

УДК 669.621

Шамарин Ю.Е.¹, Штанько М.Г.²¹ Государственный научно-исследовательский институт гидроприборов. Украина, Киев.² ООО "Новокаховский электромашиностроительный завод". Украина, Новая Каховка**АППРОКСИМАЦИЯ ДИАГРАММ "НАГРУЗКА–ДЕФОРМАЦИЯ", ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ НА РАСТЯЖЕНИЕ В ПРОЦЕССЕ НАВОДОРОЖИВАНИЯ****Анотація**

У статті описана апроксимація залежностей "Навантаження–деформація", отриманих у результаті проведення іспитів на розтягання в процесі наводнювання. Знайдено істинну границю міцності зразків. Визначено вид термічної обробки і вид покриття, що зменшують агресивну дію водню на сталеві деталі.

Abstract

The article represents the dependence "Loading–Deformation", received in the result of the stretching examination in the process of hydrogenation. The real border of the samples soundness is found. The kind of the thermal treatment and the kind of the covering diminishing the aggressive hydrogen influence onto the steel details.

В процессе изготовления стальные детали изделий морского приборостроения подвергаются различным видам механической и электрохимической обработки, в результате которых происходит появление внутренних напряжений и наводороживание конструкционных материалов.

Во время хранения изделий в эксплуатирующихся организациях, к наводороживанию сталей приводит воздействие на них морских климатических факторов. По этим причинам возникают

деформации и трещины стальных деталей, что в процессе эксплуатации ведет к отказам изделий морского приборостроения.

Для повышения надежности изделий возникает необходимость в разработке новых технологий изготовления стальных деталей: использование термической обработки и определения оптимального вида гальванического покрытия, при которых будет достигнута наибольшая защита конструкционных материалов от агрессивного влияния водорода.

В состав изделий морского приборостроения входят детали, изготовленные из конструкционных сталей с различной концентрацией углерода. Поэтому изучение влияния водорода на прочностные характеристики осуществлялось на Ст3, Ст45 путем проведения испытаний на растяжение. Эти характеристики определялись на разрывной машине для различно термообработанных сталей без покрытия на воздухе и для таких же сталей с различными гальваническими покрытиями – цинк, никель, хром твердый толщиной 30 мкм – в процессе электролитического наводороживания в 26%-ной серной кислоте H₂SO₄ при наложении потенциала от внешнего источника питания. Во время эксперимента сняты диаграммы "Нагрузка–деформация" [1].

На основании этих диаграмм однозначный вывод об определенных видах термической обработки и

покрытий, уменьшающих агрессивное влияние водорода, не представляется возможным. Однако, известно [2], что во время растяжения происходит наклеп образца и напряжения в момент разрушения образца больше, чем напряжения, представленные на диаграммах.

В связи с этим для нахождения истинного предела прочности $\sigma_{iв}$ образцов в соответствии с [3] была выполнена аппроксимация зависимости "Нагрузка—деформация" по следующей формуле:

$$\sigma_{iв} = \eta \cdot \frac{P_{max}}{F_{min}},$$

где η — поправочный коэффициент, зависящий от "шейкообразования"; всегда меньше единицы. Чем интенсивнее идет развитие шейки, тем меньше коэффициент η . P_{max} — максимальная нагрузка, приложенная к образцу. F_{min} — площадь поперечного сечения образца после испытания.

Значение коэффициента η зависит от отношения F_y/F_{min} , где F_y — приближенное значение площади поперечного сечения образца вне шейки, равное площади сечения расчетной части этого образца в момент образования шейки.

Для его определения используется зависимость, приведенная на рис. 1.

Для построения диаграммы зависимости истинного предела прочности образца $\sigma_{iв}$ от степени его деформированного состояния e_i необходимо выполнить расчет приведенной степени деформации образца \bar{e}_i :

$$\bar{e}_i = 1 - e^{-e_i} \quad (1)$$

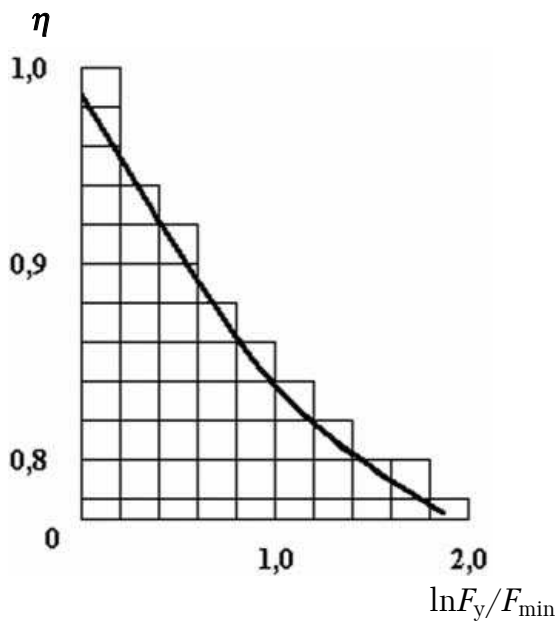


Рис. 1. Зависимость коэффициента η от величины отношения F_y/F_{min}

или

$$e_i = 1 - e^{-\bar{e}_i}$$

где e_i — истинная степень деформации.

