

ПОВЫШЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ СТАЛЕЙ

© 2021 г. Сергей Григорьевич Сандомирский^{1*}

¹ – Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, Минск, Академическая, 12

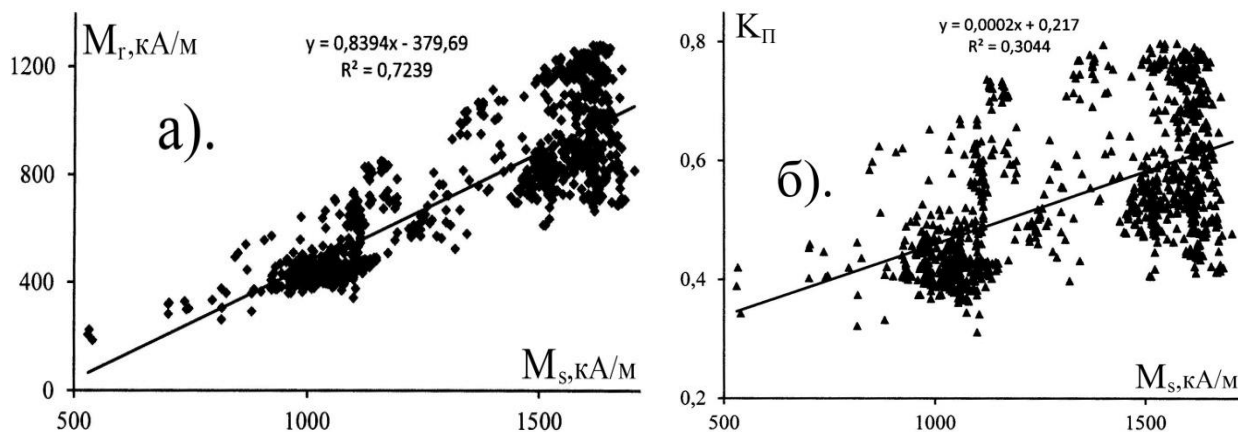
* - sand_work@mail.ru

В [1] показано, что все «специфические» изменения магнитных проницаемостей и релаксационных магнитных параметров сталей, связанные с изменениями их структурного состояния и фазового состава, обусловлены только происходящими при этом изменениями коэрцитивной силы H_c , остаточной намагниченности M_r и намагниченности M_s технического насыщения этих сталей. На основании этого для повышения достоверности магнитной структуроскопии предложено формировать ее информационные параметры из результатов измерения H_c , M_r и M_s сталей.

В докладе обоснован разработанный подход к формированию из остаточной намагниченности M_r сталей информационного параметра, обладающего более высокой чувствительностью к изменениям структуры сталей, происходящих при их термических обработках, простотой и точностью измерения.

Одной из причин ограниченного использования M_r сталей в магнитном структурном анализе, по мнению автора, является наблюдающаяся на практике зависимость M_r сталей не только от параметров структуры сталей, но и от их фазового состава. В обоснование этого воспользовались [2] результатами выполненных по стандартным методикам измерений M_r и M_s сталей 30, 45, 27СГ, 10ХСНД, 15ХН5МФ, 25Х1МФ, 30ХГСА, 30ХГСНА, 30ХМА, 38ХГН, 38ХМЮА, 38ХС, 40Х, 45Х, 40Х1НВА, 50ХНМ, 50ХН1М, 40Х10С2М(ЭИ107), ЭИ992(ХВ), ЭИ928, 12Х2Н4А, 12Х2Н4А цементированной, 18Х2Н4ВА, 18Х2Н4ВА цементированной, 18ХГТ, 30ХНЗА, 30ХМА, 60С2, 65Г, У7А, У10А, 95Х18 и 9ХГВ после разных режимов отпуска и закалки, а также отожженных углеродистых сталей. Всего для анализа использованы результаты измерения M_r и M_s 195 магнитотвердых сталей ($4 \text{ кА/м} \leq H_c \leq 7,79 \text{ кА/м}$) и 794 магнитомягких сталей ($0,071 \text{ кА/м} \leq H_c < 4 \text{ кА/м}$), в том числе 88 сталей с $0,071 \text{ кА/м} \leq H_c \leq 1 \text{ кА/м}$. По диапазону изменения свойств: $200 \text{ кА/м} \leq M_r \leq 1400 \text{ кА/м}$, $500 \text{ кА/м} \leq M_s \leq 1707 \text{ кА/м}$ и $71 \text{ А/м} \leq H_c \leq 7,43 \text{ кА/м}$ использованные для анализа материалы охватывают практически весь диапазон изменения магнитных свойств конструкционных сталей.

На рисунке а). представлено корреляционное поле связи между M_r и M_s исследованных сталей. Его статистический анализ показал, что коэффициент корреляции R между M_r и фазочувствительным параметром M_s исследованных сталей равен 0,85 (теснота связи между параметрами считается высокой, если $R \geq 0,7$).



На рисунке б). приведено корреляционное поле связи между $K_{П}$ и M_s тех же сталей. Его анализ показал, что коэффициент корреляции R между параметрами $K_{П}$ и M_s этих сталей равен 0,55. Это подтверждает существенно меньшую, по сравнению с параметром M_r , чувствительность параметра $K_{П}$ к изменениям фазового состава сталей. Значит, параметр $K_{П}$ больше, чем параметр M_r , чувствителен к изменениям структуры сталей.

Преимуществом использования параметра $K_{П}$ является и то, что параметр M_r по стандартным методикам может быть измерен с относительной погрешностью 3%, а отношение $K_{П} = M_r/M_s$ – с погрешностью 1% [3].

Обоснование эффективности использования параметра $K_{П}$ для магнитной структуроскопии в докладе проведено сопоставлением результатов контроля твердости HRC стали 40X в практически важном диапазоне $350^{\circ}\text{C} \leq T_0 \leq 550^{\circ}\text{C}$ изменения температуры T_0 ее отпуска после закалки с использованием $K_{П}$ и M_r . Получено, что параметры M_r и $K_{П}$ однозначно зависят от твердости HRC стали 40X в диапазоне ее изменения $37 \leq \text{HRC} \leq 48$. При этом параметр M_r изменяется в 5 раз больше диапазона максимально возможных отклонений его значений, связанных с погрешностью его измерения, а параметр $K_{П}$ – в 15,2 раза больше.

Результаты позволяют при разработке методов и приборов магнитной структуроскопии изделий из среднеуглеродистых сталей сосредоточить внимание на повышении точности измерения отношения $K_{П} = M_r/M_s$ материала изделий и отказаться от сложных и неточных измерений их релаксационных магнитных параметров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клюев В.В., Сандомирский С.Г. Анализ и синтез структурочувствительных магнитных параметров сталей. – М.: Издательский дом «СПЕКТР», 2017. – 248 с.

2. Sandomirski S.G., Kostin V.N., Vasilenko O.N. [и др.] About the Possibilities of Construction and Application of the Generalized Magnetic Parameters of Steel Hardometry after Hardening and Release // The VII International Young Researchers' Conference – Physics, Technology, Innovations (PTI-2020) AIP Conf. Proc. 2313, 030030-1–030030-6; <https://doi.org/10.1063/5.0032978>

3. Чернышев Е.Т., Чечурина Е.Н., Чернышева Н.Г., Студенцов Н.В. Магнитные измерения. М.: Издательство стандартов, 1969. – 248 с.