



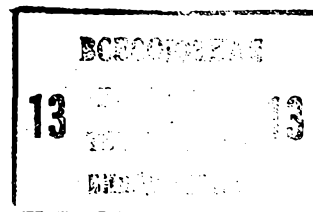
СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1135781** **A**

4(51) C 21 D 8/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



(21) 3637873/22-02

(22) 29.08.83

(46) 23.01.85. Бюл. № 3

(72) В.А.Гайко, А.Н.Давидович,
В.А.Клушин, Г.В.Андреев, Э.М.Горбу-
нов, К.П.Дайлиде и Ю.Б.Микешка

(71) Физико-технический институт
АН Белорусской ССР

(53) 621.785.3:669.15.194(088.8)

(56) 1. Авторское свидетельство СССР
№ 782935, кл. В 21 Н 1/18, 1979.

2. Металловедение и термическая
обработка стали. Справочник под ред.
М.Л.Берштейна и А.Т.Рахштадта, М.,
"Металлургия", 1962, т. 2, с. 856.

(54)(57) 1. СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗ-
ДЕЛИЙ ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ИЗ СТАЛЕЙ МАР-
ТЕНСИТНОГО КЛАССА, включающий ско-
ростной нагрев заготовки выше A_{c3} ,
пластическую деформацию и высокий
отпуск, о т л и ч а ю щ и й с я тем,

что, с целью повышения производи-
тельности процесса, пластическую де-
формацию заготовки ведут в два пере-
хода - на первом переходе производят
формообразование заготовки со сте-
пенью деформации 5-10% с одновремен-
ным подструживанием до температуры
от A_{c3} до $(A_{c3} + 100-150^{\circ}C)$, а на вто-
ром переходе заготовку прокатывают
со степенью деформации не менее 30%
при температуре конца первого пере-
хода в изотермическом режиме и при
этой же температуре выдерживают в
течение 5-10 мин, а затем производят
охлаждение заготовки до температуры
начала бейнитного превращения со
скоростью 3-5⁰С/мин и последующее
охлаждение на воздухе до температуры
полного мартенситного превращения.

2. Способ по п.1, о т л и ч а ю -
щ и й с я тем, что высокий отпуск
производят в течение 1-2 ч.

09 **SU** (11) **1135781** **A**

Изобретение относится к обработке металлов давлением и может быть использовано при изготовлении прецизионных деталей гидроаппаратуры.

Известен способ изготовления изделий поперечно-клиновой прокаткой, по которому деформацию ведут в два перехода: на первом — при ковочной температуре, а на втором прокатку осуществляют при 200–350°C [1].

Недостатком данного способа изготовления деталей является то, что при деформировании сталей мартенситного класса вследствие интенсивного упрочнения во время прокатки на втором переходе возможно разрушение заготовки, кроме того, материал, имеющий повышенную твердость, трудно поддается обработке резанием.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности и достигаемому результату является способ изготовления изделий из сталей мартенситного класса, включающий скоростной нагрев заготовки выше A_{c3} , пластическую деформацию и высокий отпуск [2].

Недостатком известного способа обработки является низкая производительность процесса, особенно в случае загрузки в печь крупных партий деталей.

Цель изобретения — повышение производительности процесса.

Поставленная цель достигается тем, что согласно способу изготовления изделий преимущественно из сталей мартенситного класса, включающему скоростной нагрев заготовки выше A_{c3} , пластическую деформацию и высокий отпуск, пластическую деформацию ведут в два перехода — на первом переходе производят формообразование заготовки со степенью деформации до 5–10% с одновременным подстуживанием до температуры от A_{c3} до ($A_{c3} + 100–150^\circ\text{C}$), а на втором переходе заготовку прокатывают со степенью деформации не менее 30% при температуре конца первого перехода в изотермическом режиме и при этой же температуре выдерживают в течение 5–10 мин, а затем производят охлаждение заготовки до температуры начала бейнитного превращения со скоростью 3–5°C/мин и последующее охлаждение на воздухе до температуры полного мартенситного превращения.

Высокий отпуск производят в течение 1–2 ч.

Замедленное снижение твердости при отпуске легированных сталей связано с затруднением распада мартенсита и коагуляции карбидов легирующих элементов, а также с процессом вторичного твердения при высокой пластической деформации клиновой прокаткой, осуществляемой при определенной температуре, с последующими термическими операциями позволяет создавать специфическую микроструктуру на стадии предварительной (до отпуски) обработки, после которой отпуск стали по сокращенному циклу приводит к получению такой же твердости, как и после отпуски нормальной продолжительности.

