

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**  
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **21026**

(13) **С1**

(46) **2017.04.30**

(51) МПК

*C 21D 6/00* (2006.01)

*C 21D 1/34* (2006.01)

(54) **СПОСОБ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ  
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ЛЕДЕБУРИТНОГО КЛАССА**

(21) Номер заявки: а 20131101

(22) 2013.09.23

(43) 2015.04.30

(71) Заявители: Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого"; Открытое акционерное общество "Гомельский завод литья и нормалей" (ВУ)

(72) Авторы: Степанкин Игорь Николаевич; Камко Александр Иванович; Симоненко Николай Иванович; Кенько Виктор Михайлович; Поздняков Евгений Петрович; Панкратов Игорь Андреевич (ВУ)

(73) Патентообладатели: Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого"; Открытое акционерное общество "Гомельский завод литья и нормалей" (ВУ)

(56) SU 1444368 A1, 1988.

UZ 4531 C, 2012.

RU 2054516 C1, 1996.

SU 682571, 1979.

SU 1211307 A, 1986.

(57)

1. Способ упрочняющей обработки изделий из инструментальных сталей ледебуритного класса, включающий трехступенчатый нагрев под закалку, закалку и трехкратный отпуск, **отличающийся** тем, что после закалки проводят второй трехступенчатый нагрев под закалку и вторую закалку, при этом на первой ступени нагрев осуществляют при 500-700 °С, на второй - при 800-900 °С, а на третьей - при 1000-1200 °С.

2. Способ по п. 1, **отличающийся** тем, что первый трехступенчатый нагрев под закалку осуществляют до возникновения в стали действительного зерна аустенита 9-11 баллов.

3. Способ по п. 1 или 2, **отличающийся** тем, что второй трехступенчатый нагрев под закалку осуществляют до возникновения в стали действительного зерна аустенита 10-12 баллов.

Изобретение относится к металлургии, а более конкретно к способам упрочняющей обработки изделий из инструментальных сталей ледебуритного класса, и может быть использовано для повышения вязкости, контактной и объемной выносливости штампового инструмента, преимущественно используемого для получения крупногабаритных поковок.

Известен способ упрочняющей обработки инструмента из инструментальных сталей ледебуритного класса, заключающийся в последовательном проведении трехступенчатого нагрева стали для проведения закалки, собственно закалки с охлаждением до отрицательной температуры и отпуска [1]. Недостатком данного способа применительно к штамповому инструменту является неудовлетворительная ударная вязкость металла, наиболее ярко проявляющаяся у заготовок крупного сечения, имеющих 4-й и выше балл карбидной

**ВУ 21026 С1 2017.04.30**

неоднородности. Причиной этого является неоднородность свойств материала, которая обусловлена скоплениями крупных карбидных частиц, окруженных мартенситом. Искажения кристаллической решетки мартенсита вследствие высокого содержания в нем легирующих элементов обеспечивают значительное увеличение внутренних напряжений, что существенно снижает степень локальной прочности материала в окрестности крупных карбидных частиц, и служат источником зарождения микротрещин, снижающих ударную вязкость материала.

Известен способ упрочняющей обработки инструмента из инструментальных сталей ледебуритного класса, заключающийся в последовательном проведении трехступенчатого нагрева стали для осуществления закалки, собственно закалки и отпуска [2].

Недостатком данного способа является неудовлетворительная вязкость, контактная и объемная усталость металла в условиях высоких нормальных пульсирующих нагрузок, действующих на рабочих поверхностях инструмента при высадке и чеканке. Перечисленные недостатки в эксплуатационных характеристиках крупного инструмента обусловлены присутствием в микроструктуре стали крупных карбидных частиц. Нагрев для проведения закалки до высоких температур не позволяет в полной мере растворить в аустените первичные карбидные частицы, соответствующие 4-му и более баллу карбидной неоднородности, при изготовлении инструмента из заготовок с габаритными размерами более 80 мм. Последующая закалка формирует следующую структуру стали - мартенсит + карбиды + остаточный аустенит. Объемная доля остаточного аустенита в зависимости от температуры закалки может превышать 40 %. Это обусловлено интенсивным растворением легирующих элементов и углерода в аустените в момент нагрева под закалку. Наиболее высокая степень легирования аустенита наблюдается в окрестности крупных карбидных частиц, которые служат источником углерода и основных легирующих элементов, растворяющихся в аустените в процессе выдержки при нагреве под закалку. Неравномерное распределение карбидной фазы по сечению инструмента, а также коагуляция вторичных карбидов в окрестности первичных карбидов в случае проведения отпуска при температуре дисперсионного твердения материала снижает его вязкость, прочность, контактную и объемную усталость.

