

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039425**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.01.26

(21) Номер заявки
202092042

(22) Дата подачи заявки
2019.04.03

(51) Int. Cl. **C21D 9/24** (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01)
C22C 38/48 (2006.01)

(54) СТАЛЬ ДЛЯ МОНОЛИТНЫХ И БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ

(31) **P.425197**

(32) **2018.04.11**

(33) **PL**

(43) **2020.11.30**

(86) **PCT/PL2019/050020**

(87) **WO 2019/199193 2019.10.17**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**КьюЭсДжиЭс ТЕКНОЛОДЖИ
ГРАЗИНА КЛЕПУСЗЕВСКА (PL)**

(72) Изобретатель:
Клепушевский Ян, Бала Пётр (PL)

(74) Представитель:
Носырева Е.Л. (RU)

(56) US-A-5417777
US-B2-6869692
JP-A-S5776171
JP-A-S5837156
JP-A-2003286541
CN-A-102251188

(57) Объектом изобретения является сталь для монолитных и биметаллических ленточных пил, предназначенная для термообработки непрерывным способом, содержащая по весу от 0,50 до 0,75% марганца, от 0,40 до 0,80% никеля, от 0,10 до 0,40% кремния, от 0,48 до 0,53% углерода, от 1,10 до 1,40% хрома, от 0,25 до 0,40% молибдена, от 0,10 до 0,15% ниобия и менее 0,02% по весу каждого из серы и фосфора, где остальную часть составляют железо и неизбежные примеси.

B1**039425****039425****B1**

Объектом настоящего изобретения является новая марка стали, предназначенная для монолитных и биметаллических ленточных пил для обработки древесины.

Ленточная пила представляет собой инструмент, предназначенный в основном для работы в холодном режиме, но особенности работы, т.е. разрезание различных типов материалов, в частности древесины, и в различных условиях, могут привести к ее локализованному нагреванию до высоких значений температуры. Помимо возможного повышения температуры ленточные пилы подвергаются циклическим переменным нагрузкам, что приводит к образованию усталостных трещин. Сама по себе ленточная пила представляет собой ленту замкнутого контура, натянутую между двумя или тремя шкивами, один из которых является ведомым. Монолитные ленты представляют собой ленты, полностью изготовленные из одного материала. Биметаллические ленты по сути состоят из несущей ленты и лезвий, изготовленных из различных материалов с целью использования их различных свойств, таких как предел выносливости или режущие свойства. Следовательно, для ленточных пил применяют марки легированной стали, и одним из наиболее важных свойств является их надлежащая микроструктура.

С целью обеспечения надлежащих режущих свойств и предела выносливости микроструктура ленточной пилы должна содержать мелкое бывшее зерно аустенита (минимум 9, предпочтительно 11-12) и должна состоять из мартенсита высокого отпуска без первичных и вторичных выделений карбидов.

Известны три марки легированной стали, и в настоящее время их применяют в основном для монолитных и биметаллических ленточных пил для обработки древесины: 32CrMoV12, D6A, 51CrV4. 32CrMoV12 представляет собой легированную сталь с низким содержанием углерода (среднее значение 0,32% по весу) и она предназначена для биметаллических лент в качестве несущей ленты. Сталь в среднем содержит 2,7% Cr, 1,1% Mo, 0,6% Ni и 0,3% V. Из-за химического состава, среди прочего, она является дорогой маркой легированной стали, и невозможно получить хорошие режущие свойства путем ее применения, поскольку она содержит только 0,32% C. Сталь D6A содержит 0,45% C, 1% Cr, 1% Mo, 0,5% Ni и 0,1% V и также является дорогой маркой. Данная сталь имеет лучшие режущие свойства, чем марка 32CrMoV12, но одновременно она характеризуется более высокой предрасположенностью к укрупнению зерен во время аустенизации для закалки. Обе вышеуказанные марки с учетом их сложного химического состава требуют высокой температуры аустенизации для закалки (1070-1120°C) во время термообработки. Сталь 51CrV4 по сути представляет собой пружинную сталь, применяемую для ленточных пил, которая в среднем содержит 0,5% C, 0,65% Mn, 0,95% Cr и 0,15% V. Она демонстрирует низкую чувствительность к закалке, т.е. возможность получения мартенситной микроструктуры. Присутствие ванадия в ее химическом составе помогает против укрупнения зерна аустенита во время аустенизации для закалки. В традиционных печах для термообработки и при применении длительного времени аустенизации ванадий надлежащим образом выполняет свою функцию, но на технологических линиях для непрерывной термообработки, как в случае ленточных пил, время аустенизации является коротким; следовательно, время обработки компенсируется значительно повышенной температурой аустенизации стали, что приводит к очень сложному контролю зерна аустенита в ленточных пилах, изготовленных из стали 51CrV4. Состав стали 51CrV4 не обеспечивает растворения всех карбидов, что является необходимым для насыщения матрицы металла легирующими элементами и углеродом, или же сталь перегревается, и за этим следует сильное укрупнение зерна аустенита, что приводит к худшему пределу выносливости стали.

