



(51) МПК
C21D 8/00 (2006.01)
C21D 6/00 (2006.01)
C22C 38/58 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
C21D 8/00 (2019.02); C21D 6/00 (2019.02); C22C 38/58 (2019.02)

(21)(22) Заявка: 2017146572, 28.12.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 28.12.2017

Дата регистрации:
 21.06.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.12.2017

(45) Опубликовано: 21.06.2019 Бюл. № 18

Адрес для переписки:

308015, Белгородская обл., г. Белгород, ул.
 Победы, 85, НИУ "БелГУ, Токтаревой Т.М.

(72) Автор(ы):

Кайбышев Рустам Оскарович (RU),
 Беляков Андрей Николаевич (RU),
 Янушкевич Жанна Чеславовна (RU),
 Долженко Анастасия Сергеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Белгородский государственный
 национальный исследовательский
 университет" (НИУ "БелГУ") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 2525006 C1, 10.08.2014. RU
 2618678 C1, 10.05.2017. RU 2544970 C2,
 20.03.2015. WO 2013064698 A3, 10.05.2013. EP
 2350332 B1, 21.05.2014. RU 2302304 C2,
 10.07.2007.

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИСТОВ ВЫСОКОПРОЧНЫХ АУСТЕНИТНЫХ МАРГАНЦОВИСТЫХ СТАЛЕЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии. Для повышения прочности и пластичности с сохранением допустимых значений показателя пластичности аустенитную сталь с содержанием марганца более 15 мас.%, алюминия не менее 1,5 мас.% и обладающей TWIP-эффектом подвергают предварительному гомогенизационному отжигу при температуре 1223 – 1423 К в течение 1 ч, последующей горячей ковке при температуре 1223 – 1423 К до суммарной истинной степени деформации в диапазоне 1 - 1,19, затем второму гомогенизационному отжигу при температуре 1223 – 1423 К в течение не менее двух часов,

последующей горячей прокатке без промежуточного подогрева при температуре 773 – 1423 К до суммарной истинной деформации в диапазоне 1,6 – 1,99, отжигу в течение в течение 1 ч при 1223-1423 К. После отжига осуществляют холодную деформацию путем прокатки при температуре 293 К до истинной степени деформации в диапазоне 0,22 – 0,4. Упомянутая сталь может использоваться в автомобилестроении для производства несущих конструкций автомобиля, а также в строительстве, в том числе - для изготовления демпфирующих элементов, используемых в сейсмостойких сооружениях. 4 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C21D 8/00 (2006.01)
C21D 6/00 (2006.01)
C22C 38/58 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

C21D 8/00 (2019.02); C21D 6/00 (2019.02); C22C 38/58 (2019.02)(21)(22) Application: **2017146572, 28.12.2017**(24) Effective date for property rights:
28.12.2017Registration date:
21.06.2019

Priority:

(22) Date of filing: **28.12.2017**(45) Date of publication: **21.06.2019** Bull. № 18

Mail address:

**308015, Belgorodskaya obl., g. Belgorod, ul.
Pobedy, 85, NIU "BelGU, Toktarevoj T.M.**

(72) Inventor(s):

**Kajbyshev Rustam Oskarovich (RU),
Belyakov Andrej Nikolaevich (RU),
Yanushkevich Zhanna Cheslavovna (RU),
Dolzhenko Anastasiya Sergeevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Belgorodskij gosudarstvennyj
natsionalnyj issledovatel'skij universitet" (NIU
"BelGU") (RU)**(54) **METHOD OF PRODUCING SHEETS OF HIGH-STRENGTH AUSTENITIC MANGANESE STEELS**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: to increase strength and plasticity with preservation of permissible values of plasticity index of austenitic steel with manganese content of more than 15 wt. %, aluminium of not less than 1.5 wt. % and having TWIP-effect is subject to preliminary homogenization annealing at temperature 1223–1423 K for 1 h, subsequent hot forging at temperature 1223–1423 K to total true degree of deformation in range 1–1.19, then second homogenization annealing at temperature of 1223–1423 K for at least two hours,

subsequent hot rolling without intermediate heating at temperature of 773–1423 K to total true deformation in range of 1.6–1.99, annealing is performed for 1 hour at 1223–1423 K. After annealing, cold deformation is performed by rolling at 293 K to true deformation in range of 0.22–0.4.

