

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036583**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.11.26

(21) Номер заявки
201800454

(22) Дата подачи заявки
2018.07.06

(51) Int. Cl. **C23C 8/22** (2006.01)
C23C 8/46 (2006.01)
C23C 8/66 (2006.01)
C23C 8/80 (2006.01)
C21D 1/78 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ЦЕМЕНТАЦИИ КОНСТРУКЦИОННОЙ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ**

(43) **2020.01.31**

(96) **2018/ЕА/0053 (ВУ) 2018.07.06**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ "ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ
НАУК БЕЛАРУСИ"; ОТКРЫТОЕ
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
"МИНСКИЙ ТРАКТОРНЫЙ
ЗАВОД" (ВУ)**

(56) **SU-A-863713**

Шипко А.А. и др. Высокотемпературная вакуумная цементация - резерв по снижению энергоемкости производства и улучшению качества зубчатых колес трансмиссий энергонасыщенных машин. Литье и металлургия, 2016, №2, с. 105, абзацы 1-2 снизу - с. 109

US-A1-20090266449

US-A1-20050045247

US-A-4191599

(72) Изобретатель:

**Кукареко Владимир Аркадьевич,
Гацуру Владимир Михайлович,
Григорчик Александр Николаевич,
Валько Александр Леонидович,
Руденко Сергей Петрович, Чичин
Алексей Николаевич (ВУ)**

(57) Изобретение относится к области металлообработки и может быть использовано при изготовлении зубчатых колес из конструкционных легированных сталей типа 18ХГТ, 25ХГМ, 20ХНМ, 20ХН2М, 15ХГН2ТА, 20ХН3А и др. для трансмиссий автотракторной техники, эксплуатирующихся при повышенных удельных нагрузках. Изобретение может использоваться при изготовлении элементов подшипников и опор скольжения, сферических и цилиндрических сочленений, а также зубчатых колес, применяемых в сельхозмашиностроении, станкостроении, металлургической промышленности. В заявляемом способе цементации конструкционной легированной стали нагрев стали до температуры цементации осуществляется по режиму, включающему нагрев в интервале 20-680°C со скоростью ≥ 6 град/мин, нагрев в интервале аустенитного превращения (680-800°C) со скоростью от 1 до 3,5 град/мин и окончательный нагрев до температуры цементации 1000-1020°C со скоростью ≥ 6 град/мин.

B1

036583

036583

B1

Изобретение относится к области металлообработки и может быть использовано при изготовлении зубчатых колес из конструкционных легированных сталей типа 18ХГТ, 25ХГМ, 20ХНМ, 20ХН2М, 15ХГН2ТА, 20ХН3А и др. для трансмиссий автотракторной техники, эксплуатирующихся при повышенных удельных нагрузках. Изобретение может использоваться при изготовлении элементов подшипников и опор скольжения, сферических и цилиндрических сочленений, а также зубчатых колес, применяемых в сельхозмашиностроении, станкостроении, металлургической промышленности. Для обеспечения требуемой износостойкости и циклической долговечности зубчатых колес с использованием методов химико-термической обработки (ХТО), а именно цементации, проводят насыщение углеродом поверхностных слоев упрочняемых деталей, что обеспечивает формирование требуемого комплекса физико-механических характеристик зубчатых колес.

В настоящее время цементацию подавляющего большинства деталей осуществляют в автоматизированных проходных и камерных агрегатах, обладающих высокой производительностью и обеспечивающих проведение всего цикла ХТО от нагрева до закалки в контролируемых газовых атмосферах без доступа воздуха [1].

Известен способ [2], включающий нагрев цементируемых деталей до температур 930-950°C, насыщение поверхностных слоев деталей углеродом с использованием контролируемой эндотермической газовой атмосферы (которые готовят путем конверсии природного газа метана или пропана с воздухом в специальных генераторах) в течение заданного времени, а также закалку в масле после подстуживания до температуры 800-860°C в зависимости от марки стали.