Задачей настоящего изобретения является повышение стойкости изделий из инструментальных сталей ледебуритного класса, например холодновысадочного и чеканочного инструмента, за счет формирования равномерного распределения карбидной фазы по всему сечению инструмента.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в известном способе упрочняющей обработки инструмента из инструментальных сталей ледебуритного класса, включающем трехступенчатый нагрев под закалку, закалку и трехкратный отпуск, согласно изобретению, после закалки проводят второй трехступенчатый нагрев под закалку и вторую закалку. Трехступенчатый нагрев под первую закалку производят до возникновения в стали 11-9 балла действительного зерна аустенита. Трехступенчатый нагрев под вторую закалку осуществляют до возникновения в стали 12-10 балла действительного зерна аустенита, на первой ступени в диапазоне 500-700 °С, на второй ступени в диапазоне 800-900 °С, на третьей ступени в диапазоне 1000-1200 °С.

Повышение стойкости штампового инструмента достигается за счет формирования более равномерного распределения карбидной фазы по сечению инструмента и гомогенизации химического состава мартенсита, формирующегося в результате проведения всех переходов термической обработки. Это обусловлено тем, что непосредственно после проведения первой закалки в структуре металла содержится большое количество остаточного аустенита. Структура в результате первой закалки формируется в соответствии с общеизвестными закономерностями. В ней присутствует мартенситная фаза с распределенными первичными карбидными частицами. Объемная доля остаточного аустенита может превышать 40 %. Его химический состав отличается высоким содержанием углерода и леги-

рующих элементов в результате преобладающего растворения менее теплостойких ( $M_{23}C_6$  и  $M_7C_3$ ) и некоторой части труднорастворимых карбидных частиц ( $M_6C$ ). Благодаря высокой степени легирования матричного материала, достигнутой в результате первого трехступенчатого нагрева под закалку и первой закалки, при повторном трехступенчатом нагреве для проведения второй закалки резко увеличивается диффузионная активность углерода и легирующих элементов, растворенных в мартенсите и особенно в остаточном аустените, как правило, окружающем крупные карбидные частицы. Структурные превращения, протекающие в период второго трехступенчатого нагрева в диапазоне температур 500-700°, характеризуются распадом остаточного аустенита с его превращением в мартенсит и выделением карбидных частиц. При дальнейшем повышении температуры на второй (800-900 °С) и третьей (1000-1200 °С) ступенях нагрева вторичные карбидные частицы не успевают коагулировать и вновь растворяются в заново формирующемся аустените. При этом структура металла одновременно подвергается процессу внутрикристаллического наклепа и перекристаллизации. Т.о. структурные превращения в окрестности крупных карбидных частиц характеризуются следующей последовательностью: выделение из остаточного аустенита вторичных карбидных частиц - превращение остаточного аустенита в мартенсит - распад мартенсита и его превращение в аустенит. Одновременное протекание этих процессов формирует множество внутрикристаллических туннелей, которые благодаря высокой диффузионной активности углерода и легирующих элементов обеспечивают гомогенизацию аустенита, формирующегося перед второй закалкой, и создают условия для увеличения степени растворения крупных первичных карбидов. В результате проведения второй закалки равномерное распределение легирующих элементов по сечению металла фиксируется. При этом достигается высокая степень внутрикристаллического наклепа материала металлической матрицы, который наследуется при последующем отпуске и обеспечивает полигонизацию  $\alpha$  - фазы внутри зерен. Это обусловлено тем, что мартенситная фаза, короткое время присутствующая в металле в период между охлаждением после закалки и нагревом для проведения второй закалки, имеет повышенный удельный объем, что в совокупности с большим содержанием остаточного аустенита позволяет повысить степень внутрикристаллического наклепа металла. Высокая пластичность как аустенитной фазы, так и всего объема металла, приобретаемая в процессе нагрева для проведения второй закалки, предохраняет его от появления микротрещин.