EFFECT: said steel can be used in automotive industry for production of car load-carrying structures, as well as in construction, including for production of damping elements used in seismic resistant structures.

1 cl, 4 dwg

Изобретение относится к области металлургии, а именно к деформационной обработке аустенитных марганцовистых сталей в холодном состоянии, которые могут использоваться в автомобилестроении для производства несущих конструкций автомобиля, а также в строительстве, в том числе - для изготовления демпфирующих элементов, используемых в сейсмостойких сооружениях.

Одними из наиболее перспективных высокопрочных сталей нового поколения являются высокомарганцевые стали с TWIP эффектом. Основным недостатком таких сталей является низкий предел текучести, который ограничивает их более широкое применение. Однако стали данного класса чрезвычайно пластичны, и характеризуются высоким уровнем деформационного упрочнения, что делает их привлекательными для широкого применения в автомобильной промышленности. Очень большое деформационное упрочнение обеспечивается за счет деформационного двойникования, которое приводит к структурному упрочнению по закону Холла-Петча, и деформационного упрочнения благодаря росту плотности дислокаций при деформации [C.M. Young, O.D. Sherby. Sub-Grain Formation and Sub-Grain-Boundary Strengthening in Fe-Based Materials. J. Iron Steel Inst. 211 (1973) 640]. Существует несколько подходов к повышению прочностных характеристик высокомарганцевых сталей, однако одним из наиболее эффективных способов, который может быть использован для получения в сталях оптимального сочетания механических свойств, является деформация при комнатной температуре. Холодная деформационная обработка приводит к развитию деформационного двойникования в стали и вызывает резкое увеличение плотности дислокаций, что в свою очередь приводит к существенному упрочнению. Однако с увеличением степени деформации за процессами двойникования следует формирование полос сдвига, что приводит к деградации пластичности. Отсюда следует, что наиболее эффективным способом получения листов высокомарганцевых сталей, которые будут сочетать высокую прочность и пластичность, является холодная деформационная обработка до относительно невысоких степеней деформации, чтобы в стали развивались процессы деформационного двойникования.

Из уровня техники известны способы обработки высокомарганцевых сталей для повышения прочностных характеристик.

Изобретение согласно патенту WO 2013064698 A3 (опубликован 01.05.2014) относится к способу деформационно-термической обработки для получения высокопрочных компонентов из литой стали, обладающей эффектами TWIP-TRIP. Способ деформационно-термической обработки заключается в том, что полуфабрикаты или формованные детали из литой стали отливаются с использованием традиционных методов литья и без жестких допусков размеров, при этом конечная температура после литья составляет 1150-1300°C. Следующим этапом является горячая прокатка при температуре от 850 до 950°C. После горячей прокатки сталь наматывается при температуре 550-800°C. Затем полуфабрикаты или формованные детали подвергаются холодной обработке со степенью обжатия от 20% до 100% для аустенитных сталей и от 20% до 60% для аустенитно-мартенситных сталей. В процессе холодной обработки полуфабрикаты или формованные детали охлаждаются до 80°C.

Основным недостатком данного способа является большая энергозатратность процесса и необходимость применения специального оборудования.