Недостатком указанного способа является большая продолжительность изотермической выдержки в процессе насыщения поверхностных слоев стальных деталей углеродом, что приводит к низкой производительности процесса ХТО и его высокой стоимости. В частности, время выдержки конструкционных цементируемых сталей при температуре насыщения 930°C, необходимое для достижения толщины цементированного слоя 1,2-1,7 мм, составляет 12-13 ч [3]. В связи с этим проводятся работы по совершенствованию технологии цементации и, в частности, созданию высокопроизводительных и энергосберегающих методов цементации. При этом повышение температуры процесса насыщения является самым действенным методом увеличения производительности при ХТО, повышающим эффективность термического производства и прежде всего уменьшающим расходы энергетических ресурсов. В частности, увеличение температуры цементации от 950°C до 1000 и 1050°C приводит к уменьшению времени насыщения до глубины слоя 1,5 мм соответственно в 1,5 и 3 раза.

Процесс высокотемпературной цементации осуществляют в шахтных печах и проходных агрегатах при 960-1050°C. Вместе с тем высокотемпературная цементация при температуре 1000-1040°C с непосредственной закалкой после подстуживания до 860°C приводит к укрупнению зерна в конструкционных сталях и получению в связи с этим более грубой микроструктуры как в слое, так и в сердцевине, а также к повышенному содержанию остаточного аустенита в микроструктуре слоя [4], что сдерживает распространение технологии высокотемпературной цементации. В частности, результаты проведенных исследований показывают [5], что широко применяемые в автотракторостроении стали 25ХГТ, 20ХН3А, 20ХНР, 15ХГН2ТА (ГОСТ 4543-71) не применимы для высокотемпературной цементации из-за их склонности к росту аустенитного зерна при температурах выше 950°C. В связи с этим после высокотемпературной вакуумной цементации используют фазовую перекристаллизацию или термоциклирование [4].

Известен способ [3] проведения вакуумной цементации с использованием печи типа VSQ-182436 фирмы "Хейсс" (карбюризатор - природный газ, температура процесса - 1050°C). Процесс вакуумной цементации включает два периода: насыщение при максимальной подаче газа и давлении 21 МПа и диффузия без подачи газа (давление остаточное). При таком режиме за 30 мин насыщения эффективная толщина цементированного слоя достигает 1,2 мм, а за 50 мин - 1,4 мм. После окончания процесса обработки детали охлаждают до 500-600°C, а затем подвергают повторному нагреву под закалку и охлаждению. Такой режим способствует измельчению зерна аустенита и получению высоких механических свойств изделий.

Недостатком указанного способа является необходимость проведения повторного нагрева и перезакалки, что существенно снижает энергосберегающую эффективность процесса высокотемпературной цементации и увеличивает коробление деталей.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому является способ высокотемпературной цементации в вакуумных печах "ModulTherm 7/1" фирмы "ALD Vacuum Technologies GmbH" при 1000-1050°C с циклической подачей ацетилена в процессе насыщения, последующим подстуживанием цементированных деталей до 850°C и их закалкой в среде инертного газа - гелия при давлении 2,0 МПа [6].

Недостатком указанного способа является рост аустенитного зерна в конструкционных сталях [5], что приводит к необходимости понижения температуры цементации до 950-960°C и увеличивает продолжительность обработки, либо требуется проведение повторного нагрева и перезакалки после высокотемпературной цементации при 1000-1050°C, что вызывает существенное возрастание стоимости ХТО, а также увеличение коробления обрабатываемых деталей, влияющее на качество их изготовления.

Задачей изобретения является:

повышение качества изготовления деталей,
увеличение производительности способа ХТО,
повышение эффективности термического производства и, в частности, уменьшение расхода энергетических ресурсов.

