



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010120189/02, 20.05.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
20.05.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.05.2010

(45) Опубликовано: 20.09.2011 Бюл. № 26

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: SU 768835 А, 10.11.1980. SU 1388441 А2,  
15.04.1988. RU 2011688 С1, 30.04.1994. RU  
2218218 С2, 10.12.2003. JP 61-54087 А,  
20.11.1986.

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, ГОУ  
ВПО МГТУ им. Н.Э. Баумана, директору  
ЦЗИС

(72) Автор(ы):

Покровский Алексей Михайлович (RU),  
Лешковцев Виталий Германович (RU),  
Плохих Андрей Иванович (RU),  
Бочектуева Елена Баторовна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное  
учреждение высшего профессионального  
образования "Московский государственный  
технический университет имени Н.Э.  
Баумана" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО БАНДАЖИРОВАННОГО  
ПРОКАТНОГО ВАЛКА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области тяжелого машиностроения, в частности к производству бандажированных валков холодной и горячей прокатки. Для увеличения ресурса эксплуатации валка осуществляют посадку бандажа на ось с предварительным тепловым натягом и термоциклирование бандажа при многократных индукционных нагревах поверхностного слоя бандажа с его последующим спреерным охлаждением, при этом в качестве материала бандажа используют высокопрочную Ni-Co-Mo сталь мартенситного класса с карбидно-интерметаллидным упрочнением, термоциклирование проводят путем индукционного нагрева поверхностного слоя бандажа в каждом цикле до температуры, превышающей температуру аустенитного

превращения  $As_1$  стали и соответствующей ее закалочной температуре с последующим охлаждением, после последнего цикла нагрева и охлаждения проводят старение поверхностного слоя бандажа с обеспечением выделения карбидной  $Mo_2C$  и интерметаллидной  $Fe_2Mo$  фаз в виде высокодисперсных частиц нанометрического диапазона от 5 до 10 нм, при этом бандаж имеет предел прочности  $\sigma_B=2400$  МПа и трещиностойкость  $K_{Ic}=120$  МПа·м<sup>1/2</sup>. В качестве материала бандажа используют сталь типа 25Н12М6К10 или 30Н12М6К10Б, термоциклирование проводят не менее пяти раз путем нагрева поверхностного слоя бандажа до 1100°C и охлаждения до комнатной температуры, после последнего термоцикла проводят старение при 500°C. 2 з.п. ф-лы.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2010120189/02, 20.05.2010**(24) Effective date for property rights:  
**20.05.2010**

Priority:

(22) Date of filing: **20.05.2010**(45) Date of publication: **20.09.2011 Bull. 26**

Mail address:

**105005, Moskva, ul. 2-ja Baumanskaja, 5, GOU  
VPO MGTU im. N.Eh. Baumana, direktoru TsZIS**

(72) Inventor(s):

**Pokrovskij Aleksej Mikhajlovich (RU),  
Leshkovtsev Vitalij Germanovich (RU),  
Plokhikh Andrej Ivanovich (RU),  
Bochektueva Elena Batorovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie  
vysshego professional'nogo obrazovanija  
"Moskovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij  
universitet imeni N.Eh. Baumana"(MGTU im.  
N.Eh. Baumana) (RU)****(54) PROCEDURE FOR FABRICATION OF HIGH STRENGTH BANDED FORMING ROLL**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: band is set on axle with preliminary heat tightness and thermo-cycled; band surface layer is repeatedly subjected to induction heating. Further, the band is cooled by spraying. Also, high strength Ni-Co-Mo steel of martensite class with carbide-inter-metallic hardening is used as band material. Thermo-cycling is carried out by induction heating a surface layer of the band in each cycle to temperature exceeding temperature of austenite transformation  $Ac_1$  of steel and corresponding to its quenching temperature with successive cooling. Upon the last cycle of heating

and cooling the surface layer of band is aged facilitating release of carbide  $Mo_2C$  and inter-metallic  $Fe_2Mo$  phases in form of high disperse particles of nano metric range from 5 to 10 nm. Also, the band possesses ultimate strength  $\sigma_B=2400$  MPa and fracture strength  $K_{Ic}=120$  MPa·m<sup>1/2</sup>. Steel of type 25N12M6K10 or 30N12M6K10BV is used as material of a band. Thermo-cycling is performed not less, than five times by heating the surface layer of the band to 1100°C and cooling to room temperature. Upon the last thermo-cycle a band is aged at 500°C.

EFFECT: increased operation resource of roll.

3 cl, 1 ex

Изобретение относится к области тяжелого машиностроения, в частности к производству путем термообработки бандажированных (составных) валков холодной и горячей прокатки.