Предлагаемая обработка проводится непосредственно в процессе изготовления детали прокаткой и включает несколько взаимосвязанных этапов. Первый этап — формообразование со степенью деформации до 10% с одновременным подстуживанием до температуры от A_{c3} до ($A_{c3} + 100–150^\circ\text{C}$) включает ускоренную гомогенизацию легированного аустенита в условиях, препятствующих значительному росту зерна.

После скоростного нагрева в аустените сохраняется концентрационная неоднородность по легирующим элементам и, соответственно, по углероду. Непосредственно в процессе деформации на первом этапе (степень деформации 5–10%) на дислокациях происходит выделение карбидов железа и карбидов легирующих элементов в мелкодисперсной форме. Сразу же после окончания деформации в связи с высокой температурой и дисперсностью карбидов происходит их обратное растворение в аустените, но распределение углерода и легирующих элементов уже более равномерное. Деформация менее 5% не охватывает все зерна стали и не обеспечивает необходимой гомогенности. Деформация более 10% при максимальной температуре обработки способствует ускоренному росту зерна аустенита за счет собирательной рекристаллизации и ухудшению свойств после термообработки. В процессе прокатки производится подстуживание стали до температуры проведения второго этапа. Поскольку выделение и растворение карбидов при

максимальной температуре обработки протекает чрезвычайно быстро (несколько секунд), подстуживание может начинаться одновременно с деформированием первого перехода. Это позволяет избежать роста зерна и нежелательного перераспределения легирующих элементов в гомогенном аустените.

При отсутствии первого этапа последующая (на втором этапе) деформация негетогенного аустенита при более низкой температуре не устраняет полностью областей концентрационной неоднородности по легирующим элементам и углероду, что вызывает после отпуска неравномерность твердения детали. Гомогенизация за счет снижения скорости нагрева или увеличения выдержки при максимальной температуре обработки приводит к резкому снижению производительности труда, значительным потерям легированной стали в виде окалина и поэтому в серийном производстве неприемлема.

Цель второго этапа состоит в формировании субструктуры, стимулирующей выделение из раствора карбидов легирующих элементов в условиях, препятствующих их обратному растворению.

Выпадение карбидов легирующих элементов возможно на дефектах кристаллической решетки уже в процессе горячей пластической деформации аустенита. Однако при высокой температуре эти карбиды неустойчивы и склонны к обратному растворению в аустените. Деформацию поэтому следует вести таким образом, чтобы одновременно с выделением карбидов формировалась устойчивая дислокационная субструктура типа полигональной, взаимодействие с которой повышает стабильность карбидных образований. Для формирования полигональной структуры с легированной стали при температурах выше A_{C_3} требуется степень деформации не менее 30%.

Однако дислокационная субструктура в рамках предлагаемого способа является лишь промежуточным звеном, способствующим получению относительно устойчивых легированных карбидов, поскольку сохранение этой субструктуры при мартенситном превращении приведет к повышению устойчивости стали и отпуску. Поэтому температурный интервал деформирования и условия

последедеформационной обработки должны выбираться с учетом последующего распада дислокационной субструктуры, но с сохранением образованного на ее основе распределения легированных карбидов. Вследствие этого температурный интервал деформирования на втором этапе обработки выбирается следующим образом: верхняя точка (выше A_{C_3} на 100–150°C – более высокая температура для высоколегированных сталей мартенситного класса) соответствует температуре, выше которой чрезвычайно трудно получить устойчивое состояние системы карбид-дислокация ввиду высокой подвижности дислокаций и атомов легированных элементов; нижняя (точка A_{C_3}) соответствует температуре, ниже которой в легированной стали практически тормозится распад закрепленной карбидами дислокационной субструктуры, что может привести к ее переходу в мартенсит и замедлению процессов отпуска.

Последеформационная выдержка при температуре деформации проводится с целью распада полигональной субструктуры. Время выдержки определяется временем завершения при данной температуре первичной рекристаллизации – не менее 5 мин для степени деформации 30% и не более 10 мин для более высоких степеней деформации.