Способ осуществляют следующим образом. Изделие из инструментальной стали подвергают трехступенчатому нагреву под первую закалку до возникновения в структуре стали перед закалкой 11-9 балла действительного зерна аустенита, при этом нагрев на отдельных ступенях производят выбирая температуру из диапазонов: на первой ступени - 400-700 °С, на второй ступени - 800-900 °С, на третьей ступени 1000-1300 °С.

Первую закалку проводят по изотермическому либо непрерывному режиму. В случае применения изотермического режима охлаждение инструмента начинают в соляной ванне с температурой расплава соли 400-600 °С. Длительность изотермической выдержки определяется из условия выравнивания температуры по сечению инструмента, после чего инструмент охлаждается на воздухе. Нагрев для проведения второй закалки начинают не позднее 0,5 ч после полного охлаждения инструмента.

Второй трехступенчатый нагрев осуществляют на первой ступени в диапазоне 500-700 °С, на второй ступени в диапазоне 800-900 °С, на третьей ступени в диапазоне 1000-1200 °С до возникновения в стали 12-10 балла действительного зерна аустенита.

Вторую закалку проводят с изотермической выдержкой или без нее в зависимости от степени сложности инструмента. Отпуск проводят не позднее 0,5 ч после полного охлаждения инструмента в результате второй закалки.

### **Пример 1.**

По предложенной технологии была проведена термическая обработка холодновыскадного инструмента - обесчанных пуансонов из быстрорежущей стали Р6М5, используе-

# BY 21026 C1 2017.04.30

мых для обрезания облоя с головок болтов железнодорожного крепежа, получаемых холодной высадкой. Заготовки обесечных пуансонов (внешний диаметр 78 мм, высота 37 мм) нагревали под закалку путем ступенчатого увеличения температуры в следующей последовательности:

1 ступень нагрева в камерной печи при температуре 450 °С, длительность нагрева рассчитывалась исходя из соотношения: 1 мм высоты заготовки - 1 мин выдержки в камерной печи;

2 ступень нагрева в соляной ванне при температуре 850 °С, длительность нагрева рассчитывалась из соотношения: 1 мм высоты заготовки - 15 с выдержки в расплаве соли;

3 ступень нагрева в соляной ванне при температуре 1220 °С, длительность нагрева рассчитывалась из соотношения: 1 мм высоты заготовки - 15 с выдержки в расплаве соли.

Закалку изделий производили путем последовательного охлаждения в расплаве соли при температуре 600 °С, длительность - до выравнивания температуры по сечению; затем на воздухе - принудительным обдувом воздушной струей из магистрали с давлением воздуха 4,5-5 атм. до полного охлаждения изделий до комнатной температуры. Непосредственно после охлаждения изделий начинали второй трехступенчатый нагрев в следующей последовательности:

1 ступень второго трехступенчатого нагрева в соляной ванне при температуре 550-560 °С, длительность нагрева рассчитывалась исходя из соотношения: 1 мм высоты заготовки - 10 с выдержки в расплаве соли;

2 ступень трехступенчатого нагрева в соляной ванне при температуре 850 °С, длительность нагрева рассчитывалась из соотношения: 1 мм высоты заготовки - 1 мин выдержки в расплаве соли;

3 ступень трехступенчатого нагрева в соляной ванне при температуре 1180 °С, длительность нагрева рассчитывалась из соотношения: 1 мм высоты заготовки - 15 с выдержки в расплаве соли.

Вторую закалку изделий производили путем последовательного охлаждения в расплаве соли при температуре 600 °С, длительность - до выравнивания температуры по сечению; затем на воздухе - принудительным обдувом воздушной струей из магистрали с давлением воздуха 4,5-5 атм. до полного охлаждения изделий до комнатной температуры.

Непосредственно после второй закалки начинали трехкратный отпуск с нагревом изделий до температуры 550-560 °С. Длительность каждого отпуска составляла 1 ч, охлаждение после каждого нагрева осуществляли принудительным обдувом воздушной струей с давлением воздуха 4,5-5 атм. до комнатной температуры.

Результаты производственных испытаний приведены в табл. 1.

