,0	10,1	70,3	254	5,6	7,8	0,3	0,3	0,3	
2	230	360	0,64	39	2,1	0,20	-	3,5	8,8	62,3	239	4,7	5,5	0,2	0,3	0,3	
3	240	370	0,65	38	2,0	0,21	-	3,0	8,1	55,0	218	4,5	5,2	0,2	0,2	0,2	
4	210	335	0,63	40	1,9	0,20	45	3,9	9,5	67,8	250	5,4	7,5	0,3	0,3	0,3	
5	220	320	0,69	35	1,8	0,18	-	12,5	58,2	375	1500	7,5	15,9	0,4	0,5	0,6	

RU 2237101 C1

RU 2237101 C1