

Третникова М.П., Гриб С.В.
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина» г. Екатеринбург
tretnikova_masha@mail.ru

ВЛИЯНИЕ КОЛЕБАНИЯ ХИМСОСТАВА В ПРЕДЕЛАХ МАРОЧНОГО НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И СВОЙСТВА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

Высокопрочные коррозионностойкие высоколегированные стали для изделий ответственного назначения должны быть жестко сбалансированы по фазовому составу в связи с тем, что эти стали находятся на границе фазовых областей $\gamma/\gamma + \delta$ или γ/α -мартенсит. Часто легирующие элементы имеют широкий разбег (в пределах марочного состава), который составляет по хрому 1,5 %, по никелю 1 %, по молибдену 1 %, а иногда и выше. Целью работы являлось изучение влияния основных легирующих элементов (Ni, Al, Cr, Mo) на возможность попадания в заданный структурный класс, фазовые превращения и свойства исследуемых сталей.

Для сталей, лежащих на границе фазовых областей, колебания химического состава в пределах марочного может изменить фазовый состав и структуру, а следовательно, и служебные и функциональные свойства сталей. Понижение содержания никеля до $\approx 8,8$ % относительно 11 % для сталей аустенитного класса при одной и той же базе легирования приводит к переводу стали в мартенситностареющий класс вследствие повышения точки начала мартенситного превращения. Методом дилатометрических исследований было установлено появление перегиба при охлаждении образца данной стали, соответствующее протеканию $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения. Полученный мартенсит охлаждения можно наблюдать и при последующих ускоренном нагреве и ускоренном охлаждении, при этом объем образца немного уменьшается. Структурные и рентгеноструктурные исследования показали сохранение в структуре некоторого количества (до 10 %) остаточного аустенита. Холодная пластическая деформация волочением приводит к незначительному упрочнению стали $\Delta\sigma_{\text{в}} = 300$ МПа вследствие присутствия в структуре большого количества легкоподвижных дислокаций и выделением интерметаллидной фазы Ni₃Ti или Ni₃Al.

Легирование стали никелем в количестве 11 % и алюминием в количестве 0,8–1,0 % относительно аустенитно-ферритной с содержанием ни-

келя 10 % и алюминия 2 % при той же базе легирования приводит к переводу стали в аустенитный класс. Структура этих сталей после закалки представляет собой неустойчивый (метастабильный) аустенит, который может претерпевать мартенситное $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение в результате холодной пластической деформации. В структуре стали может образовываться некоторое количество δ -феррита (10–15 %), что приводит к снижению твердости. Наиболее четко выделения δ -феррита видны после высокотемпературных нагревов, поэтому температуру нагрева под закалку для данной стали следует считать температуру 1000–1050 °С. Дилатометрические исследования деформированных образцов показали протекание процессов старения мартенсита деформации при нагреве. Намагниченность стали в деформированном состоянии составляла 30, а в отожженном падает практически до нуля. Повторный нагрев деформированных образцов свидетельствует об отсутствии фазовых превращений в структуре аустенитной стали при нагреве и охлаждении. Холодная пластическая деформация со степенью обжатия 88 % приводит к увеличению прочностных свойств примерно в три раза за счет увеличения дефектности структуры и в результате интенсивного $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения, при этом не происходит существенного падения пластических свойств.

В стали с повышенным содержанием молибдена (до 5 %) и пониженным содержанием никеля до 8 % относительно аустенитно-ферритной стали основной фазой является мартенсит, а содержание аустенита в зависимости от температуры нагрева колеблется в небольших пределах (от 23 до 40 %). Дилатометрические исследования, проведенные на деформированных и отожженных образцах стали, показали, что в деформированном состоянии образец стали сильно магнитный и ведет себя при нагреве как образец мартенситностареющей стали. При охлаждении не обнаружилось мартенситной точки, однако при нагреве структура стали сохраняется мартенситно-аустенитной. Прирост прочностных свойств исследуемой стали в результате холодной пластической деформации составляет 650 МПа. Такое упрочнение, полученное в результате холодной пластической деформации волочением, объясняется тем, что аустенит данной стали является метастабильным и испытывает кроме наклепа при деформации $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение.

Увеличение количества молибдена привело к образованию интерметаллидной фазы сложного состава. Включения этой фазы распределены по всему объему зерна, а при нагреве стали до 1300 °С интерметаллидная фаза выделяется по границам зерен в δ -феррите, и, по-видимому, следует ожи-

дать охрупчивания стали. Исходя из полученных результатов, легирование молибденом в сталях в количестве 4 % и более, является нецелесообразным и приводит к появлению нежелательной молибденсодержащей интерметаллидной фазы.

Таким образом, проведенные исследования многокомпонентных сложнолегированных коррозионностойких сталей по никелю, алюминию и молибдену показали, что состав сталей этого типа необходимо строго контролировать для поддержания сбалансированного содержания аустенито- и ферритообразующих элементов и заданной температуры мартенситного превращения, чтобы обеспечить точное попадание в заданный структурный класс.