

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТЕРМООБРАБОТАННОЙ И ПЛАСТИЧЕСКИ ДЕФОРМИРОВАННОЙ СТАЛИ 38ХС

© 2024 г. Антон Михайлович Матосян^{1,2*}, А. Н. Шашков^{1**}, А. П. Ничипурук¹,
Е. А. Шапова¹, Е. Ю. Сажина¹, Н. В. Гордеев^{1,2}, С. В. Афанасьев¹

¹ – *Институт физики металлов имени М. Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук, 620108 Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18*

² – *Уральский федеральный университет имени Б.Н. Ельцина, 620002 Екатеринбург, ул. Мира, 19*

* - *matosian01@gmail.com*; ** - *stashkov@imp.uran.ru*

Конструкционная легированная сталь 38ХС используется для изготовления деталей с высокими требованиями к прочности и износостойкости – шестерни, валы, пальцы, муфты, впускные клапаны двигателей. В процессе изготовления она подвергается закалке и последующему отпуску при температуре от 450 до 700 °С. Механические и магнитные свойства термообработанной стали 38ХС известны и хорошо изучены [1]. Цель данной работы заключалась в изучении поведения магнитных свойств стали 38ХС, подвергнутой термообработке и холодной пластической деформации.

Образцы из стали 38ХС в форме параллелепипедов с исходными размерами 10×10×65 мм подвергались закалке от 900 °С в масло и последующему отпуску при температурах 500, 600, 650, 700 и 750 °С. Часть термообработанных образцов утонялась до 4 мм и подвергалась пластической деформации растяжением в испытательной машине Instron 5982. Относительные удлинения образцов составили от 2 до 6 %. Магнитные измерения проводились на установке Remagraph С-500 и установке для измерения полевых зависимостей обратимой магнитной проницаемости [2]. Перемагничивание образцов осуществлялось в замкнутой магнитной цепи (пермеамetre) по предельной петле гистерезиса.

Установлено, что при увеличении относительного удлинения образцов стали 38ХС коэрцитивная сила монотонно увеличивается, а остаточная индукция и максимальная магнитная проницаемость уменьшаются. Характер изменения коэрцитивной силы в зависимости от температуры отпуска меняется после холодной пластической деформации – если для недеформированных образцов коэрцитивная сила монотонно уменьшается при увеличении температуры отпуска, то после деформационных воздействий однозначное поведение коэрцитивной силы исчезает. По всей вероятности, причиной являются вносимые деформацией остаточные механические напряжения.

На рис. 1 приведены полевые зависимости сигнала измерительной катушки [2], пропорциональные обратимой магнитной проницаемости, для пластически деформированных образцов стали 38ХС, предварительно закаленных и отпущенных. Вид

зависимостей до деформации примерно одинаков (кривые с единственным максимумом в районе коэрцитивной силы не приведены), после деформации вид кривых кардинально меняется. Из рис. 1 видно, что для образцов с удлинением 2 % и температур отпуска 500 (а) и 650 °С (б) на кривых наблюдается единственный максимум, для образца с температурой отпуска 750 °С (в) справа от основного максимума становится различим перегиб. Еще более явные отличия на кривых наблюдаются для образцов с удлинением 4 % – для образца с температурой отпуска 500 °С наблюдается уширение пика, а для образцов с температурами отпуска 650 и 750 °С на кривых появляются заметные перегибы в положительном поле и раздвоение основного максимума. Появление перегибов и раздвоений основного пика указывает на наличие в образцах магнитной текстуры типа «легкая плоскость», вызванной деформацией. Отсутствие видимых особенностей на кривых для деформированных на 2 % образцов, отпущенных при 500 °С и 650 °С (рис.1 а,б), может быть вызвано изначально высокими хаотически распределенными напряжениями после термообработки, из-за которых не образуется магнитная текстура после деформации.

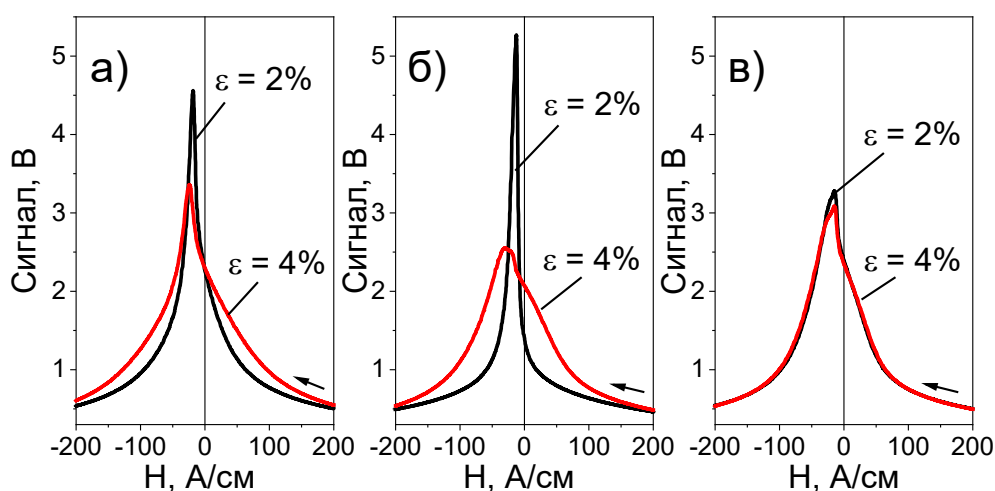


Рис. 1. Полевые зависимости сигнала измерительной катушки, пропорциональные обратимой магнитной проницаемости, пластически деформированных образцов из стали 38ХС, предварительно закаленных и отпущенных при 500 °С (а), 650 °С (б) и 750 °С (в).

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Михеев М.Н., Морозова В.М., Вильданова Н.Ф., Гаврилова Л.Д., Захарова Г.Н., Ничипурук А.П., Ремез Н.В., Сингер К.Е., Чарикова Н.И. О возможности электромагнитного контроля качества закалки и отпуска изделий из стали 38ХС // Дефектоскопия. 1987. № 11. С. 38–44.
2. Stashkov A.N., Schapova E.A., Nichipuruk A.P., Stolbovsky A.V. Magnetic Incremental Permeability of Elastically Deformed Iron and Nickel // Journal of nondestructive evaluation. 2024. V. 4, No. 1. P. 8.