Для решения поставленной задачи, в способе цементации, включающем нагрев стали до температуры цементации, насыщение углеродом при температуре цементации, а также подстуживание до 850°C и закалку науглероженных деталей, согласно изобретению нагрев стали до температуры цементации осуществляется по режиму, включающему нагрев в интервале 20-680°C со скоростью ≥ 6 град/мин, нагрев в интервале аустенитного превращения (680-800°C) со скоростью от 1 до 3,5 град/мин и окончательный нагрев до температуры цементации 1000-1020°C со скоростью ≥ 6 град/мин.

При этом нагрев стали в интервале аустенитного превращения со скоростью < 1 град/мин - экономически нецелесообразен, поскольку при этом сильно возрастает время обработки, а нагрев со скоростью $> 3,5$ град/мин приводит к браку вследствие возникновения островной разнородности в цементированной стали (фиг. 1, фиг. 2).

В заявляемом способе нагрев стали по указанным режимам обеспечивает сохранение в процессе высокотемпературной цементации качественной мелкозернистой аустенитной структуры в цементированном слое и в сердцевине деталей, что исключает необходимость проведения повторной фазовой перекристаллизации (закалки) цементированных деталей и обеспечивает повышение качества обработки деталей и более высокие экономические показатели предлагаемой технологии ХТО.

Изобретение поясняется фигурами.

На фиг. 1 представлена микроструктура стали 20ХН3А после термообработки по режиму, включающему нагрев до 1000°C со скоростью 5-6 град/мин, выдержка 1 ч и закалка в масло.

На фиг. 2 представлена микроструктура стали 20ХГНР после термообработки по режиму, включающему нагрев до 1000°C со скоростью 5-6 град/мин, выдержка 1 ч и закалка в масло.

На фиг. 3 представлена микроструктура цементированного слоя стали 20ХН3А после высокотемпературной цементации при 1000°C по экспериментальному режиму, включающему нагрев в интервале аустенитного превращения (680-800°C) со скоростью от 1,3 град/мин.

На фиг. 4 представлена микроструктура сердцевины образца стали 20ХН3А после высокотемпературной цементации при 1000°C по экспериментальному режиму, включающему нагрев в интервале аустенитного превращения (680-800°C) со скоростью от 1,3 град/мин.

На фиг. 5 изображено распределение микротвердости по глубине цементированного слоя стали 20ХН3А. Цементация проведена по экспериментальному режиму.

Пример осуществления изобретения.

Экспериментальная высокотемпературная химико-термическая обработка деталей из стали 20ХН3А проводилась на вакуумной линии "ModulTherm 7/1" с применением ступенчатого нагрева до температуры насыщения, включающего ускоренный нагрев до температуры 680°C, медленный нагрев со скоростью 1,3 град/мин в интервале 680-800°C, ускоренный нагрев от 800°C до температуры цементации 1000°C с последующей изотермической выдержкой в течение 2,5 ч на стадии насыщения углеродом и дальнейшей закалкой в среде инертного газа (гелия) в закалочной камере после подстуживания до температуры 850°C. На завершающей стадии цикла химико-термической обработки стали 20ХН3А проводился низкий отпуск при 170°C в течение 2,5 ч.

Насыщение углеродом осуществляется любым известным из уровня техники способом, применимым в данном случае, например насыщение в среде углеводородсодержащего газа ацетилена с циклическим режимом его подачи.

На фиг. 3 приведена микроструктура цементированного слоя стали 20ХН3А. Можно видеть, что сталь имеет мелкозернистую структуру со средним размером зерна 50 мкм в цементированном слое и 43 мкм в сердцевине (фиг. 4). Распределение микротвердости по глубине цементированного слоя приведено на фиг. 5. Глубина цементированного слоя составляет 1,5-1,6 мм, а микротвердость поверхности - 780 HV_{0,2} (61-62 HRC). Указанные характеристики структурного состояния и микротвердости поверхностного слоя полностью отвечают требованиям СТП 257 - 2188 - 2004 и достигаются за существенно меньшее время цементации, что обеспечивает экономию энергетических ресурсов при высоком качестве цементированных деталей.