Ниобий представляет собой обычно применяемый компонент конструкционных сталей, обеспечивающий мелкие зерна и улучшенные механические свойства. В качестве микродобавки в конструкционной стали он эффективно обеспечивает подавление укрупнения зерна путем осаждения карбидов NbC во время термомеханической обработки. Однако стали не подвергают термообработке путем закалки и высокого отпуска. В качестве легирующей добавки он также в основном применяется для снижения межкристаллитной коррозии аустенитных сталей, в частности соединенных посредством сварки элементов, изготовленных из данной стали. Ниобий связывает весь углерод в форму NbC, но обычно его добавляют в большом избытке, например в количестве 10×% C. Кроме того, добавление ниобия к устойчивым к высокотемпературной ползучести сталям также приводит к дисперсионному твердению с помощью интерметаллических соединений или с помощью NbC. Ниобий, растворенный в твердом растворе, увеличивает способность стали к закалке и значительно улучшает механические свойства при повышенных значениях температуры. Однако получение таких характеристик стали требует солюционирования или аустенизации при значениях температуры, превышающих 1200°C. Однако до настоящего момента ниобий редко применялся в инструментальных сталях (например, сталь для частей с усталостной нагрузкой PL225572 и легированная инструментальная сталь PL227829 не содержат добавок в виде ниобия). Также не изготавливали ленточных пил из содержащих ниобий сталей. Для инструментальных материалов, таких как предназначенные для обработки древесины пилы, которые должны характеризоваться высоким пределом выносливости, неправильно выбранные значения содержания ниобия могут привести к снижению предела выносливости и других механических свойств, например твердости.

Целью настоящего изобретения является обеспечение инструментальной стали, которая является более низколегированной, чем обычно применяемые стали, при этом не имеет недостатков сталей из уровня техники.

Таким образом, целью настоящего изобретения является обеспечение инструментальной стали, являющейся более низколегированной, чем обычно применяемые стали, предназначенной для ленточных пил, которая характеризуется мелкозернистой микроструктурой, высокой способностью к закалке, высокой твердостью, хорошим пределом выносливости и которая одновременно подходит для работы как в холодном, так и горячем режиме при высокой вариабельности температуры во время локализованного нагревания при эксплуатации.

Следовательно, предлагается новый химический состав стали, предназначенный для монолитных или биметаллических ленточных пил, с надлежащими значениями содержания хрома, никеля и молибдена, а также с добавлением ниобия, позволяющий преодолеть проблемы уровня техники.

Таким образом, объектом настоящего изобретения является новый химический состав стали для монолитных и биметаллических ленточных пил. Сталь в соответствии с настоящим изобретением для монолитных и биметаллических ленточных пил, предназначенная для термообработки непрерывным способом, содержит по весу от 0,50 до 0,75% марганца, от 0,4 до 0,8% никеля, от 0,1 до 0,4% кремния, от 0,48 до 0,53% углерода, от 1,10 до 1,40% хрома, от 0,25 до 0,40% молибдена, от 0,10 до 0,15% ниобия и менее 0,02% по весу каждого из серы и фосфора, где остальную часть составляют железо и неизбежные примеси.

