СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1659497 A1

(51)5 C 21 D 6/00

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

1

(21) 4657131/02
(22) 01.03.89
(46) 30.06.91. Бюл. № 24
(71) Институт физики металлов Уральского отделения АН СССР
(72) А.И. Уваров, Е.И. Ануфриева, В.М. Счастливцев и А.А. Круглов
(53) 621.785.79 (088.8)

(56) Красильникова С.И., Божко С.А., Дробот А.В. МиТОМ, 1986, № 9, с. 43–45.

Красильникова С.И., Меднянский А.Ф., Чернявская С.Г. и др. МиТОМ, 1977, № 7, с. 27–31.

Перкас М.Д. МиТОМ, 1985, № 5, с. 23–33.

Бирман С.Р. Экономиолегированные мартенситностареющие стали. М.: Металлургия, 1974, с. 208, (вариант А–IV, с. 144).

2

(54) СПОСОБ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАРТЕНСИТНОСТАРЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

(57) Изобретение относится к металловедению и термической обработке металлов. Цель изобретения – повышение уровня ударной вязкости мартенситностареющих сталей без снижения прочностных свойств. Обрабатывают мартенситностареющую сталь состава, мас.%: C 0,03; Ni 10; Cr 11,6; Mo 2,4; Ti 1,3; Al 0,28. Заготовки нагревают до 1200°C, медленно охлаждают со скоростью 5°C/мин и в процессе охлаждения подвергают дробной деформации со степенью 5% в интервале 1000–800°C, далее проводят охлаждение в воде. Ударная вязкость стали возрастает в 2,5 раз по сравнению с известным способом без снижения прочностных свойств материала. 1 табл.

(19) SU (11) 1659497 A1

Изобретение относится к металловедению и термической обработке металлов и может быть использовано в машиностроительной и других отраслях промышленности, которые являются потребителями высокопрочных сталей.

Цель изобретения – повышение ударной вязкости без снижения прочностных свойств стали.

Предлагаемый способ термомеханической обработки основан на следующих физических закономерностях. Дробная пластическая деформация, осуществляемая в процессе медленного охлаждения, предотвращает формирование сплошной сетки карбидов по границам зерен. В этом случае выделение избыточной фазы в виде отдельных частиц хотя и снижает вязкость по сравнению с резкой закалкой (когда тепловая хрупкость отсутствует), но уровень ударной вязкости остается достаточно высоким. Величина пластической деформации за один проход, т.е. на каждом отдельном этапе, лежит в интервале 5–7%, является оптимальной для уменьшения тепловой хрупности. Уменьшение степени деформации менее 5% приводит к тому, что не все карбиды дробятся и эффективность предлагаемого способа уменьшается, а увеличение степени деформаций $\varepsilon > 7\%$ приводит к удлинению пауз между отдельными этапами

деформаций, что позволяет карбидам сформировать сетку по границам зерен.

Пример. В качестве материала, упрочненного известным и предлагаемым методами, берут мартенситностареющую сталь следующего состава, мас.%: C 0,03; Ni 10,0; Cr 11,6; Mo 2,4; Ti 1,3; Al 0,28, остальное железо. Эта сталь является характерной для всей группы мартенситностареющих сталей, испытывающих тепловую хрупкость при медленном охлаждении. Уменьшение в этой стали тепловой хрупкости с помощью предлагаемого способа термомеханической обработки доказывает принципиальную возможность борьбы с этим опасным явлением для всех мартенситностареющих сталей, подверженных тепловой хрупкости.

Механические свойства мартенситностареющих сталей после различных обработок приведены в таблице.

Слитки стали выплавляют в открытой индукционной печи, проковывают в прутки в интервале 1200–1100°С, охлаждают на воздухе и изготавливают образцы размером 19x19x60 мм. Указанные заготовки помещают в печь, нагретую до 1200°С, и выдерживают в течение 1,5 ч. Изотермическую выдержку при высокой температуре проводят для того, чтобы растворить в аустените все фазы, которые выделились в процессе ковки и охлаждения на воздухе. После изотермической выдержки часть образцов закаливают в воде (таблица, партия 1). Это позволяет определить величину ударной вязкости стали, в которой отсутствует тепловая хрупкость. Во второй партии образцов заготовки медленно охлаждают до 1200 до 800°С со скоростью 5°С/мин и с температуры 800°С закаливают в воде. Третью партию образцов обрабатывают известным способом: нагрев до 1200°С, изотермическая выдержка 1,5 ч, деформация в прокатном стане при 1200°С, затем медленное охлаждение со скоростью 5°С/мин до 800°С, далее охлаждают с температурой 800°С в воде.

Четвертая партия образцов обработана предлагаемым способом следующим образом: нагрев до 1200°С, изотермическая выдержка 1,5 ч, медленное охлаждение до 800°С со скоростью 5°С/мин, в процессе медленного охлаждения приводят дробную пластическую деформацию на общую степень деформации30–50%, равномерно распределенную во времени со степенями одноразовой пластической деформации на 3,5, 7,10%, затем охлаждают в воде. Закалку в воду во всех случаях проводят для того, чтобы зафиксировать то состояние твердого раствора, которое имело место при данной температуре.

