

УДК 621.791.927.5:620.179.14

Применение магнитных методов для определения фазового состава биметаллического соединения «углеродистая сталь – аустенитная нержавеющая сталь»

Лапин Матвей Вячеславович^(*)

matt2003@inbox.ru

Институт машиноведения УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Аннотация. Исследована возможность применения магнитных методов неразрушающего контроля (ММНК) для количественной оценки мартенсита деформации в биметаллическом соединении. На основе анализа асимметрии полевых зависимостей дифференциальной магнитной проницаемости предложен новый параметр, коррелирующий со степенью пластической деформации и объемной долей мартенсита. Результаты открывают перспективы для разработки методик диагностики состояния биметаллических изделий после эксплуатации или ремонта.

Ключевые слова: электродуговая наплавка, биметалл, неразрушающий контроль, магнитные методы контроля, дифференциальная магнитная проницаемость, мартенсит деформации

Введение. Биметаллические материалы на основе углеродистых и аустенитных сталей широко применяются в ответственных конструкциях. Электродуговая наплавка, как эффективный метод получения или восстановления таких конструкций, формирует в зоне соединения сложную фазовую структуру (аустенит, феррит, мартенсит), которая изменяется при последующих деформациях, что сильно влияет на магнитные свойства материала [1, 2]. Цель работы — оценка применимости ММНК для контроля структурного состояния такого биметалла, в частности содержания образовавшегося ферромагнитного мартенсита деформации.

Методы и материалы; результаты. Образец получен электродуговой наплавкой проволоки Er308LSi на сталь Ст3. Проведены микроструктурный анализ; ступенчатое пластическое растяжение; измерение петель магнитного гистерезиса после каждого шага деформации. Построены зависимости дифференциальной магнитной проницаемости от напряженности внутреннего магнитного поля. Микроструктура наплавленного металла неоднородна: слой 1 содержит низкоуглеродистый пакетный мартенсит, аустенит и феррит; слои 2 и последующие — аустенит и феррит.

При деформировании часть аустенита превращается в мартенсит деформации, что фиксируется ростом намагниченности насыщения [2]. Для количественной оценки предложен параметр, основанный на анализе кривых дифференциальной магнитной проницаемости. При деформации на кривой появляется дополнительный пик в области отрицательных полей. Вычитание из кривой текущего состояния кривой недеформированного состояния дает кривую дифференциальной магнитной проницаемости с двумя асимметрич-

ными пиками. Параметр, определяемый как половина разницы их высот, демонстрирует близкую к линейной зависимость от степени деформации и, следовательно, от объемной доли мартенсита деформации [3].

Заключение. Показано, что содержание мартенсита деформации в биметаллическом соединении можно оценивать магнитными методами. Предложенный параметр, характеризующий асимметрию кривых дифференциальной магнитной проницаемости, является эффективным критерием для неразрушающего контроля количества мартенсита в конструкции. Несмотря на результаты работы, которые позволяют разрабатывать методики оценки состояния отремонтированных или эксплуатируемых биметаллических изделий, применяя МННК, требуются дополнительные исследования. В настоящее время ведется работа по изучению магнитных свойств каждого отдельного наплавленного слоя.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для ИМАШ УрО РАН (№ НИОКТР 124020600045-0). При выполнении работы было использовано оборудование ЦКП «Пластометрия» при ИМАШ УрО РАН.

Список источников

- [1] Korkh M.K., Rigmant M.B., Sazhina E.Y., Kochnev A.V. Measuring Ferromagnetic Phase Content Based on Magnetic Properties in Two-Phase Chromium–Nickel Steels. Russian Journal of Nondestructive Testing, 2019, vol. 55, pp. 837–850. <https://doi.org/10.1134/S1061830919110056>
- [2] Rigmant M.B., Nichipuruk A.P., Korkh M.K. The possibility of separate measurements of the amounts of ferrite and deformation martensite in three-phase austenitic-class steels using the magnetic method. Russian Journal of Nondestructive Testing, 2012, vol. 48, no. 9, pp. 511–521. <https://doi.org/10.1134/S1061830912090069>
- [3] Лапин М.В., Мушников А.Н., Поволоцкая А.М., Давыдова Н.А., Горулева Л.С., Соболева Н.Н. Определение фазового состава биметаллического соединения «углеродистая сталь – аустенитная нержавеющая сталь» по магнитным свойствам. Frontier Materials & Technologies, 2025, № 4, с. 39–49. <https://doi.org/10.18323/2782-4039-2025-4-74-3>