



There is experimentally demonstrated sensitivity of the magnetic noise methods to the change of the structure of cast iron articles KCh 30-6 surface coating with an example of radiator nipple. As a result of measuring there is disclosed the increase of magnetic noise in case of presence of decarbonized lay on the surface of detail and/or residual cementite in surface coating; at the increase of pearlite proportion in the near-surface coating there is observed the decrease of magnetic noise.

В. Я. КУЛИК, Институт прикладной физики НАН Беларуси

УДК 629.14/15; 620.179.14/15

О ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МЕТОДА МАГНИТНЫХ ШУМОВ К ИЗМЕНЕНИЮ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЧУГУНА КЧ30-6

Введение

Отклонения от заданной структуры чугуна, возникающие в процессе получения отливок, изменяют их прочностные свойства и последующую обрабатываемость [1]. Изменение требуемой структуры происходит в случае нарушения химического состава шихты, технологии литья или условий термообработки.

Неоднородность структуры приводит, с одной стороны, к ускоренному износу или выходу из строя режущего инструмента, использующегося для последующей механической обработки, а с другой - к увеличению хрупкости готового изделия. Поверхностный слой отливки является наиболее структурно-чувствительным из-за множества физических факторов, влияющих на формирование его структуры. В частности, при неодинаковой скорости охлаждения различных участков поверхности готовой отливки возможно локальное упрочнение поверхностного слоя.

Сказанное в полной мере относится к таким массово-выпускаемым изделиям из чугуна КЧ30-6, как фитинги и радиаторные ниппели, для которых задача неразрушающего контроля структуры поверхностного слоя актуальна и экономически обоснована.

Для получения данных о структурных свойствах ферромагнитных изделий применяют рент-

геновский, ультразвуковой, электромагнитный и магнитный методы неразрушающего контроля [2]. Однако для ускоренного контроля в условиях поточных производств, когда оценка изделия должна выполняться за время не более нескольких секунд, эти методы пока не нашли широкого применения по различным, главным образом экономическим, причинам. В то же время метод магнитных шумов (ММШ), основанный на магнитном эффекте Баркгаузена, обладает высокой чувствительностью к изменению структуры и напряжений в ферромагнитных сталях [2], относительно прост в проведении измерений и обеспечивает необходимую оперативность.

Цель настоящей работы - экспериментальное исследование чувствительности метода магнитных шумов к изменению структуры приповерхностного слоя детали из чугуна КЧ30-6 на примере ниппеля радиатора.

Описание объекта и методики исследования

Для установления чувствительности ММШ были проведены предварительные исследования на образцах ниппеля с искусственно созданными структурными изменениями поверхностного слоя.

Были исследованы три партии, по пять штук в каждой, отливок ниппеля 1 1/4 КЧ30-6 ГОСТ 1215-79 ($\sigma_b \geq 294$ МПа, $\delta \geq 6\%$, 100-163 НВ) с химическим составом, приведенным ниже.

Состав, %					
C	S	Mn	Cr	Si	Fe
3,08	0,10	0,60	0,07	1,58	Остальное

Для создания структурных изменений в приповерхностном слое отливки первой и второй партий подвергали отжигу в томильном горшке при наличии на дне горшка мелкой фракции кокса объемом около 5 дм³. При этом отливки первой партии располагали на дне томильного горшка, а второй - в центре. Там же находились образцы-свидетели для механических испытаний.

Отливки третьей партии отжигали при температуре 1030 °С по стандартной технологии. После отжига были проведены металлографические исследования шлифов разрезанных отливок и механические испытания образцов-свидетелей (данные предоставлены Л. З. Писаренко, ОАО «МЗОО»).

Для сравнительной оценки чувствительности ММШ на образцах из каждой партии были

получены распределения уровня магнитного шума (МШ) по внешней цилиндрической поверхности отливок. Измерения уровня МШ проводили в восьми точках (позициях датчика) с помощью прибора РМША (Институт прикладной физики НАН Беларуси), измеряющего МШ в приповерхностной зоне [3]. Так как уровень магнитного шума зависит от структуры материала в зоне измерения (содержания перлита, феррита, цементита и др.), он может служить информативным параметром изменения структуры поверхностного слоя.