Способ деформационно-термической обработки для изготовления горячекатаных полос из деформируемой, в частности способной к хорошей холодной глубокой вытяжке легкой конструкционной стали, описан в изобретении RU 2359765 C2 (опубликован 27.06.2009). Сталь, согласно изобретению, состоит из основных элементов Fe, Mn, Si и

Al и обладает высокой прочностью на растяжение и TRIP- и/или TWIP-свойствами. При этом расплав разливают в горизонтальной разливочной установке близко к окончательным размерам в черновую полосу в диапазоне 6-20 мм в защитном газе. Деформационно-термическая обработка заключается в том, что черновую полосу пропускают через находящееся в защитном газе устройство для гомогенизации в сочетании с выборочным поддержанием температуры, охлаждением или нагревом, затем черновую полосу подвергают горячей прокатке, по меньшей мере, в один проход с общей степенью деформации, по меньшей мере, 50%, а после охлаждения наматывают в виде горячекатаной полосы, причем в зависимости от соотношения скоростей разливки и прокатки процесс горячей прокатки осуществляют напрямую или отдельно.

Недостатком способа является отсутствие данных по прочностным свойствам стали, что делает оценку эффективности применения данного метода затруднительной.

Наиболее близкий к предложенному изобретению способ деформационно-термической обработки аустенитных высокомарганцевых сталей с TWIP-эффектом, принятый за прототип, описан в патенте RU 2618678 C1 (опубликован 10.05.2017). Согласно способу аустенитную сталь с содержанием марганца более 15 мас.%, алюминия не менее 1,5 мас.% и обладающей TWIP-эффектом подвергают предварительно гомогенизационному отжигу при температуре 1223 – 1423 К в течение 2 - 8 часов, затем проводят многократную ковку слитка при температуре 1223 – 1423 К с суммарной истинной степенью деформации не менее 1,2. Послековки сталь подвергают второму гомогенизационному отжигу при 1223 – 1423 К в течение 2 - 8 часов и последующей многократной горячей прокатке без промежуточного подогрева при 773 – 1423 К с суммарной истинной степенью деформации не менее 2. Горячекатаную сталь подвергают отжигу в течение 1-2 часов при 1223 – 1423 К, холодной деформации путем прокатки при температуре 293 К до суммарной истинной степени не менее 3, с последующим рекристаллизационным отжигом в интервале температур 873 – 973 К в течение 30 – 60 минут.

Недостатком данного способа является то, что представленная обработка не позволяет достигнуть необходимых механических свойств, в частности, предел прочности не превышает 1000 МПа, а также прокатка до истинной степени деформации 3 является энергозатратным процессом.

Задачей предлагаемого изобретения является разработка способа получения листов высокопрочных аустенитных марганцовистых сталей с содержанием марганца более 15 мас.%, алюминия не менее 1,5 мас.% и с TWIP эффектом, позволяющего устранить недостатки прототипа.

Технический результат заключается в следующем: повышение прочностных характеристик сталей данного класса с содержанием марганца не менее 15% и алюминия не менее 1,5%, при комнатной температуре, с сохранением допустимых значений показателя пластичности, за счет обширного деформационного двойникования и формирования полос сдвига.

Дополнительный технический результат: снижение энергозатрат за счет уменьшения значения истинной степени деформации до 0,22 – 0,4 при холодной прокатке, значения суммарной истинной степени деформации 1-19 при горячей ковке и 1,6 – 1,99 при многократной горячей прокатке, сокращение времени предварительного гомогенизационного отжига и исключения рекристаллизационного отжига после холодной прокатки в интервале температур 873 – 973 К в течение 30 – 60 минут.

Поставленную задачу можно решить предложенным способом получения листов высокопрочных аустенитных марганцовистой сталей с содержанием марганца не менее

15% и алюминия не менее 1,5%, включающим предварительный гомогенизационный отжиг при температуре 1223 – 1423 К, последующую горячую ковку при температуре 1223 – 1423 К, второй гомогенизационный отжиг при температуре 1223 – 1423 К, последующую горячую прокатку без промежуточного подогрева и отжиг при

5 температуре 1223 – 1423 К, и последующую холодную деформацию путем прокатки при температуре 293 К, в который внесены следующие новые признаки:

- предварительный гомогенизационный отжиг проводят в течение 1 часа;
- последующую горячую ковку проводят до суммарной истинной степени деформации не менее 1 и не более 1,19;
- 10 - второй гомогенизационный отжиг проводят в течение не менее 2-х часов;
- горячую прокатку без промежуточного подогрева проводят до получения суммарной истинной деформации в диапазоне 1,6 – 1,99;
- отжиг проводят в течение не более 1 часа;
- холодную деформацию осуществляют путем прокатки при комнатной температуре
- 15 до истинной степени деформации в диапазоне 0,22 – 0,4, не более, т.к. будет потеряно оптимальное соотношение пластичности и прочности.

