

Магнитный контроль содержания мартенсита деформации в образцах и изделиях из аустенитных сталей

© 2022 г. Александр Викторович Кочнев^{1*}, М. Б. Ригмант^{1**}, М. К. Корх^{1***}

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

* - kochnevav@imp.uran.ru; контактный телефон (343)378-36-10; научный руководитель – М.Б. Ригмант; ** - rigmant@imp.uran.ru; *** - korkhmk@imp.uran.ru

Аустенитные стали часто называют «качественными сталями», так как их используют для изготовления ответственных деталей и узлов установок, где предъявляют высокие требования к коррозионной стойкости, жаропрочности и ударной вязкости. Необходимые эксплуатационные свойства определяются не только химическим, но и фазовым составом: а именно количественным содержанием в металле ферромагнитных фаз – феррита и мартенсита. Однозначное определение вида фазы в готовой детали на данный момент недостаточно исследовано и проработано. Данная проблема требует тщательного исследования и разработки новых методик, а также приборной базы. В ИФМ УрО РАН проводятся работы по созданию средств измерения (приборов) фазового состава при различных сочетаниях ферромагнитных фаз в аустенитных сталях [1].

Цель данной работы – использование структурочувствительных магнитных характеристик для обеспечения фазового контроля и обнаружения мартенсита деформации в аустенитных сталях.

Для этого на установке Remagraph C-500 были получены частные петли магнитного гистерезиса в магнитных полях амплитудой 250–600 А/см с использованием двухфазных образцов из аустенитных сталей. Дополнительно эти измерения были проведены на макете прибора с малогабаритным электромагнитом и дифференциальной катушкой, надетой на один из полюсов. Наибольшую корреляцию с фазовым составом из проанализированных параметров показала максимальная дифференциальная магнитная восприимчивость [2].

Применение описанного выше способа контроля наиболее целесообразно при сравнительно высоких процентных содержаниях фаз феррита и мартенсита в аустенитных сталях. Однако нужно учитывать и возможность наличия малых включений ферромагнитных фаз, так как в определённых отраслях промышленности требуется полная парамагнитность металла. Возможное образование деформационного мартенсита во время эксплуатации, помимо появления ферромагнитных свойств, приводит к снижению коррозионной стойкости и пластичности стали. Поэтому необходимо определять присутствие данной ферромагнитной фазы уже при малых (1–5%) её содержаниях.

Такое исследование было проведено в ИФМ УрО РАН на прокатанных аустенитных образцах с помощью прибора «ФерроКОМПАС», который может работать в двух режимах: измерителя магнитной проницаемости при малом (менее 5%) процентном содержании ферромагнитной фазы, либо ферритометра при их большем количестве. Используя прибор «ФерроКОМПАС» в первом режиме, было установлено, что при наличии мартенсита деформации наблюдается анизотропия относительной магнитной проницаемости в зависимости от положения датчика устройства (табл. 1) [3].

Таблица 1

Результаты измерения относительной магнитной проницаемости после прокатки

| Деформация, % | Содержание мартенсита, % | Относительная магнитная проницаемость μ | |
|---------------|--------------------------|---|-------------------------|
| | | Перпендикулярно направлению прокатки | По направлению прокатки |
| 16 | 1,5 | 1,036 | 1,045 |
| 31 | 4 | 1,267 | 1,283 |
| 55 | 8 | 1,485 | 1,530 |

По итогам работы было установлено:

1) применение комплекса структурочувствительных параметров в средних магнитных полях 250–600 А/см позволило отказаться от использования традиционных методов магнитного контроля с намагничиванием до насыщения и перейти к малогабаритным средствам фазового контроля с возможностью разделения феррита и мартенсита;

2) метод локального анализа магнитных полей прибором «ФерроКОМПАС» в деформированных прокаткой аустенитных образцах при образовании в них мартенсита деформации чувствителен к проявлению анизотропии магнитных свойств. Появление анизотропии относительной магнитной проницаемости может быть использовано для обнаружения мест зарождения и развития дефектов, вызванных образованием мартенсита деформации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Rigmant M.B., Kochnev A.V., Korkh M.K., Sazhina E.Yu.* Assessment of phase composition of corrosion-resistant chromo-nickel steels by magnetic properties // AIP Conference Proceedings. 2019. V. 2174. P. 20052 (6 pp.)
2. *Korkh M.K., Rigmant M.B., Sazhina E.Yu., Kochnev A.V.* Measuring Ferromagnetic Phase Content Based on Magnetic Properties in Two-Phase Chromium–Nickel Steels // Russian journal of nondestructive testing. 2019. V. 55. №11. P. 837 —850.
3. *Rigmant M.B., Kazantseva N.V., Kochnev A.V., Koemets Yu.N., Korkh M.K., Karabanalov M.S.* Revealing Magnetic Anisotropy in Austenitic Chromium–Nickel Steel After Rolling // Russian journal of nondestructive testing. 2021. V. 57. №12. P. 1113 —1119.