

ИЗУЧЕНИЕ РЕЛАКСАЦИОННЫХ СВОЙСТВ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Озерец Н.Н., Шаранова В.А., Вахонина К.Д., Лысов А.С.

Руководитель - профессор, д.т.н. Мальцева Л. А.

УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина,

г. Екатеринбург,

ozerets@mail.ru

В работе изучены релаксационные свойства коррозионностойкой аустенитной стали в зависимости от термомеханических обработок. Установлено, что наиболее высокое сопротивление релаксации напряжений наблюдается после обработки по режиму: закалка, деформация со степенью обжатия 60% и последующее старение при 500°С.

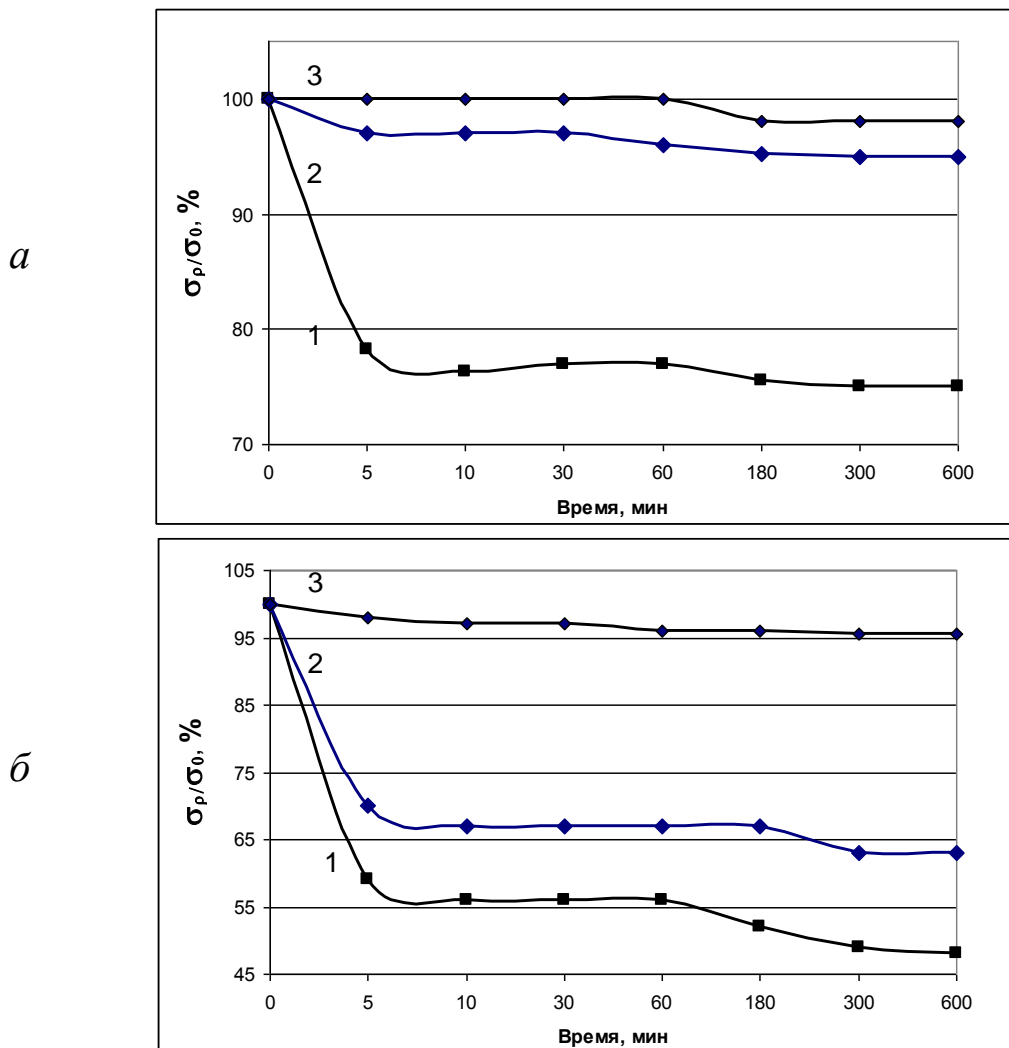
Широко используемые в промышленности для изготовления пружин и упругих элементов коррозионно-стойкие метастабильные аустенитные стали, типа 12Х18Н10Т имеют ряд недостатков. В частности, их отличает пониженная релаксационная стойкость при температурах выше 300°С и в особо жестких условиях нагружения показатели прочностных свойств у них являются недостаточными [1].