Предпочтительно сталь содержит по весу 0,51% углерода, 1,3% хрома, 0,7% марганца, 0,15% кремния, 0,52% никеля, 0,36% молибдена, 0,12% ниобия, 0,008% серы и 0,010% фосфора.

Также предпочтительно сталь содержит по весу 0,49% углерода, 1,21% хрома, 0,76% марганца, 0,18% кремния, 0,45% никеля, 0,31% молибдена, 0,11% ниобия, 0,005% серы и 0,011% фосфора.

Также предпочтительно сталь содержит по весу 0,51% углерода, 1,38% хрома, 0,66% марганца, 0,31% кремния, 0,78% никеля, 0,29% молибдена, 0,15% ниобия, 0,005% серы и 0,010% фосфора.

Было обнаружено, что присутствие хрома, марганца, молибдена и никеля в надлежащих количествах, указанных выше, которое обеспечивает высокую способность к закаливанию новой стали, вместе с надлежащим содержанием углерода позволяют получить высокую твердость и отличные механические свойства. Добавление ниобия в вышеуказанный состав предотвращает укрупнение зерна, следовательно, сталь приобретает хорошие усталостные свойства. Кроме того, данное добавление выбрано так, чтобы оно не приводило к снижению предела выносливости и других механических свойств, например твердости.

Новый химический состав стали для монолитных и биметаллических ленточных пил, в частности, предназначен для термообработки непрерывным способом, где применяются быстрое нагревание партии ~5-1000°C/с, высокая температура аустенизации (на 50-100°C выше, чем температура, применяемая в традиционной термообработке) и короткие промежутки времени аустенизации (в зависимости от длины печи и скорости прохода ленты, не более 120 с). Благодаря уникальному химическому составу новая сталь не склонна к значительному укрупнению зерна, следовательно, получают очень хороший предел выносливости одновременно с хорошими режущими и механическими свойствами. Это имеет непосредственный экономический эффект, обусловленный уходом от дорогих марок легированной стали и применением более низкой температуры аустенизации для заковки (более низкой, чем для высоколегированных сталей) и отпуска (более низкой, чем для высоколегированных сталей).

Кроме того, химический состав новой стали приводит к подавлению укрупнения зерна аустенита посредством выделений NbC во время индукционного нагревания зубьев монолитной пилы и аустенизации в конвейерных печах на линиях для непрерывной обработки пил. В процессе индукционной заковки зубьев, а также в конвейерных печах на линиях для непрерывной обработки пил приходится иметь дело со значениями температуры аустенизации более высокими, чем рекомендованные значения температуры, которые в других марках, например 51CrV4, приводят к укрупнению зерна. Новая марка после заковки в пределах диапазона 950-1000°C (время аустенизации 60-120 с) содержит бывшее зерно аустенита в пределах диапазона классов 10-12 в соответствии с ASTM. Кроме того, добавление молибдена в количестве, указанном выше, предотвращает отпускную хрупкость II-го типа.

Более того, новая марка стали с учетом более низкого углеродного эквивалента Се способствует лазерной сварке плоской проволоки из быстрорежущей стали с ребром несущей ленты пилы (изготовленной из новой марки стали) в биметаллических пилах и обеспечивает более высокую прочность соединения, а также способствует сварке спеченных карбидов с кончиками зубьев в твердосплавных пилах, обеспечивая более высокую прочность соединения.

Значения содержания Mn в составе стали могут составлять, как указано выше, 0,5-0,75% по весу. Все значения содержания Mn в пределах диапазона, указанного выше, считаются предпочтительными. Особенно предпочтительно значения содержания Mn в составе стали составляют 0,5-0,7% по весу, предпочтительно 0,5-0,66% по весу, предпочтительно 0,66-0,75% по весу, предпочтительно 0,66-0,70% по весу, предпочтительно 0,7-0,75% по весу.