После распада полигональной системы в стали сохраняется достаточно дисперсное распределение карбидов, расположенных преимущественно на дислокациях и других дефектах решетки. Переход дисперсных карбидов и повышенной плотности дефектов в мартенсит оказывает замедляющее действие на процессы отпуска. Поэтому режим последующего охлаждения направлен на снижение плотности дислокаций и уменьшение дисперсности карбидов. Это достигается достаточно медленным охлаждением, при котором в стали происходит коагуляция выделившихся при деформации карбидов с одновременным освобождением дислокаций от блокирующих частиц, аннигиляция освободившихся дислокаций и снижение их плотности. Скорость охлаждения выбирается из условия максимально возможного снижения плотности дислокаций при коагуляции блокирующих карбидов, однако в таких пределах, чтобы обеднение матрицы углеродом

за время охлаждения до точки начала бейнитного превращения не вызвало снижения устойчивости аустенита в бейнитной области и частичного бейнитного превращения при охлаждении на воздухе, что ухудшает свойства стали после термообработки. Этим условиям отвечает скорость охлаждения $3-5^{\circ}\text{C}/\text{мин}$.

В результате обработки сталь после охлаждения на воздухе имеет мартенситную структуру с низкой плотностью дислокаций, в которой содержится значительное количество карбидов легирующих элементов, что позволяет уменьшить (до 1-2 ч) продолжительность наиболее длительной части отпуска, связанной с образованием специальных карбидов, и снизить проявление эффекта вторичного твердения. 20

Способ осуществляется следующим образом.

Заготовку нагревают до ковочной температуры и подают в прокатное устройство. Клиньями первого этапа производят предварительное формообразование заготовки со степенью деформации до 10%. В это время производят подстуживание заготовки до температуры от A_{c3} до $(A_{c3}-100-150)^{\circ}\text{C}$ и деформируют ее клиновыми инструментами второго перехода, причем степень деформации на этом переходе должна составлять не менее 30%, и прокатка ведется при относительно постоянной температуре за счет выделения тепла деформации, подогрева инструмента и т.д. После завершения формообразования заготовка по лотку скатывается в термостат и выдерживается в нем в течение 5-10 мин при температуре второго перехода деформации. Далее заготов-

ки выталкиваются в печь и охлаждаются вместе с ней со скоростью $3-5^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ до температуры начала бейнитного превращения. При достижении этой температуры заготовки извлекают из печи и охлаждают на воздухе до температуры полного мартенситного превращения (менее 200°C) после чего производят высокий отпуск в течение 1-2 ч.

Пример. Обрабатывают заготовки из стали 18Х2Н4МА, предназначенные для изготовления прецизионных деталей гидроаппаратуры. Заготовки $\phi 18 \times 62$ нагревают до 1100°C и подвергают поперечно-клиновой прокатке в два этапа: на первом этапе степень деформации составляет 8-10%, а на втором - 40%, при этом во время прокатки на первом этапе заготовку подстуживают сжатым воздухом до $950-930^{\circ}\text{C}$, а на втором этапе прокатку ведут на подогреваемом инструменте без охлаждения воздухом, что обеспечивает изотермические условия прокатки на втором этапе. После окончания деформации заготовки по лотку скатываются в термостат, представляющий собой проходческий индуктор, где выдерживают в течение 8 мин. Далее заготовки выталкивают из термостата в печь ШПОЛ-1.1.6/11-М1 и охлаждают вместе с ней до 410°C . Затем заготовкисыпают из тары и охлаждают на воздухе до 180°C . Последующий высокий отпуск до температуры 690°C в течение 1,3 ч обеспечивает твердость прокатанной заготовки НРС 24-26.

Таким образом, использование предлагаемого способа позволяет сократить время обработки, что видно также из таблицы.

Способ	Режим термообработки	Время цикла обработки партии, ч	Время смягчающей обработки партии, ч
Известный	Прокатка ($t=1100^{\circ}$; $\epsilon=50\%$) Охлаждение в таре Высокий отпуск ($t=690^{\circ}\text{C}$; $\tau=6$ ч)	28	6
Предлагаемый	Прокатка ($t=1100^{\circ}\text{C}$; $\epsilon_1=8\%$ $t_2=950-930^{\circ}$; $\epsilon_2=40\%$) Охлаждение в индукторе, печи и на воздухе Высокий отпуск ($\tau=1,3$ ч)	23,3	1,3

Редактор Н.Яцولا Составитель А.Кулемин
Техред С.Легеза Корректор М.Леонтьук

Заказ 10248/18 Тираж 552 Подписное
ВНИИПИ Государственного комитета СССР
по делам изобретений и открытий
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ИИП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4