Предполагаемое изобретение поясняют следующие графические материалы:

Фиг. 1 – Таблица 1. Механические свойства и параметры микроструктуры листов аустенитных аустенитных марганцовистых TWIP сталей.

20 Фиг. 2 – микроструктура стали Fe - 0,3%С - 17%Mn - 1,5%Al, подвергнутой холодной прокатке до истинной степени деформации 0,22.

Фиг. 3 – микроструктура стали Fe - 0,3%С - 23%Mn - 1,5%Al, подвергнутой холодной прокатке до истинной степени деформации 0,22.

25 Фиг. 4 – микроструктура стали Fe - 0,6%С - 17%Mn - 1,5%Al, подвергнутой холодной прокатке до истинной степени деформации 0,22.

Примеры осуществления:

Пример 1. Слиток аустенитной марганцовистой стали Fe - 0,3%С - 17%Mn - 1,5%Al был повергнут предварительной термообработке. Для этого сначала исходный материал

30 в литом состоянии в виде слитка размерами 140×140×140 мм³ был подвергнут гомогенизационному отжигу в печи при температуре 1423 К в течение 4-х часов, затем слиток был прокован при температуре 1423 К до суммарной истинной степени деформации 1 за несколько проходов. После чего слиток был подвергнут второму гомогенизационному отжигу при температуре 1423 К в течение 2-х часов и прокатан в

35 интервале температур 1423 – 773 К в несколько проходов, суммарная истинная деформация составила 1,6, в данном случае все стадии прокатки проводились без промежуточного подогрева. После прокатки стальная заготовка была подвергнута отжигу в течение 1 часа при температуре 1423 К. Затем стальная заготовка была подвергнута холодной прокатке при комнатной температуре (~ 273 К), в результате

40 которой были получены листы высокомарганцевой стали с истинной степенью деформации 0,22 -0,4.

Пример 2. Слиток аустенитной марганцовистой стали Fe - 0,3%С - 23%Mn - 1,5%Al был повергнут предварительной термообработке. Для этого сначала исходный материал

45 в литом состоянии в виде слитка размерами 140×140×140 мм³ был подвергнут гомогенизационному отжигу в печи при температуре 1423 К в течение 4-х часов, затем слиток был прокован при температуре 1423 К до суммарной истинной степени деформации 1 за несколько проходов. После чего слиток был подвергнут второму гомогенизационному отжигу при температуре 1423 К в течение двух часов и прокатан в интервале температур 1423 – 773 К в несколько проходов, суммарная истинная

деформация составила 1,6, в данном случае все стадии прокатки проводились без промежуточного подогрева. После прокатки стальная заготовка была подвергнута отжигу в течение 1 часа при температуре 1423 К. Затем стальная заготовка была подвергнута холодной прокатке при комнатной температуре (~ 273 К), в результате которой были получены листы высокомарганцевой стали с истинной степенью деформации 0,22.

Пример 3. Слиток аустенитной марганцевистой стали Fe - 0,6%С - 23%Mn - 1,5%Al был подвергнут предварительной термообработке. Для этого сначала исходный материал в литом состоянии в виде слитка размерами 140×140×140 мм³ был подвергнут гомогенизационному отжигу в печи при температуре 1423 К в течение 4-х часов, затем слиток был прокован при температуре 1423 К до суммарной истинной степени деформации 1 за несколько проходов. После чего слиток был подвергнут второму гомогенизационному отжигу при температуре 1423 К в течение двух часов и прокатан в интервале температур 1423 – 773 К в несколько проходов, суммарная истинная деформация составила 1,6, в данном случае все стадии прокатки проводились без промежуточного подогрева. После прокатки стальная заготовка была подвергнута отжигу в течение 1 часа при температуре 1423 К. Затем стальная заготовка была подвергнута холодной прокатке при комнатной температуре (~ 273 К), в результате которой были получены листы высокомарганцевой стали с истинной степенью деформации 0,22.