## **Пример 2.**

По предложенной технологии был изготовлен холодновысадочный инструмент - матрицы из полутеплостойкой штамповой стали X12M, используемые для изготовления гаек, получаемых холодной высадкой. Три партии заготовок матриц (внешний диаметр 52 мм, высота 63 мм) нагревали под закалку путем ступенчатого увеличения температуры в следующей последовательности:

1 ступень нагрева в камерной печи при температуре 425 °С, длительность нагрева рассчитывалась исходя из соотношения: 1 мм толщины стенки заготовки - 1 мин выдержки в камерной печи;

2 ступень нагрева в соляной ванне при температуре 850 °С, длительность нагрева рассчитывалась из соотношения: 1 мм толщины стенки заготовки - 15 с выдержки в расплаве соли;

3 ступень нагрева в соляной ванне. Температура нагрева 1 партии заготовок составляла 1040 °С, второй партии - 1080 °С, третьей - 1120 °С. Длительность нагрева рассчитывалась из соотношения: 1 мм толщины заготовки - 15 с выдержки в расплаве соли.

Таблица 1

**Режимы термической обработки и результаты производственных испытаний обесечных пуансонов из стали Р6М5 для изготовления болтов крепления железнодорожных рельс**

Способ обработки	Нагрев под первую закалку, °С			Первая закалка	Нагрев под вторую закалку, °С			Вторая закалка	Отпуск	Твердость HRC	Относительная стойкость
	I Ступень	II Ступень	III Ступень		I Ступень	II Ступень	III Ступень				
Обработка по прототипу	425	850	1180	изотермическая: в соляной ванне - 600°С, затем на воздухе	-			-	трехкратный 550-560°С, 1 ч	60-62	1
Обработка по предлагаемому способу	450	850	1220		550-560	850	1180	изотермическая: в соляной ванне - 600°С, затем на воздухе		62-63	1,2÷1,3

5

Таблица 2

**Режимы термической обработки и результаты производственных испытаний холодновысадочных матриц из стали X12M для изготовления гайки М16**

Способ обработки	Нагрев под первую закалку, °С			Первая закалка	Нагрев под вторую закалку, °С			Вторая закалка	Отпуск, °С	Твердость, HRC	Относительная стойкость
	I Ступень	II Ступень	III Ступень		I Ступень	II Ступень	III Ступень				
Обработка по прототипу	425	850	1040	на воздухе	-			-	200	61-63	1
Обработка по предлагаемому способу	Партия 1	425	850		550	850	1030	на воздухе		60-61	1,2÷1,3
	Партия 2	425	850		560	850	1030			62-64	1,5÷1,7
	Партия 3	425	850		1120	560	850			1030	64-65

# BY 21026 C1 2017.04.30

Закалку изделий производили принудительным обдувом воздушной струей из магистрали с давлением воздуха 4,5-5 атм. до полного охлаждения изделий до комнатной температуры.

В течении 0,5 ч после охлаждения изделий начинали второй трехступенчатый нагрев в следующей последовательности:

1 ступень второго трехступенчатого нагрева в соляной ванне при температуре 550-560 °С, длительность нагрева рассчитывалась исходя из соотношения: 1 мм толщины стенки заготовки - 10 с выдержки в расплаве соли;

2 ступень трехступенчатого нагрева в соляной ванне при температуре 850 °С, длительность нагрева рассчитывалась из соотношения: 1 мм толщины стенки заготовки - 15 с выдержки в расплаве соли;

3 ступень трехступенчатого нагрева в соляной ванне при температуре 1030 °С, длительность нагрева рассчитывалась из соотношения: 1 мм толщины стенки заготовки - 15 с выдержки в расплаве соли.

Закалку изделий производили путем непрерывного охлаждения принудительным обдувом воздушной струей из магистрали с давлением воздуха 4,5-5 атм. до полного охлаждения изделий до комнатной температуры.

Непосредственно после второй закалки проводили отпуск с нагревом изделий до температуры 200 °С. Длительность отпуска составляла 1,5 ч. Охлаждение после отпуска без принудительного обдува.

Результаты производственных испытаний приведены в табл. 2.

## Источники информации:

1. Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г. и др. Материаловедение: Учебник для вузов / Под. общ. ред. Б.Н.Арзамасова, Г.Г.Мухина. - 7-е изд., стереотип. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - С.617.
2. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. - М.: Металлургия, 1975. - С.543.