5 Известны способы изготовления составных прокатных валков путем горячей посадки бандаж на ось. Передача крутящего момента при этом может осуществляться как за счет сил трения между поверхностями бандаж и оси, так и за  
10 счет дополнительных устройств и приспособлений, способствующих увеличению этих сил. Наиболее простым в изготовлении является валок, состоящий из высокопрочного бандаж и оси простой формы. В этом случае крутящий момент обеспечивается силами трения, возникающими за счет теплового натяга при посадке бандаж на ось. Эксплуатационные характеристики такого составного валка зависят от многих  
15 факторов, но в первую очередь, как показывает практика, от величины остаточных напряжений, удерживающих бандаж от проскальзывания и осевого сползания. Однако повышение напряжений, связанное с уменьшением величины теплового зазора (величина которого обычно находится в пределах (0,0003...0,0013) от номинального диаметра посадочной поверхности) при посадке бандаж, способно спровоцировать преждевременное хрупкое разрушение составного валка. Известным конструктивным  
20 приемом, позволяющим существенно и положительно влиять на характер распределения напряжений от натяга, является создание конусных скосов на посадочной поверхности оси вблизи от ее торцов.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому способу и взятым в  
25 качестве прототипа является способ изготовления бандажированного прокатного валка [1], при котором увеличение пластичности бандаж и плотности сопряжения его с осью при одновременном сохранении высоких прочностных свойств достигают тем, что перед поверхностной закалкой бандаж с индукционного нагрева, собранного с осью в холодном состоянии с зазором, его подвергают многократному  
30 индукционному нагреву до температуры 500...700°C (т.е. выше температуры рекристаллизации стали бандаж, но ниже температуры ее точки  $A_{c1}$ ) и последующему спреерному охлаждению до 60...120°C. С каждым циклом нагрева и охлаждения почти с неизменной интенсивностью происходит постепенная усадка бандаж по  
35 внутреннему диаметру с одновременным прогревом (в результате теплопередачи металла) глубинных слоев, контактирующих с посадочной поверхностью оси. Возникающий при этом термический наклеп не снижает пластических свойств металла по сечению бандаж. Пластическое деформирование внутренних слоев под действием температурных напряжений, возникающих в процессе нагрева и охлаждения бандаж,  
40 обеспечивает взаимное внедрение неровностей (шероховатостей) посадочных поверхностей бандаж и оси и плотное прилегание сопрягаемых поверхностей. Окончательная индукционная закалка, производимая сразу же после последнего термоцикла, обеспечивает необходимую твердость рабочей поверхности бандаж и еще более уплотняет соединение. При окончательном остывании бандаж под  
45 влиянием остаточных напряжений сжатия создается дополнительный натяг.

Недостатком указанного способа является то, что действующих температурных напряжений, возникающих в процессе предварительных циклических нагревов и  
50 охлаждений бандаж в интервале температур, не превышающих температуру  $A_{c1}$ , оказывается достаточно только для пластического деформирования неровностей и шероховатостей посадочных поверхностей, но недостаточно для деформирования глубинных слоев бандаж, контактирующих с посадочной поверхностью, уменьшающих вероятность его осевого сползания с оси.

Задачей предлагаемого изобретения является одновременное уменьшение возможности хрупкого разрушения бандажа валка и уменьшение вероятности его осевого сползания с оси, что в совокупности обеспечит существенное увеличение ресурса эксплуатации такого валка.

Указанную задачу решают тем, что для повышения величины натяга между осью и бандажом с одновременным обеспечением допустимого с точки зрения хрупкой прочности уровня остаточных напряжений в бандаже проводят многократные индукционные нагревы поверхностного слоя бандажа до температуры, превышающей точку  $A_{c1}$  и соответствующей температуре закалки стали, с последующим спреерным охлаждением поверхности. Бандаж в форме трубы постоянного сечения изготавливают из особо высокопрочной Ni-Co-Mo стали мартенситного класса с карбидно-интерметаллидным упрочнением, обладающей высокими значениями прочностных и пластических характеристик, например из стали типа 25H12M6K10 или 30H12M6K10Б [2-4]. Характерной особенностью этой стали является весьма низкая температура начала аустенитного превращения ( $A_{c1}=570^{\circ}\text{C}$ ).

Таким образом, в отличие от прототипного способа предлагается принципиально другой, более широкий температурный интервал индукционных нагревов, обеспечивающий горячее пластическое деформирование внутренних слоев бандажа, не прогретых до закалочных температур, но уже перешедших в высокопластичное аустенитное состояние. Определяющим для предлагаемого способа является то, что дополнительно к термическим напряжениям, возникающим при циклических охлаждениях бандажа, добавляются структурные напряжения, возникающие из-за протекания мартенситного превращения в поверхностном слое стали бандажа в процессе многократных закалок. Результатом многократного повторения указанной операции термоциклирования является высоконадежная посадка бандажа на ось. Пластичное состояние внутренних слоев бандажа обеспечивается как особой отожженной структурой, так и разогревом за счет тепла, идущего от поверхности бандажа.

После последней закалки проводят старение (отпуск), в процессе которого происходит наноструктурирование, связанное с выделением высокодисперсных частиц нанометрического диапазона (от 5 до 10 нм), а именно карбидной ( $\text{Mo}_2\text{C}$ ) и интерметаллидной ( $\text{Fe}_2\text{Mo}$ ) фаз, что приводит к реализации оптимального сочетания свойств стали: с одной стороны, высокого предела прочности  $\sigma_{\text{в}}=2400$  МПа, а с другой стороны, высоких значений вязкости и трещиностойкости ( $K_{Ic}=120$  МПа $\cdot\text{м}^{1/2}$ ).

