

Сравнительные исследования характеристик мартенситных и аустенитно-мартенситных сталей

А.А. Новиков, А.А. Ерохин, С.А. Андреева

Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

Аннотация. В статье проведено сравнение мартенситной и аустенитно-мартенситной сталей, на базе типовых структур – 14X17H2 и 08X15H8Ю. В результате исследования было выявлено, что аустенитно-мартенситные дисперсионно-твердеющие стали обладают более высокими механическими свойствами и экономически выгоднее, чем чисто мартенситные, что делает их применение в определенных ситуациях предпочтительней.

Ключевые слова: структура, мартенсит, аустенит, микроструктура, сталь, механические свойства.

Введение. Мартенсит характеризуется исключительно высокой твердостью порядка HV 700-800, которая связана, главным образом с дроблением блоков мозаичной структуры и увеличением искажений III рода. Возникновение значительных внутренних напряжений связано, во-первых, с образованием пересыщенного твердого раствора углерода в α -железе и появлением тетрагональности, то есть существенных искажений кристаллической решетки. Однако экспериментальное исследование показало, что наличие углерода не обязательно для мартенситного превращения в железных сплавах. Это превращение наблюдается и в безуглеродистых сплавах железа. Второй причиной, обуславливающей высокую твердость мартенсита в стали, является фазовый наклеп. Фазовый наклеп является следствием существенного увеличения объема при превращении аустенита в мартенсит. Увеличение объема в местах образования мартенсита вызывает касательные напряжения, приводящие к пластической деформации и наклепу, то есть измельчению блочной структуры и росту остаточных внутренних напряжений. Этот наклеп называется фазовым, так как получается в связи с протеканием $\gamma \rightarrow \alpha$ - фазового превращения в железе.

При рассмотрении под микроскопом мартенсит обнаруживает типичное игольчатое строение (рис. 1). В объеме мартенситные частицы представляют пластинчатые образования, утончающиеся к концам: пересечение пластин плоскостью шлифа приводит к появлению видимых в структуре игольчатых частиц мартенсита.

Обычно толщина мартенситных пластин измеряется в микронах; протяженность изменяется от нескольких микрон до миллиметров и определяется размером зерна исходного аустенита; из крупнозернистого аустенита образуется крупноигльчатый мартенсит. При весьма мелкозернистом аустените размер игл оказывается настолько малым, что не

обнаруживается под обыкновенным оптическим микроскопом (так называемый «бесструктурный» мартенсит). Применение увеличений (электронная микроскопия) позволяет обнаружить и в этом случае игольчатое строение мартенсита.[2]

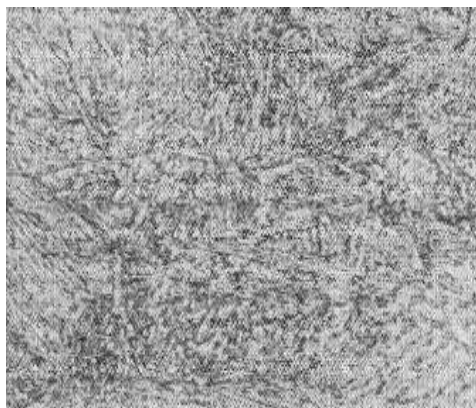


Рисунок 1 – Микроструктура-мартенсит

Аустенитно-мартенситные стали – это стали, так называемого переходного класса. В этих сталях при охлаждении на воздухе обычно образуется некоторое количество мартенсита (рис. 2). К этому же классу относятся и те стали, аустенит которых при охлаждении до комнатной температуры хотя и не дает признаков $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращения, но все же неустойчив, так как при обработке холодом или под действием пластической деформации он превращается в мартенсит.



Рисунок 2 – Микроструктура-(аустенит + мартенсит)

Режимы термической обработки сталей переходного класса отличаются большой сложностью. Коррозионно-стойкие стали этого класса получили применение главным образом как высокопрочные. Наиболее упрочненное состояние получается при структуре аустенит + мартенсит отпуска.