Исследуемая сталь 03Х14Н11К5М2ЮТ в виду особенностей ее легирования, обладает высокой пластичностью и технологичностью в закаленном состоянии, что позволяет использовать интенсивных пластических деформации при производстве проволоки для формирования высоких прочностных свойств, делая привлекательной перспективу использования стали для изготовления специальных высокопрочных упругих элементов [2]. В связи с этим особую важность приобретает выяснение способности данных сталей сопротивляться развитию релаксационных процессов при повышенных температурах, что дает возможность судить об уровне их теплостойкости.

Испытания на релаксацию напряжений проводили путем нагружения ленточных образцов в кольцах различного диаметра с выдержкой при температурах 300° и 400°С в течение 5, 10, 30, 60, 180, 300 и 600 мин. Испытания на релаксацию напряжений проводили на деформированных образцах, деформированных и состаренных при 400°С, а также на деформированных и состаренных при 500°С в течение 10 ч.

Для высокопрочных материалов, к которым следует отнести и исследуемую метастабильную аустенитную сталь, следует иметь в виду, что достижение высокой прочности практически всегда основано на получении метастабильного состояния. Для метастабильного состояния релаксация обусловлена взаимодействием структурного и сдвигового механизмов. Интенсивность процесса релаксации находится в сложной зависимости от

температурно-временных параметров испытания и режимов термомеханического упрочнения. При определенных условиях релаксационная устойчивость может преимущественно зависеть от активности того механизма релаксации, который становится ведущим звеном в релаксационном процессе [3]. На рисунке приведены кривые изменения относительной релаксационной стойкости исследуемой стали 03X14H11K5M2ЮТ в зависимости от температуры предварительного старения при температурах испытания 300°C (а) и 400°C (б) длительностью 10 часов и начальном напряжении $\sigma_0 = 0,8 \cdot \sigma_{0,03}$.



Релаксационная стойкость исследуемой стали при 300°C (а) и при 400°C (б) после различных обработок: 1 – деформация; 2 – деформация + старение 400° С, 1 ч; 3 – деформация + старение 500° С, 1ч

Наиболее низкая релаксационная стойкость наблюдается после закалки и пластической деформации. Значительная релаксация напряжений после закалки и холодной пластической деформации обусловлена интенсивным

развитием структурного механизма релаксации, связанного с протеканием процессов, стабилизирующих структуру непосредственно в поле приложения напряжений изгиба [4]. При анализе релаксационной стойкости нестабильных сталей необходимо учитывать также роль мартенсита деформации в осуществлении релаксации. Образование мартенсита способствует усилению упрочнения, при этом наиболее заметно его влияние наблюдается при старении.

Эффективность повышения прочностных свойств при старении находится в зависимости от объемной доли мартенсита. Деформационное старение можно рассматривать как гетерогенный распад ОЦК-твердого раствора в условиях высокой плотности дефектов, идущий с выделением частиц избыточной фазы. Оно не только способствует термической стабильности структуры, но и при соответствующих температурно-временных условиях нагрева может дополнительно повышать прочностные характеристики (в первую очередь предел упругости) деформированных сталей. Благодаря этому возрастает сопротивление сдвиговому механизму релаксации, ослабляется влияние структурного и, как следствие, наблюдается существенное усиление релаксационной стойкости. Из полученных данных можно сделать вывод, что на релаксационную стойкость деформированной стали существенное влияние оказывает степень структурной метастабильности. Дополнительное старение увеличивает сопротивление релаксации напряжений при температурах 300 и 400°C, особенно в том случае, когда температура старения становится выше температуры релаксации, что приводит к увеличению стабильности структуры. При этом снижение релаксирующего напряжения не превышает 5 %, что свидетельствует о высокой релаксационной стойкости стали 03X14N11K5M2ЮТ при повышенных температурах. Сталь 03X14N11K5M2ЮТ после обработки по оптимальному режиму является теплостойкой и может быть использована для высоконагруженных пружин и упругих элементов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Рахштадт А.Г. Пружинные стали и сплавы. М.: Металлургия, 1971. 496 с.
2. Maltseva L.A. Corrosion-resistant austenitic steels for elastic elements / Maltseva L.A., Maltseva T.V., Sharapova V.A., Ozerets N.N., Khramtsova K.D., Tretnikova M.P. // Emerging Materials Research. Volume 2. Issue 4. June 2013. P. 207-215.
3. Грачев С.В. О структурном механизме релаксации напряжений в метастабильных сплавах // МиТОМ, 2005. № 7. С. 38-44.
4. Банных О.А. Прямое и обратное упругие последействия пружинной ленты из азотсодержащей стали X21Г10Н7МБФ // МиТОМ, 2006. № 1. С. 8-10.