Значения содержания Ni в составе стали могут составлять, как указано выше, 0,4-0,8% по весу. Все значения содержания Ni в пределах диапазона, указанного выше, считаются предпочтительными. Особенно предпочтительно содержание Ni в составе стали составляет 0,4-0,78% по весу, предпочтительно 0,4-0,52% по весу, предпочтительно 0,4-0,45% по весу, предпочтительно 0,45-0,8% по весу, предпочти-

тельно 0,45-0,78% по весу, предпочтительно 0,45-0,52% по весу, предпочтительно 0,52-0,8% по весу, предпочтительно 0,52-0,78% по весу, предпочтительно 0,78-0,8% по весу.

Значения содержания Si в составе стали могут составлять, как указано выше, 0,10-0,40% по весу. Все значения содержания Si в составе стали в пределах диапазона, указанного выше, считаются предпочтительными. Особенно предпочтительно значение содержания Si в составе стали составляет 0,10-0,31% по весу, предпочтительно 0,10-0,18% по весу, предпочтительно 0,10-0,15% по весу, предпочтительно 0,15-0,40% по весу, предпочтительно 0,15-0,31% по весу, предпочтительно 0,15-0,18% по весу, предпочтительно 0,18-0,40% по весу, предпочтительно 0,18-0,31% по весу, предпочтительно 0,31-0,40% по весу.

Значения содержания C в составе стали могут составлять, как указано выше, 0,48-0,53% по весу. Все значения содержания C в составе стали в пределах диапазона, указанного выше, считаются предпочтительными. Особенно предпочтительно значение содержания C в составе стали составляет 0,48-0,51% по весу, предпочтительно 0,48-0,49% по весу, предпочтительно 0,49-0,53% по весу, предпочтительно 0,49-0,51% по весу, предпочтительно 0,51-0,53% по весу.

Значения содержания Cr в составе стали могут составлять, как указано выше, 1,10-1,40% по весу. Все значения содержания Cr в составе стали в пределах диапазона, указанного выше, считаются предпочтительными. Особенно предпочтительно значение содержания Cr в составе стали составляет 1,10-1,38% по весу, предпочтительно 1,10-1,30% по весу, предпочтительно 1,10-1,21% по весу, предпочтительно 1,21-1,40% по весу, предпочтительно 1,21-1,38% по весу, предпочтительно 1,21-1,30% по весу, предпочтительно 1,30-1,40% по весу, предпочтительно 1,30-1,38% по весу, предпочтительно 1,38-1,40% по весу.

Значения содержания Mo в составе стали могут составлять, как указано выше, 0,25-0,40% по весу. Все значения содержания Mo в составе стали в пределах диапазона, указанного выше, считаются предпочтительными. Особенно предпочтительно значение содержания Mo в составе стали составляет 0,25-0,36% по весу, предпочтительно 0,25-0,31% по весу, предпочтительно 0,25-0,29% по весу, предпочтительно 0,29-0,40% по весу, предпочтительно 0,29-0,36% по весу, предпочтительно 0,29-0,31% по весу, предпочтительно 0,31-0,40% по весу, предпочтительно 0,31-0,36% по весу, предпочтительно 0,36-0,40% по весу.

Значения содержания Nb в составе стали могут составлять, как указано выше, 0,10-0,15% по весу. Все значения содержания Nb в пределах диапазона, указанного выше, считаются предпочтительными. Особенно предпочтительно значение содержания Nb в составе стали составляет 0,10-0,12% по весу, предпочтительно 0,10-0,11% по весу, предпочтительно 0,11-0,15% по весу, предпочтительно 0,11-0,12% по весу, предпочтительно 0,12-0,15% по весу.

Количества как P, так и S в составе стали в соответствии с настоящим изобретением должны составлять менее 0,02% по весу.

В соответствии с настоящим изобретением комбинации всех вышеуказанных количеств элементов, содержащихся в составе стали, в пределах вышеуказанных диапазонов также являются предпочтительными.

Объект настоящего изобретения будет представлен неограничивающим образом в вариантах осуществления. Сталь в соответствии со следующими вариантами осуществления можно получить с помощью методик плавления, известных специалистам в данной области техники, т.е. путем плавления в дуговой печи. Состав стали также можно определить с помощью методик измерения, известных специалистам в данной области техники, например с помощью искрового спектрометра.