Подобное структурное состояние получается в результате следующей термической обработки: закалка на аустенит + обработка холодом + отпуск (старение). Обработка холодом приводит к превращению приблизительно 40% аустенита в мартенсит (точка M_n должна быть около 0°C); отпуск при $450\text{-}500$

°C повышает прочность за счет дисперсионного твердения, происходящего главным образом в α - фазе.[3]

Сравнение конкретных мартенситных и аустенитно-мартенситных сталей.

В качестве примера стали мартенситного класса рассмотрим сталь 14X17H2.

От других видов стали вышеназванный сплав отличает:

- отличная устойчивость к повышенным температурам (свыше +500 °C), причём при +400 °C эта сталь работает в обычном режиме;
- видимая эффективность работы при колебаниях температуры и её значительном понижении;
- повышенная стойкость к разным механическим воздействиям и повреждениям;
- хорошая устойчивость к коррозионному воздействию и пагубному влиянию со стороны агрессивных сред (кислот, влажности и даже щелочей).

Химический состав и свойства стали 14X17H2.

Химический состав данного материала включает в себя: хром (на него приходится 16 – 18%), никель (1,6 - 2,5% сплава), марганец и кремний (по 0,8% тот и другой), медь (примерно 0,3%), титан (не более 0,2 %), а также малые количества углерода, фосфора и серы.

Сталь 14X17H2 принадлежит к категории трудносвариваемых материалов, потому для получения по-настоящему качественных соединений требуется проведение целого ряда дополнительных операций. Необходимой является процедура нагревания деталей до 200 – 300 °C, а также дальнейшая термообработка – т.н. отжиг детали. Кроме того, используется дуговая ручная сварка и аргонодуговая сварка. Ввиду того, что места сварки склонны к возникновению коррозии и имеют низкую стойкость к МКК, требуется дополнительный отпуск детали (в течение получаса - часа) при температуре 680 - 700°C.

Максимальная температура, выдерживаемая данной сталью – 400 °C (если воздействие будет длительным). Если же на 14X17H2 воздействовать вдвое большей температурой, 800 °C, формируется интенсивная окалина. Наивысшей коррозионной стойкостью материал обладает после процедуры закалки с максимально высоким отпуском. В качестве заменителя жаропрочной стали марки 14X17H2 применяется сплав марки 20X17H2.

Хромоникелевую коррозионно-стойкую сталь 14X17H2 отличает широчайшая область применения. Традиционно она используется для производства валов, дисков, рабочих лопаток, втулок, крепежных деталей и деталей компрессоров, эксплуатирующихся на нитрозном газе, а кроме того, запчастей для машин, работающих в тяжёлых эксплуатационных условиях (при пониженных температурах и в сложных средах).

Благодаря хорошим технологическим и физическим качествам данной стали, она применяется в самых разных отраслях промышленности. Например, сталь данной марки незаменима в авиационной промышленности - её

используют при производстве фасонных отливок. Довольно часто 14X17H2 применяется и в химической промышленности.

В качестве примера стали аустенитно-мартенситного класса рассмотрим сталь 08X15H8Ю (рис.3а , рис.3б).

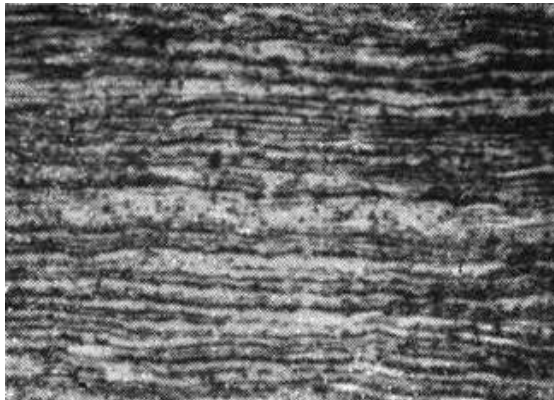


Рисунок 3а – Сталь 08X15H8Ю в состоянии поставки (пониженная пластичность).