Для сравнения на фиг. 1 и 2 приведены микроструктуры образцов сталей 20ХН3А и 20ХГНР после нагрева до 1000°C (1 ч) по обычному режиму (без участка медленного нагрева в интервале аустенитного $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения). Можно видеть, что, несмотря на значительно более короткий промежуток высокотемпературной выдержки, средний размер аустенитного зерна сталей после обычного нагрева в ≥ 2 раза больше ($\approx 100-120$ мкм), чем размер зерна после предлагаемого режима обработки с замедленным нагревом в интервале $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения.

Источники информации

1. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. М.: 1985, 256 с.
2. Сагарадзе В.С. Повышение надежности цементуемых деталей. М.: Машиностроение, 1975. - 216 с.

3. Розенберг С.Э., Сусин А.А. Дефекты структуры диффузионно-упрочненных слоев. Минск, Белорусская наука, 1997. - 224 с.

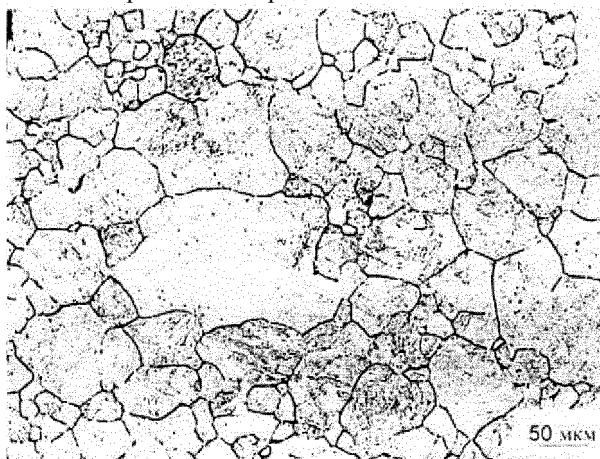
4. Зинченко В.М. Инженерия поверхности зубчатых колес методами химико-термической обработки. М.: МВТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. -304 с.

5. Валько А.А., Руденко С.П., Чичин А.Н. Влияние вакуумной высокотемпературной цементации на величину зерна конструкционных сталей // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. 2014. -Вып.3. - С. 343-346.

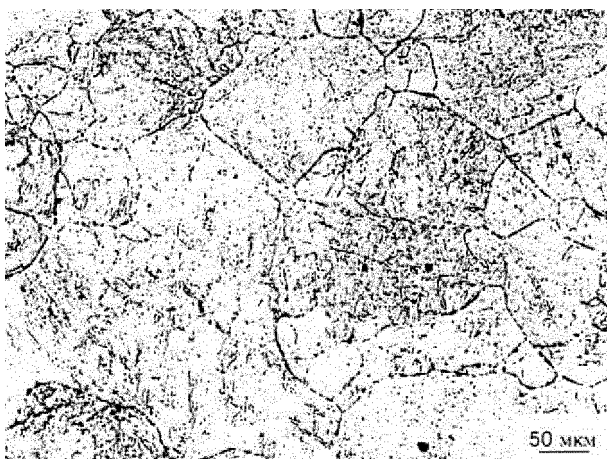
6. Высокотемпературная вакуумная цементация - резерв по снижению энергоемкости производства и улучшению качества зубчатых колес трансмиссий энергонасыщенных машин / А.А. Шипко, С.П. Руденко, А.Л. Валько, А.Н. Чичин // Литьё и металлургия. - 2016. - № 2. - С. 104-109.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

