

Шамарин Ю.Е.¹, Штанько М.Г.²

¹ Государственный научно-исследовательский институт гидроприборов. Украина, Киев.

² ООО "Новокаховский электромашиностроительный завод". Украина, Новая Каховка

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ НАВОДОРОЖИВАНИЯ

Анотація

У статті представлена методика визначення механічних характеристик конструкційних матеріалів у процесі дії на них водню. Описано пристосування для наводнювання зразків у процесі іспитів на розтягання й експериментальні зразки. Установлено вид термічної обробки і вид покриття для захисту сталевих деталей виробів морського приладобудування проти водневої крихкості.

Abstract

The article represents the determination method of the constructional materials mechanical characteristics under the influence of hydrogen. There is a description of the appliance for the hydrogenation of the samples during the test for stretching and experimental specimens. The kind of the thermal treatment and the kind of the covering for the nautical instrument-making steel spare parts protection against the hydrogen fragility are determined.

Детали изделий морского приборостроения (радиогидроакустические буи, буйковые станции, стационарные и передвижные гидроакустические комплексы и т.д.) изготавливаются из различных видов материалов: меди и её сплавов, алюминия и его сплавов, сталей с различным содержанием углерода и др.

Конструктивно изделия состоят из большого количества стальных деталей. В процессе их изготовления, а также при длительном хранении и в период эксплуатации приборов происходит наводороживание конструкционных материалов [1]. По этим причинам ухудшаются механические характеристики стальных деталей, что ведет к отказам изделий.

Для повышения надежности изделий возникает необходимость в оценке их прочностных характеристик, а также определения оптимального вида гальванического покрытия и термической обработки, при которых будет достигнута наибольшая защита конструкционных материалов от агрессивного влияния водорода.

Основным методом защиты ответственных деталей от наводороживания является нанесение гальванических покрытий.

Зарубежными исследователями установлено:

1) при покрытии на входной стороне железных мембран палладием Pd водородопроницаемость при температуре 948 К увеличивается (данные Баукло и Венцеля, 1924 г.);

2) олово на любой стороне мембраны полностью устраняет водородопроницаемость (данные Хита, 1924 г.);

3) осадки хромом, никелем, цинком уменьшают водородопроницаемость в порядке Cr > Ni > Zn; медное покрытие неводородопроницаемо.

Коньшина Э.Н., Кузнецов В.В., Халдеев Г.В. [2] наносили гальванические покрытия толщиной 1 мкм на мембраны из армко-железа и стали 08 кп. Мембраны отжигались и наводороживались. Ими было установлено: если покрытие находится на входной (поляризационной) стороне мембраны, то водородопроницаемость уменьшается; если со стороны выхода (диффузионной), то — увеличивает. Определен ряд покрытий: Ni > Ag > Cu > Au > Zn > Cd > Pb > Cr.

Данные по защите конструкционных материалов с помощью гальванических покрытий от наводороживания носят противоречивый характер и требуют дальнейшего исследования.

Авторами работы [3] были проведены исследования по определению подвижности атомов водорода в чистом железе. В результате экспериментов выяснилось, что она очень высока. Десорбция водорода в металле протекает быстро. Металл предварительно перенасыщенный водородом, через несколько минут практически полностью остается без него. Поэтому изучение влияния водорода на прочностные и пластические характеристики металлов необходимо проводить при одновременном деформировании и наводороживании. При этом [4] в течение нескольких минут происходит заметное снижение пластических свойств железа и стали.

Влияние водорода на механические характеристики сталей изучалось путем проведения испытаний на растяжение на разрывной машине Р-10 в процессе электролитического наводороживания в 26%-ной серной кислоте H₂SO₄. Для этого в соответствии с [5] было спроектировано и изготовлено приспособление для наводороживания (рис. 1). Образец 3 закреплялся в специаль-