Пример 1.

Легированная сталь, предназначенная для монолитных и биметаллических ленточных пил, содержит 0,51% C; 1,3% Cr; 0,7% Mn; 0,15% Si; 0,52% Ni; 0,36% Mo; 0,12% Nb; 0,008% S; 0,010% P, где остальную часть составляют железо и неизбежные примеси. После закалки и отпуска до твердости примерно 470 HV10 (~47HRC) полученная прочность на разрыв для лент в среднем составляла 1510 МПа с пределом текучести 1465 МПа и удлинением A80, равным 8%. Данные свойства близки к таковым для марок D6A и 32CrMoV12, подвергнутых закалке и отпуску до твердости прим. 470 HV, но данные марки являются более легированными и явно требуют более высокой температуры аустенизации для закалки. После закалки в пределах диапазона 950-1000°C (время аустенизации 60-120 с) получали бывшее зерно аустенита 11 класса в соответствии с ASTM. При этом марка 51CrV, подвергнутая закалке и отпуску до твердости прим. 470 HV10 в том же испытании, характеризуется прочностью на разрыв в среднем 1480 МПа с пределом текучести 1415 МПа и низким удлинением A80, равным 3,9%.

Пример 2.

Легированная сталь, предназначенная для монолитных и биметаллических ленточных пил, содержит 0,49% C; 1,21% Cr; 0,75% Mn; 0,18% Si; 0,45% Ni; 0,31% Mo; 0,11% Nb; 0,005% S; 0,011% P, где остальную часть составляют железо и неизбежные примеси. После закалки и отпуска до твердости примерно 470 HV10 (~47HRC) полученная прочность на разрыв для лент в среднем составляла 1490 МПа с пределом текучести 1450 МПа и удлинением A80, равным 8,5%. После закалки в пределах диапазона 950-1000°C (время аустенизации 60-120 с) получали бывшее зерно аустенита 10-11 класса в соответствии с ASTM.

Пример 3.

Легированная сталь, предназначенная для монолитных и биметаллических ленточных пил, содержит 0,51% С; 1,38% Cr; 0,667% Mn; 0,31% Si; 0,78% Ni; 0,29% Mo; 0,15% Nb; 0,005% S; 0,011% P, где остальную часть составляют железо и неизбежные примеси. После закалки и отпуска до твердости примерно 470 HV10 (~47HRC) полученная прочность на разрыв для лент в среднем составляла 1520 МПа с пределом текучести 1470 МПа и удлинением A80, равным 7,8%. После закалки в пределах диапазона 950-1000°C (время аустенизации 60-120 с) получали бывшее зерно аустенита 11-12 класса в соответствии с ASTM.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Сталь для монолитных и биметаллических ленточных пил, предназначенная для термообработки непрерывным способом, содержащая по весу от 0,50 до 0,75% марганца, от 0,4 до 0,8% никеля, от 0,1 до 0,4% кремния, от 0,48 до 0,53% углерода, от 1,10 до 1,40% хрома, от 0,25 до 0,40% молибдена, от 0,10 до 0,15% ниобия, менее 0,02% по весу каждого из серы и фосфора, где остальную часть составляют железо и неизбежные примеси.

2. Сталь по п.1, содержащая по весу 0,51% углерода, 1,3% хрома, 0,7% марганца, 0,15% кремния, 0,52% никеля, 0,36% молибдена, 0,12% ниобия, 0,008% серы и 0,010% фосфора.

3. Сталь по п.1, содержащая по весу 0,49% углерода, 1,21% хрома, 0,76% марганца, 0,18% кремния, 0,45% никеля, 0,31% молибдена, 0,11% ниобия, 0,005% серы и 0,011% фосфора.

4. Сталь по п.1, содержащая по весу 0,51% углерода, 1,38% хрома, 0,66% марганца, 0,31% кремния, 0,78% никеля, 0,29% молибдена, 0,15% ниобия, 0,005% серы и 0,010% фосфора.

