

ДИЛАТОМЕТРИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ РАСПАДА ПЕРЕСЫЩЕННОГО γ -ТВЕРДОГО РАСТВОРА В ДЕФОРМИРОВАННОЙ Cr-Mn-Mo-СТАЛИ, ЛЕГИРОВАННОЙ АЗОТОМ

Пичугин А.В., Гулько А.Я., Михайлов С.Б.

Руководитель - профессор, д.т.н. Березовская В.В.

ФГАОУ ВПО Уральский федеральный университет имени первого

Президента России Б.Н.Ельцина,

г. Екатеринбург

phaeton3000@yandex.ru

Аустенитные стали с высоким содержанием азота ($> 0,4\%$) характеризуются наилучшим сочетанием прочности и вязкости по сравнению со многими известными в мире материалами. Деформационное упрочнение является одним из наиболее эффективных методов повышения их прочности, так как повышение содержания азота в γ -твердом растворе приводит к повышению коэффициента деформационного упрочнения в уравнении Холла-Петча. Считается [1], что соответствующая степень холодной пластической деформации может обеспечить им прочность до $\sigma_{0,2}=3600$ МПа.

С целью изучения влияния холодной пластической деформации (ХПД) на особенности распада аустенита в стали 07X16AG13M3 в работе проводились дилатометрические исследования на дилатометре Шевенара. В качестве эталона использовали сплав на основе никеля – пирос. Данный сплав при нагреве испытывает только магнитное превращение при 200 °С, которое сопровождается настолько незначительным объёмным изменением, что не оказывает влияние на точность при измерении критических температур. Для изучения размерных эффектов $\Delta l/l_0$ исследуемых сталей в интервале температур $20-900$ °С использовали измерительную головку высокой чувствительности HS.

Были получены дилатограммы исследованных сталей в состоянии после ХПД прокаткой на разную степень (рис. 1, кривые 1), а также после последующего отпуска при 500 °С (рис. 1, кривые 2), полученные при нагреве с печью ($V_{\text{нагр.}} = 0,18$ °С/сек) и охлаждении на воздухе ($V_{\text{охл.}} = 3,5$ °С/сек).

Исходная структура стали, закалённой от 1150 °С в воде, представляла собой аустенит. В результате дилатометрического нагрева деформированной стали наблюдался значительный размерный эффект, обусловленный процессами распада пересыщенного γ -твердого раствора, который увеличивался с повышением степени деформации. В интервале температур нагрева $20-100$ °С зафиксирован отрицательный размерный

эффект, как в деформированном состоянии, так и после отпуска (рис. 1, а), связанный вероятнее всего с уменьшением плотности точечных дефектов в аустените.