Наружный размер бандажа должен иметь гарантированный припуск на проведение чистового точения после завершения посадки бандажа на ось. Размеры сопрягающихся поверхностей оси и бандажа должны обеспечить величину окончательного натяга в интервале 0,0015 до 0,006 от диаметра оси.

Собранный валок располагают в индукционной закалочной машине и за счет непрерывного перемещения кольцевого индуктора вдоль оси валка равномерно разогревают его поверхность до закалочной температуры. При достижении закалочной температуры индуктор выключают и спреером охлаждают бандаж до комнатной температуры. Количество термоциклов, необходимых для плотной посадки бандажа на ось, должно быть не менее пяти. После завершения термоциклирования следует окончательный закалочный нагрев с последующим старением.

Пример реализации способа.

Бандаж в форме трубы постоянного сечения с наружным диаметром 180 мм,

внутренним 130 мм и длиной 500 мм был изготовлен из особо высокопрочной стали мартенситного класса с карбидно-интерметаллидным упрочнением типа 25Н12М6К10.

Валок устанавливали вертикально в центрах индукционной закалочной машины и подвергали поверхностному нагреву и спреерному охлаждению водой.

Изменение посадочного диаметра бандажа определялось экспериментально после полного остывания бандажа без посадки на ось с помощью электронного микрометра с точностью измерения  $\pm 1$  мкм на данной базе.

После пяти циклов нагрева до закалочной температуры  $1100^{\circ}\text{C}$  и охлаждения до комнатной температуры порядка  $25^{\circ}\text{C}$  зазор между бандажом и осью исчезал, что гарантировало величину окончательного натяга в интервале 0,0015 до 0,006 от диаметра оси. Окончательная закалка и последующее старение при  $500^{\circ}\text{C}$  обеспечили уровень прочности в поверхностном слое бандажа  $\sigma_{\text{в}}=2400$  МПа, высокие значения пластических и вязких характеристик ( $\delta=4,5\%$ ,  $\psi=30\%$ ,  $\text{КСУ}=300$  кДж/м<sup>2</sup>), в том числе трещиностойкости  $K_{\text{Ic}}=120$  МПа·м<sup>1/2</sup>, что обеспечит существенное увеличение ресурса эксплуатации вала, полученного таким способом.

#### Источники информации

1. Авторское свидетельство СССР №768835, МПК С21D 9/38, заявл. 28.12.1978.

2. Дисперсионное твердение высокопрочных Ni-Co-Mo-сталей / А.Г.Рахштадт, А.В.Канн, О.М.Ховова и др. // *Металловедение и термическая обработка металлов.* - 1985. - №5. - С.33-37.

3. Влияние условий аустенитизации на структурные превращения в фазонаклепанном аустените и свойства высокопрочной стали с карбидно-интерметаллидным упрочнением / А.Г.Рахштадт, О.М.Ховова, А.И.Плохих // *Металловедение и термическая обработка металлов.* - 1994. - №5. - С.15-21.

4. Исследование возможности создания композитных валков с наплавкой из стали 30Н12М6К10Б с карбидно-интерметаллидным упрочнением / В.Г.Лешковцев, А.М.Покровский, О.М.Ховова, А.И.Плохих // *Металловедение и термическая обработка металлов.* - 2009. - №3. - С.38-42.

#### Формула изобретения

1. Способ изготовления высокопрочного бандажированного прокатного вала, включающий посадку бандажа на ось с предварительным тепловым натягом и термоциклирование бандажа при многократных индукционных нагревах поверхностного слоя бандажа с его последующим спреерным охлаждением, отличающийся тем, что в качестве материала бандажа используют высокопрочную Ni-Co-Mo сталь мартенситного класса с карбидно-интерметаллидным упрочнением, термоциклирование проводят путем индукционного нагрева поверхностного слоя бандажа в каждом цикле до температуры, превышающей температуру аустенитного превращения  $A_{\text{с1}}$  стали и соответствующей ее закалочной температуре с последующим охлаждением, после последнего цикла нагрева и охлаждения проводят старение поверхностного слоя бандажа с обеспечением выделения карбидной  $\text{Mo}_2\text{C}$  и интерметаллидной  $\text{Fe}_2\text{Mo}$  фаз в виде высокодисперсных частиц нанометрического диапазона от 5 до 10 нм, при этом бандаж имеет предел прочности  $\sigma_{\text{в}}=2400$  МПа и трещиностойкость  $K_{\text{Ic}}=120$  МПа·м<sup>1/2</sup>.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве материала бандажа используют сталь типа 25Н12М6К10 или 30Н12М6К10Б.

3. Способ по любому из пп.1 и 2, отличающийся тем, что термоциклирование проводят не менее пяти раз путем нагрева поверхностного слоя бандажа до

закалочной температуры 1100°C при температуре аустенитного превращения указанной стали бандажа  $A_{c1}=570^{\circ}\text{C}$  и охлаждения до комнатной температуры, после последнего термоцикла проводят старение при температуре 500°C.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50