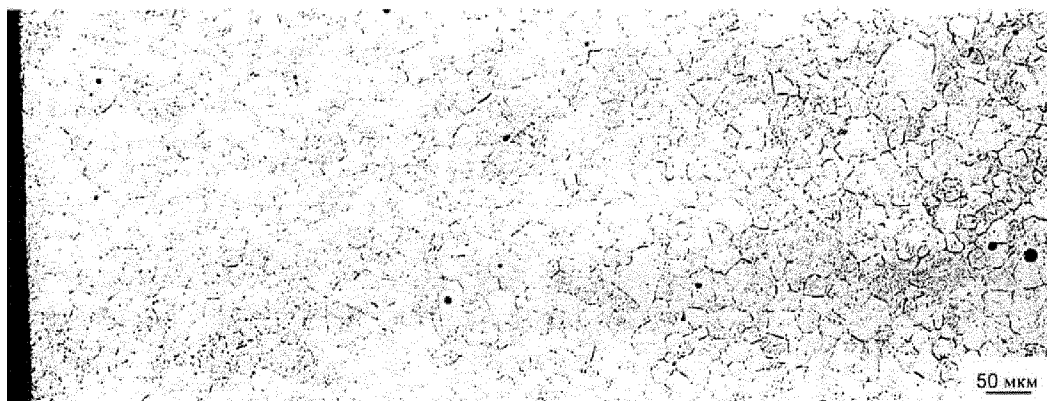
Способ цементации конструкционной легированной стали, включающий нагрев стали до температуры цементации, насыщение углеродом при температуре цементации, а также подстуживание до 850°C и закалку, отличающийся тем, что нагрев стали до температуры цементации осуществляют по режиму, включающему нагрев в интервале 20-680°C со скоростью ≥ 6 град/мин, нагрев в интервале аустенитного превращения 680-800°C со скоростью от 1 град/мин до 3,5 град/мин и окончательный нагрев до температуры цементации 1000-1020°C со скоростью ≥ 6 град/мин.



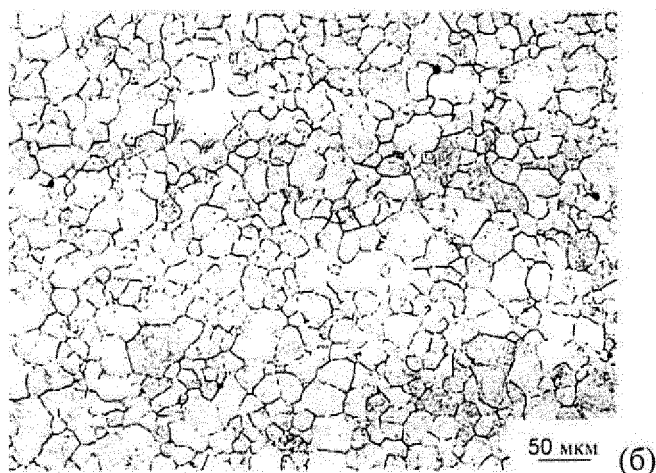
Фиг. 1



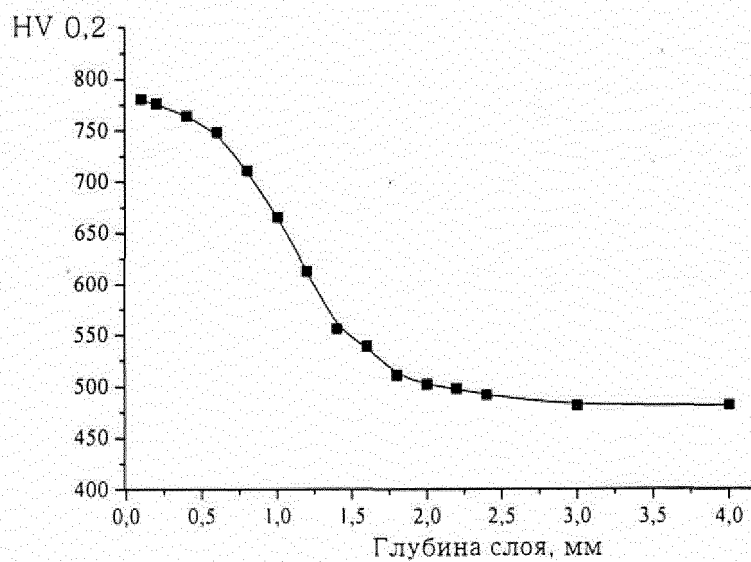
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