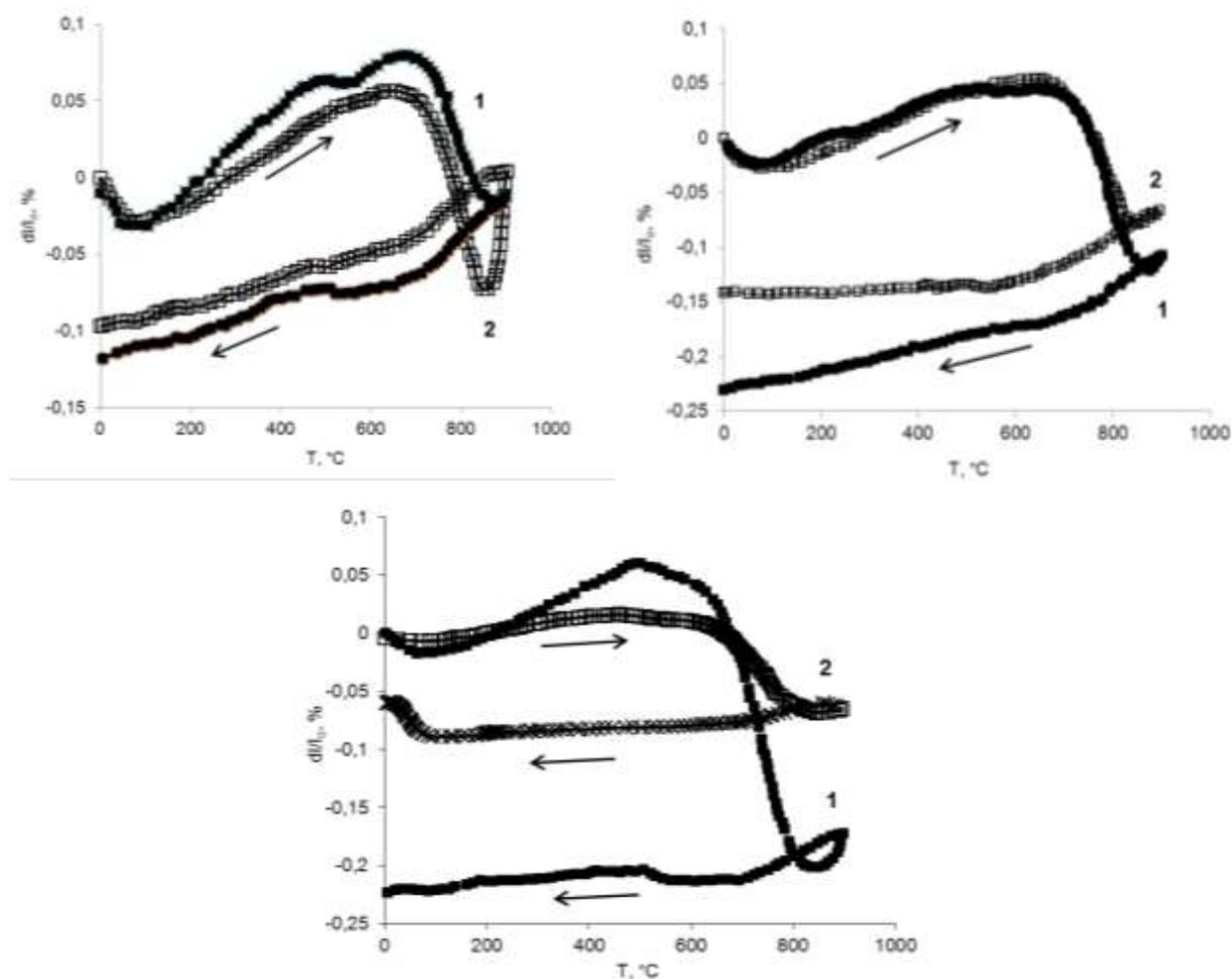


Рис. 1. Дилатогаммы стали 07X16AG13M3, полученные после ХПД (кривые 1) и последующего отпуска (кривые 2); а – $\epsilon=18$; б – 27; в – 53 %

Далее происходил нагрев γ -фазы с увеличением размеров образца, в большей степени у деформированного (кривая 1). При температуре ~ 500 °С в деформированном образце наблюдалось затухание процесса, связанное с наложением процессов ближнего упорядочения γ -твердого раствора и образования нитридов CrN. Начиная с 700 °С в деформированном до 18 % образце и с ~ 650 °С наблюдался отрицательный дилатометрический эффект, связанный с расслоением матричного твердого раствора по реакции $\gamma \rightarrow \gamma_{\text{обедн.}} + \gamma_{\text{обогащ.}}$ и образованием σ -фазы из обогащенного γ -твердого раствора $\gamma_{\text{обогащ.}} \rightarrow \sigma$ в соответствии с диаграммой состояния системы Fe-Cr-Mn [1] аналогично полученным в работе [2] результатам. Этот процесс сопровождается значительным уменьшением размеров образцов [3], что отчетливо видно на рис. 1, а-в.

Сравнение дилатограмм деформированных образцов показало, что чем выше степень деформации, тем активнее протекает этот процесс, что согласуется с литературными данными [3]. В отпущенных образцах все размерные эффекты оказались менее выраженными, что связано с частичным протеканием указанных процессов еще в процессе отпуска при 500 °С. Интересно отметить немонотонный ход кривой деформированного на 18 % образца после отпуска (рис. 1, а) в области 900 °С, где наблюдалось увеличение размеров образца, вызванное полиморфным $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращением и появлением в структуре феррита, согласно фазовой диаграмме Fe-Cr-Mn.

ВЫВОДЫ

В работе исследована высокоазотистая аустенитная сталь 07X16AG13M3 после холодной пластической деформации и отпуска при 500 °С методом дилатометрического анализа с циклом нагрева и охлаждения от 20 до 900 °С. Показано, что ХПД усиливает процесс распада аустенита с образованием σ -фазы, в то время как последующий отпуск несколько замедляет этот процесс, причем, тем эффективнее, чем выше степень предшествующей деформации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

3. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа: Спр. изд. / Банных О.А., Будберг П.Б., Алисова С.П. и др. М.: Metallurgy, 1986. 440 с.
4. Березовская В.В., Банных О.А., Костина М.В. и др. Влияние термической обработки на структуру и свойства высокоазотистой аустенитной коррозионостойкой стали 03X20AG11H7M2. *Металлы*, 2010, № 2. С. 34-43.
5. Гудремон Э., Специальные стали. В 2-х т. Пер. с нем. Т.1 / Э. Гудремон. М.: Metallurgy, 1959. 952 с.