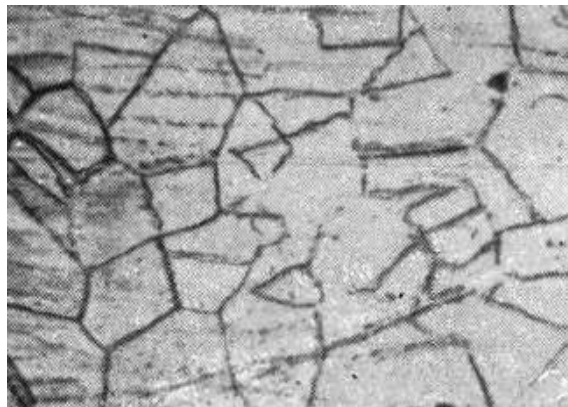


Рисунок 3б – Сталь 08X15H8Ю после прокатки и термической обработки.

Изменения механических свойств стали 08X15H8Ю с изменением структурного состояния по этапам термической обработки представлены ниже.

После закалки с 1000 °С структура состоит из 100% аустенита. Механические свойства при этом следующие: $\sigma_b = 880$ МПа; $\sigma_{0,2} = 245$ МПа; $\delta = 30\%$; $\psi = 65\%$; $\alpha_T = 300$ кДж/м² - типичные свойства для аустенитного состояния; предел прочности повышен из-за частичного протекания превращения $\gamma \rightarrow \alpha''$ во время растяжения образца при испытании.

В результате обработки холодом при -70°С (после закалки с 1000 °С структура состоит из 40% мартенсита, 60% аустенита. Механические свойства при этом следующие: $\sigma_b = 1080$ МПа; $\sigma_{0,2} = 880$ МПа; $\delta = 25\%$; $\psi = 60\%$; $\alpha_T = 1500$ кДж/м². Отпуск при 500 °С (после закалки и обработки холодом) создает структуру, состоящую из 40% мартенсита (мартенсит состаренный, однако выделяющаяся фаза не обнаруживается) и 60% аустенита. Механические свойства при этом следующие: $\sigma_b = 1270$ МПа; $\sigma_{0,2} = 1080$ МПа; $\delta = 20\%$; $\psi = 50\%$; $\alpha_T = 1000$ кДж/м².

В этой стали можно вызвать мартенситное превращение, кроме обработки

холодом, пластической деформацией или закалкой с 800°C. В последнем случае мартенситная точка повышается от 0°C до +80°C (по сравнению с закалкой от 1000°C и при охлаждении до комнатной температуры образуется около 30% мартенсита. Последующий отпуск – старение здесь также необходимо. Механические свойства при такой обработке заметно ниже, чем при использовании обработки холодом.[1]

Таблица 1

Режимы термической обработки и механические свойства нержавеющей стали

Марка стали	Режим термической обработки, °C			σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %	α_t , кДж/м ²	Стоимость стали, руб./кг.
	закалка	обработка холодом	отпуск						
14X17H2	1050	-	300	1100	900	10	35	500	240
08X15H8Ю	975	-	-	880	245	30	65	3000	160
	975	-70	-	1080	880	25	60	1500	170
	975	-70	500	1270	1080	20	50	1000	170

Выводы: сравнение данных, приведенных в табл. 1 показывает, что аустенитно-мартенситные дисперсионно-твердеющие стали обладают более высокими свойствами, чем чисто мартенситные стали и экономически выгоднее, следовательно, их применение предпочтительней.

Библиографический список

1. Блантер М.Е. Металловедение и термическая обработка. 1963 г. 409 с.
2. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Металловедение. 1975 г. 446 с.
3. Гуляев А.П. Металловедение. Учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп.М.: Металлургия, 1986. 544 с.