Из полученных листов были вырезаны образцы для испытаний на одноосное растяжение при комнатной температуре. Образцы были вырезаны вдоль направления прокатки.

В таблице на фигуре 1 представлены результаты механических испытаний листов сталей, полученных по примерам 1-3. Механические испытания на растяжения проводились по ГОСТ 1497-84 при комнатной температуре.

На фигурах 2 - 4 представлена микроструктура листов аустенитной марганцевистой сталей, полученных предложенным способом.

Таким образом, достигнута задача по повышению прочностных характеристик сталей данного класса с содержанием марганца не менее 15% и алюминия не менее 1,5%, при комнатной температуре, с сохранением допустимых значений показателя пластичности, наряду со снижением энергозатрат при осуществлении предложенного способа.

Повышенные показатели прочности и пластичности с сохранением допустимых значений показателя пластичности обеспечиваются формированием в листах аустенитных марганцевистых сталей обширного деформационного двойникования и формирования полос сдвига.

(57) Формула изобретения

Способ получения листов аустенитных марганцевистых сталей с содержанием марганца более 15 мас.%, алюминия не менее 1,5 мас.% и обладающих TWIP-эффектом, включающий предварительный гомогенизационный отжиг при температуре 1223 - 1423 К, последующую горячую ковку при температуре 1223 – 1423 К, второй гомогенизационный отжиг при температуре 1223 - 1423 К в течение не менее двух часов, последующую горячую прокатку без промежуточного подогрева при температуре 773 – 1423 К, отжиг в течение 1 часа при 1223 - 1423 К и последующую холодную деформацию путем прокатки при температуре 293 К, отличающийся тем, что предварительный гомогенизационный отжиг проводят в течение 1 часа, горячую ковку

проводят до суммарной истинной степени деформации в диапазоне 1 - 1,19, горячую прокатку проводят до суммарной истинной деформации в диапазоне 1,6 – 1,99, а после отжига осуществляют холодную деформацию путем прокатки до истинной степени деформации в диапазоне 0,22 – 0,4.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

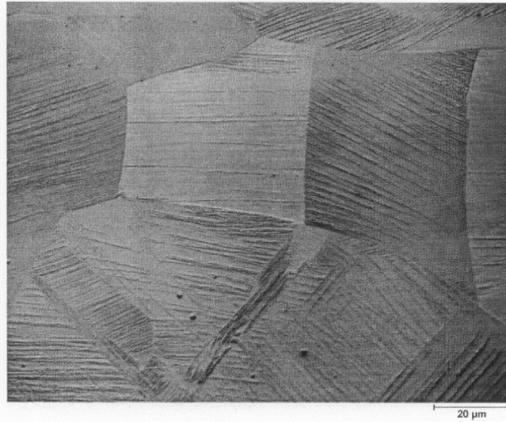
СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИСТОВ ВЫСОКОПРОЧНЫХ
АУСТЕНИТНЫХ МАРГАНЦОВИСТЫХ СТАЛЕЙ

	Прототип (Сталь Fe – 0,3%C – 17%Mn – 1,5%Al)	Предложен- ный способ Пример №1 (Сталь Fe – 0,3%C – 17%Mn – 1,5%Al)	Предложен- ный способ Пример №2: (Сталь Fe – 0,3%C – 23%Mn – 1,5%Al)	Предложен- ный способ Пример №3 (Сталь Fe – 0,6%C – 17%Mn – 1,5%Al)
Предел текучести, МПа	560	790	690	770
Предел прочности, МПа	950	1020	840	980
Относительное удлинение до разрушения,%	60	29	35	35
Расстояние между двойниками, нм	-	193	570	135
Толщина двойников, нм	-	25	23	31

Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4