

МОНИТОРИНГ ИЗМЕНЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ НА ИЗГИБ ОБРАЗЦОВ ИЗ АУСТЕНИТНОЙ ХРОМОНИКЕЛЕВОЙ СТАЛИ

© 2025 г. Александр Викторович Кочнев^{1*}, М.Б. Ригмант¹, М.К. Корх¹,
Н.В. Гордеев^{1,2}, А.М. Матосян^{1,2}

¹ – ИФМ УрО РАН, 620108 Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, д. 18

² – ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», 620002
Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

* - kochnevav@imp.uran.ru

Испытания на усталостную прочность достаточно важны для аустенитных сталей [1], так как их свойства могут изменяться во время эксплуатации. В ходе деформации возможно образование фазы мартенсита деформации, что можно обнаружить по изменению магнитных свойств.

Целью работы было исследование изменения относительной магнитной проницаемости образцов из аустенитной хромоникелевой стали во время и после циклических испытаний на изгиб.

Испытания проводились на специальной лабораторной установке для циклических испытаний на изгиб. Образцы из аустенитной хромоникелевой стали были вырезаны на электроэрозионном станке. Толщина образцов составляла 1,9-2,1 мм. Рабочая длина (длина колеблющегося участка) – 79 мм. Общая длина образца составляла 100 мм. Образец закрепляется по типу жёсткой заделки, после чего к свободному концу прикладывается усилие, приводящее к изгибу образца. Прилагаемая нагрузка варьировалась путём изменения амплитуды отклонения образца от нейтрального положения. Для измерения относительной магнитной проницаемости вблизи от места крепления образца устанавливался первичный преобразователь прибора «ФерроКОМПАС». Сигнал с датчика Холла в виде напряжения поступал на прибор и далее через АЦП L-Card E14-140 на ПК, где записывался лог-файл программой Powergraph.

Для образцов 3-5 была снята зависимость относительной магнитной проницаемости в процессе циклирования. Пример для одного из образцов представлен на рис. 1. Ожидаемо, в конце испытания происходит резкое возрастание относительной магнитной проницаемости, связанное с образованием мартенсита деформации.

Согласно эпюре напряжений максимальную нагрузку при типе крепления «жёсткая заделка» образец испытывает в месте крепления, что хорошо согласуется с результатами эксперимента, так как разрушение образца происходит именно в данной области. Кроме

того, в месте излома образуется наибольшее количество мартенсита, что отражено в табл. 1.

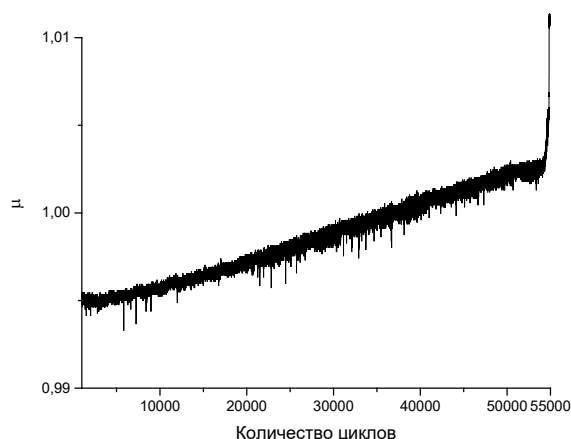


Рис. 1. Зависимость относительной магнитной проницаемости от количества циклов

Необходимо отметить, что значения μ у излома выше, чем на графиках, что связано с пространственными ограничениями закрепления первичного преобразователя (он закреплён на участке 6,5-6,9 мм). Кроме того, с уменьшением нагрузки различие в значениях магнитной проницаемости падает (т.е. образуется меньше количество мартенсита деформации).

Таблица 1

Изменение относительной магнитной проницаемости по длине образца №1.

Расстояние от свободного края, см	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	7,9 (излом)
μ	1,006	1,006	1,007	1,007	1,008	1,011	1,031	1,098	1,106

Были проведены исследования по мониторингу относительной магнитной проницаемости (μ) образцов из аустенитных хромоникелевых сталей при циклических испытаниях на изгиб. Было показано, что при разрушении образца, как и ожидалось, наблюдается резкое увеличение магнитной проницаемости, связанное с образованием мартенсита деформации. Рост μ падает по длине образца и с уменьшением приложенной нагрузки.

Работа выполнена в рамках государственного задания МИНОБРНАУКИ России (тема «Диагностика», № 122021000030-1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Puchi-Cabrera E.S., Staia M.H., Tovar C., Ochoa-Pérez E.A. High cycle fatigue of 316L stainless steel // International Journal of Fatigue. 2008. V. 30. P. 2140–2146.