Из выражения (1) следует, что при изменении истинной степени деформации e_i от нуля до бесконечности изменение приведенной степени деформации \bar{e}_i происходит от нуля до единицы.

При простом растяжении

$$e_i = \ln \frac{l}{l_0} = \ln \frac{F_0}{F}$$

и выражение (1) принимает вид

$$e_i = \ln \frac{F_0}{F} = \ln \frac{1}{1 - \bar{e}_i}$$

откуда

$$1 - \bar{e}_i = \frac{F}{F_0}$$

и

$$\bar{e}_i = 1 - \frac{F}{F_0} = \frac{F_0 - F}{F_0}$$

В результате аппроксимации диаграммы "Нагрузка—деформация" получены данные, приведенные в таблице 1.

Данные таблицы показывают:

I. Прочностные характеристики образцов с различной термообработкой без покрытий снижаются под действием водорода.

II. Конструкционные материалы различного термообработанные с покрытиями и наводороженные имеют большую прочность, чем наводороженные и без покрытий.

III. Покрытиями, уменьшающими влияние водорода на истинный предел прочности $\sigma_{iв}$, являются:

- 1) для отожженной стали 3 — цинк, хром твердый, никель;
- 2) для нормализованной стали 3 — никель;
- 3) для закаленной с высоким отпуском стали 3 — никель;
- 4) для закаленной со средним отпуском стали 3 — хром твердый, никель;
- 5) для закаленной с низким отпуском стали 3 — цинк, никель;
- 6) для отожженной стали 45 — хром твердый, никель;
- 7) для нормализованной стали 45 — никель;
- 8) для закаленной с высоким отпуском стали 45 — цинк, никель;
- 9) для закаленной со средним отпуском стали 45 — цинк, никель;
- 10) для закаленной с низким отпуском стали 45 — цинк, хром твердый, никель.

IV. По результатам аппроксимации диаграмм "Нагрузка—деформация" можно сделать однознач-



Таблица 1

Влияние водорода на истинный предел прочности σ_{iB} сталей 3, 45 без покрытия и сталей, покрытых цинком Zn, никелем Ni и хромом твердым Cr толщиной 30 мкм

Марка стали	Вид обработки		Истинный предел прочности σ_{iB} , МПа	Марка стали	Вид обработки		Истинный предел прочности σ_{iB} , МПа
Сталь 3	Отжиг полный	без H ₂	645	Сталь 45	Отжиг полный	без H ₂	1013
		с H ₂	618			с H ₂	893
		Zn с H ₂	662			Zn с H ₂	892
		Ni с H ₂	697			Ni с H ₂	976
		Cr с H ₂	650			Cr с H ₂	903
	Нормализация	без H ₂	1041		Нормализация	без H ₂	1136
		с H ₂	767			с H ₂	1035
		Zn с H ₂	753			Zn с H ₂	1011
		Ni с H ₂	933			Ni с H ₂	1055
	Закалка и высокий отпуск	без H ₂	1017		Закалка и высокий отпуск	без H ₂	1211
		с H ₂	734			с H ₂	1119
		Zn с H ₂	655			Zn с H ₂	1138
		Ni с H ₂	843			Ni с H ₂	1154
	Закалка и средний отпуск	без H ₂	818		Закалка и средний отпуск	Cr с H ₂	1118
		без H ₂	1048			без H ₂	1317
		с H ₂	715			с H ₂	1158
		Zn с H ₂	686			Zn с H ₂	1168
	Закалка и низкий отпуск	Ni с H ₂	838		Закалка и низкий отпуск	Ni с H ₂	1160
		Cr с H ₂	718			Cr с H ₂	1102
		без H ₂	1140			без H ₂	1415
с H ₂		710	с H ₂	1115			
	Zn с H ₂	836		Zn с H ₂	1118		
	Ni с H ₂	739		Ni с H ₂	1134		
	Cr с H ₂	581		Cr с H ₂	1257		

ный вывод о том, что уменьшение агрессивного действия водорода на конструкционные материалы происходит при выполнении отжига полного или закалки и высокого отпуска с последующим покрытием никелем толщиной 30 мкм.

Учитывая то, что никель является пористым покрытием, для стальных деталей необходимо применять в качестве подслоя под основное покрытие медь Cu толщиной 3 мкм.

Литература

1. Шамарин Ю.Е., Штанько М.Г. Влияние наводороживания стальных деталей на их прочностные характеристики // Технологические системы. – 2004. – №1. – С. 34–37.
2. Лахтин Ю.М. Основы металловедения. – М.: Металлургия, 1988. – 320 с.
3. Смирнов-Аляев Г.А., Чикидовский В.П. Экспериментальные исследования в обработке металлов давлением. – Л.: Машиностроение, 1972. – 360 с.