После резкой закалки от 1200°С (в воде) (таблица, партия 1) сталь имеет высокий уровень ударной вязкости (образцы первой партии не разрушаются при испытании). Медленное охлаждение до 800°С приводит к развитию в стали тепловой хрупкости и значительному снижению ударной вязкости (таблица, партия 2). Деформация стали до медленного охлаждения (по известному методу) не приводит к существенному увеличению ударной вязкости и изменению характера разрушения. Ударная вязкость существенно увеличивается только после обработки по предлагаемому методу: нагрев до 1200°С, изотермическая выдержка 1,5 ч, медленное охлаждение со скоростью 5°С/мин и дробная деформация в процессе медленного охлаждения на разные степени, далее осуществляют охлаждение в воде. Временной интервал между проходами одинаков. При этом отмечают большой разброс значений ударной вязкости: от значений 1,5 МДж/м и выше. Некоторые образцы не разрушаются, поэтому средние значения ударной вязкости не определяют. Как показывают результаты испытаний, приведенные в таблице, оптимальными степенями одноразовой деформации являются величины в пределах 5–7%. При дефорамациях 3 и 10% наблюдается тенденция к снижению уровня ударной вязкости. Прочностные ($\sigma_в$, $\sigma_{0,2}$) и пластические (δ, ψ) свойства, определяемые при растяжении, практически одинаковы при осуществлении известного и предлагаемого способах обработки, а ударная вязкость после обработки по предлагаемому методу увеличивается более чем в 2 раза. Разрушение происходит вязко.

Эффективное влияние дробная пластическая деформация оказывает только при ее осуществлении в процессе медленного охлаждения. Если дробную деформацию проводить по режиму: нагрев до 1200°С, изотермическая выдержка 1,5 ч, медленное охлаждение до 800°С и деформация при этой температуре, то ударная вязкость такая же, как после обработки по известному способу. Таким образом, при медленном охлаждении мартенситностареющей стали возникает тепловая хрупкость, которая не устраняется при использовании известного способа, включающего гомогенизацию, пластическую деформацию и медленное охлаждение. Предлагаемый метод обработки, включающий нагрев до 1200°С, изотермическую выдержку 1,5 ч, медленное охлажде-

ние (со скоростью ~ 5°С/мин) до 800°С и дробленую деформацию по 5–7% за этап в процессе медленного охлаждения, в значительной степени устраняет тепловую хрупкость.

Использование предлагаемого способа термической обработки мартенситностареющих сталей по сравнению с известным обеспечивает следующие преимущества:

высокую надежность изделий (высокий уровень ударной вязкости, устранение хрупкого разрушения), которые по тем или иным технологическим причинам не могут охлаждаться с большой скоростью (крупногабаритные изделия и т.п.);

возможность использования некоторых марок мартенситностареющих сталей, особенно с повышенным содержанием титана, для изготовления массивных изделий, которые невозможно практически быстро охладить;

предлагаемый способ термомеханической обработки мартенситностареющих сталей технологичен, поскольку деформация сравнительно невелика и проводится дробно (с малыми обжатиями) и при высоких температурах, что не требует больших мощностей прокатного оборудования. Кроме того, в процессе деформации можно придавать изделию нужную форму.

Предлагаемый способ предполагается применять для обработки изделий специального назначения.

Формула изобретения

Способ термомеханической обработки мартенситностареющих сталей, включающий гомогенизацию, пластическую деформацию и замедленное охлаждение, отличающийся тем, что, с целью повышения ударной вязкости без снижения прочностных свойств стали, предварительно определяют температурный интервал развития тепловой хрупкости и в этом интервале в процессе замедленного охлаждения проводят дробную и равномерно распределенную во времени деформацию со степенью 5–7%.

Партия	Обработка	Степень деформации, %	$\sigma_в$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ, %	ψ, %	HRC	КС, МДж/м^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Нагрев до 1200°С, изотермическая выдержка 1,5 ч, охлаждение в воде	–	985	894	17	74	28	3,0
2	Нагрев до 1200°С, изотермическая выдержка 1,5 ч, медленное охлаждение до 800°С со скоростью 5°С/мин, охлаждение в воде	–	978	897	16	75	28	0,5
3	Известный способ обработки	5	996	885	16	80	28	0,60
		10	986	890	17	75	28	0,50
	Нагрев до 1200°С, изотермическая выдержка 1,5 ч, деформация при 1200°С медленное охлаждение (со скоростью 5°С/мин) до 800°С, охлаждение в воде	3	985	889	16	75	28	0,55

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	Предлагаемый способ обработки							
	Нагрев до 1200°С, изотермическая выдержка 1,5 ч, медленное охлаждение (со скоростью 5°С/мин) до 800°С, дробная деформация в процессе медленного охлаждения в интервале 1000–800°С охлаждение в воде с 800°С	5 7 10 3	973 990 975 970	896 891 890 889	17 16 17 16	77 70 75 75	28 29 28 28	1,5 1,4 1,2 1,1

Составитель А. Орешкина
Редактор М. Петрова Техред М.Моргентал Корректор Т. Колб

Заказ 1821 Тираж 394 Подписное
ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул.Гагарина, 101