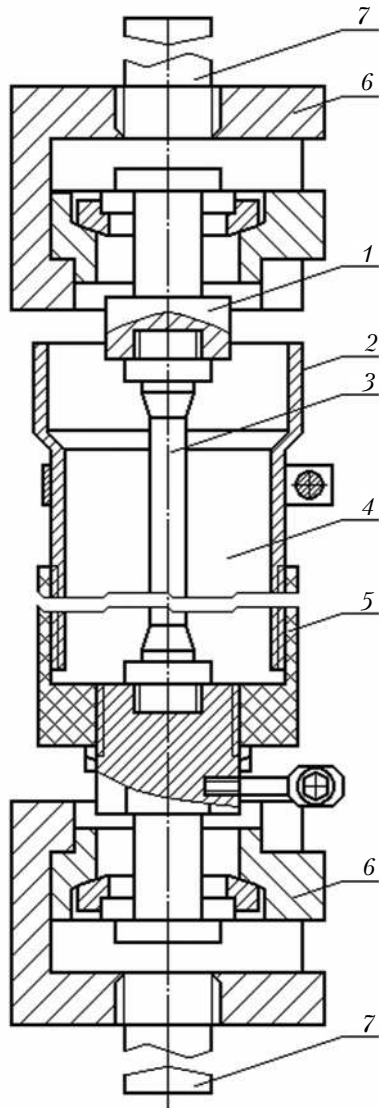


Рис. 1. Приспособление для наводороживания образцов в процессе испытаний на растяжение:
 1 – подвеска; 2 – цилиндрический электрод;
 3 – образец; 4 – ванна; 5 – текстолитовый изолятор;
 6 – траверсы; 7 – хвостовик

ные подвески 1. На одну из подвесок навинчивалась ванна 4, состоящая из текстолитового изолятора 5 и цилиндрического электрода 2. Материалом электрода являлся свинец. Испытуемый образец 3 с ванной 4 через подвески 1 устанавливался в траверсы 6 приспособления. Всё приспособление с помощью хвостовиков вставлялось в обычные захваты разрывной машины. Образец подключался к отрицательному полюсу источника тока, т.е. являлся катодом. Электрод 2 являлся анодом. Источником тока служил прибор Б5-30. Затем [5] подавался ток силой 1,2 А при

напряжении 12 В и после выдержки в течение 5 минут включалась машина и производилось растяжение образца до разрыва. Растяжение проводилось со скоростью 16 мм/мин.

Образцы для исследований выполнены в соответствии с ГОСТ 1497-84 [6] приложение 2, тип 4 (рис. 2).

Для экспериментов были взяты следующие материалы: сталь 3, сталь 45, сталь У8А.

Образцы после изготовления подвергали следующим видам обработок: термической обработке, шлифованию, нанесению гальванических покрытий – цинк, никель, хром твердый толщиной 30 мкм. Покрытия производились в соответствии с ОСТ 107.460092.001-86 [7].

Для всех покрытых образцов было произведено обезводороживание при температуре 453 К в течение 2 часов.

Термическая обработка образцов выполнялась в соответствии с [8, 9]. Виды и режимы термической обработки приведены в таблице 1.

Шлифование производилось по технологии, обеспечивающей возникновение минимальных напряжений материалов.

Эксперимент проводился в два этапа:

1) для сталей 3, 45, У8А различно термообработанных без покрытия производилось разрушение образцов на воздухе;

2) для группы сталей 3, 45 различно термообработанных без покрытия и с покрытиями производилось разрушение образцов во время насыщения их водородом.

В процессе эксперимента сняты диаграммы "Нагрузка – деформация".

Исходя из данных эксперимента, на основании [6, 10–12], рассчитаны следующие величины:

1) предел прочности:

$$\sigma_B = \frac{P_{\max}}{F_0},$$

где P_{\max} – максимальная нагрузка, приложенная к образцу; F_0 – площадь поперечного сечения образца до испытания;

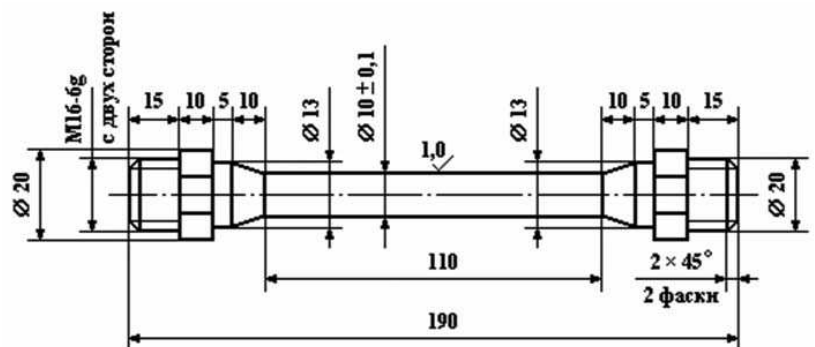


Рис. 2. Образец испытаний на растяжение

Таблица 1

Виды и режимы термической обработки образцов

Марка стали	Вид термической обработки	Режимы термической обработки		
		температура	время выдержки, ч	охлаждение
Сталь 3	Отжиг полный	1093	1,50	с печью
	Нормализация	1093	0,67	на воздухе
	Закалка +	1093	0,25	масло
	высокий отпуск	773	1,33	на воздухе
	средний отпуск	623	1,33	на воздухе
Сталь 45	низкий отпуск	473	1,33	на воздухе
Сталь 45	Отжиг полный	1093	1,50	с печью
Сталь 45	Нормализация	1133	0,67	на воздухе
	Закалка +	1103	0,25	масло
	высокий отпуск	783	1,33	на воздухе
	средний отпуск	653	1,33	на воздухе
	низкий отпуск	473	1,33	на воздухе
Сталь У8А	Нормализация	1023	0,67	на воздухе
	Закалка +	1053	0,25	масло
	высокий отпуск	783	1,33	на воздухе
	средний отпуск	653	1,33	на воздухе
	низкий отпуск	473	1,33	на воздухе

$$F_0 = \pi \cdot r^2,$$

где r — радиус образца;

2) предел текучести:

$$\sigma_T = \frac{P_T}{F_0},$$

где P_T — нагрузка, соответствующая пределу текучести.

Блок-схема проведения испытаний на растяжение приведена на рис. 3.



Рис. 3. Блок-схема проведения испытаний на растяжение

Используемая методика дает возможность определить влияние наводороживания на прочностные характеристики сталей.

В ходе эксперимента установлено [13, 14], что механические характеристики конструкционных материалов улучшаются при выполнении отжига полного или закалки и высокого отпуска с последующим покрытием никелем толщиной 30 мкм.

Литература

1. Штанько М.Г. Оптимизация видов гальванических покрытий и способов их нанесения для защиты от наводороживания стальных деталей изделий морского приборостроения // Материали четвертої Національної науково-технічної конференції "Неруйнівний контроль та технічна діагностика". — К.: 2003. — С. 246–251.
2. Коньшина Э.Н., Кузнецов В.В., Халдеев Г.В. Наводороживание металлов и борьба с водородной хрупкостью // Тез. докл. семинара по защите металлов. — М.: 1979. — С. 28–33.
3. Wada K., Sakamoto K. Effect of hydrogen charging deformation on the mechanical properties of high purity iron single crystals // J. Fac. Eng. Univ. Tokyo. — 1982. — Vol. 36, №3. — P. 607–616.
4. Matsui H., Kimura A., Kimura H. The orientation dependence of the yield and Flow stress of high purity iron single crystals doped with hydrogen // In: Strength of metals and alloys Proc. 5th Int. Conf., Avchen, 1979. — Toronto etc. — 1979. — Vol. 2. — P. 977–982.
5. Чаевский М.И. О хрупком разрушении малоуглеродистой стали в результате действия водорода // Изв. АН СССР. Отд. техн. наук. — 1957. — №9. — С. 121–122.
6. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение. — Взамен ГОСТ 1497-73; Введ. 01.01.86. — М.: Изд-во стандартов, 1986. — 37 с.
7. ОСТ 107.460092.001-86. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Типовые технологические процессы. В 2-х книгах / Отв. ред. Д.Г. Коваленко. — Л.: ЦКБ, 1987 г. — Взамен ОСТ 4Г 0.054.076; Введ. 01.04.87. — Кн. 2, 1987. — 260 с.



8. Р4.054.004-89. Детали из сплавов черных и цветных металлов. Термическая и химико-термическая обработка. Типовые технологические процессы. — Взамен ОСТ 4.054.004; Введ. 01.01.90. — МОТ Долгопрудненский филиал, 1989. — 62 с.
9. Каменичный И.С. Пособие термисту инструментального цеха. — К.: техника, 1975. — 176 с.
10. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. — М.: Машиностроение, 1990. — 528 с.
11. Костин П.П. Физико-механические испытания металлов и сплавов и неметаллических материалов. — М.: Машиностроение, 1990. — 254 с.
12. *Практические* вопросы испытания металлов. Пер с нем./ Под ред. О.П. Елютина. — М.: Металлургия, 1979. — 280 с.
13. Шамарин Ю.Е., Штанько М.Г. Влияние наводороживания стальных деталей на их прочностные характеристики // Технологические системы. — 2004. — №1. — С. 34–37.
14. Шамарин Ю.Е., Штанько М.Г. Вплив водню на злам сталевих деталей виробів морського приладобудування // Вісник Технологічного університету Поділля. — 2004. — №5. — С. 47–49.