Аналогичным образом исследовали отливки после токарного снятия (обточки) поверхностного слоя толщиной порядка 0,8-1,0 мм. Было также проведено сопоставление данных измерения отливки ниппеля двумя методами: ММШ и методом, основанным на измерении остаточной намагниченности.

Результаты проведенных исследований

На рис. 1 приведены диаграммы показаний прибора РМША в восьми точках цилиндрической поверхности ниппеля для образцов из каждой партии при режиме измерения: ток — 100 мА, частота — 125 Гц, частота селекции — 70 кГц. Из рисунка следует, что значения магнитного шума в различных точках поверхности отличаются. Усредненное по всем измеренным точкам показание для образца 1 равно 59,8, что существенно больше, чем для образцов 2 и 3 (18,3 и 16,5 соответственно). Показания для образцов 3 и 2 практически не отличаются. Это подтверждается дополнительными измерениями (рис. 2) при другом режиме измерения (ток — 170 мА, частота — 125 Гц, частота анализа — 80 кГц), обеспечивающем получение сигнала от поверхностного слоя большей толщины.

Металлографические исследования показали, что образцы всех партий имели одинаковую структуру центральной зоны шлифа (50% феррит + 50% перлит) с включениями хлопьевидного графита, но отличались наличием и толщиной обезуглероженного слоя и перлитной каймы в поверхностном слое. Образцы первой партии имели выраженный поверхностный обезуглероженный слой толщиной 0,25 мм и далее в глубину перлитную кайму около 0,5 мм, образцы второй партии — обезуглероженный слой толщиной 0,1 мм и перлитную кайму около 0,25 мм, образцы третьей партии — обезуглероженный слой 0,06-0,07 мм без перлитной каймы.

По механическим свойствам отливки третьей партии в среднем оказались более пластичны и менее прочны ($\sigma_b = 339$ МПа, $\delta = 8,9\%$), чем образцы первой партии ($\sigma_b = 360$ МПа, $\delta = 6,4\%$), в которой наблюдался рост твердости поверхности на 40–50 НВ.

Сопоставление результатов распределений магнитного шума в точках поверхности и металло-



Рис. 1. Диаграммы показаний прибора РМША в точках цилиндрической поверхности отливок ниппеля для образцов с различной структурой поверхностного слоя

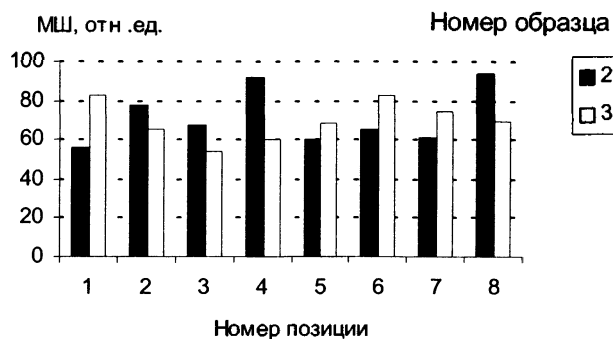


Рис. 2. Показания прибора РМША для образцов второй и третьей партий при режиме измерения, обеспечивающем получение сигнала от поверхностного слоя большей толщины

графических исследований показывает, что имеется чувствительность магнитного шума к состоянию структуры поверхностного слоя чугуна как в среднем по поверхности, так и локально. Рост толщины обезуглероженного слоя согласуется с увеличением магнитного шума.

С целью выяснения влияния на значение магнитного шума наличия перлита (перлитной каймы) в поверхностном слое четыре стандартные отливки 10–40 были обточены и проведены замеры МШ по поверхности. Результаты измерений приведены на рис. 3, где нулевому значению МШ соответствует показание РМША, равное –80. Затем были проведены металлографические исследования на шлифах. Разрезы выполняли по плоскости, соединяющей позиции (точки) 3 и 7. На рис. 4 показаны компьютерные фотографии шлифов для образцов 10 и 40.

Образец 10 характеризуется ферритной структурой как в центре шлифов, так и на краю; образец 40 имеет ферритно-перлитную структуру, причем в точке 7 на краю наблюдается перлитная кайма толщиной около 0,5 мм.

Из сопоставления данных на рис. 3 и 4 следует, что наличие перлита в поверхностном слое обточенных отливок приводит к уменьшению уровня МШ.

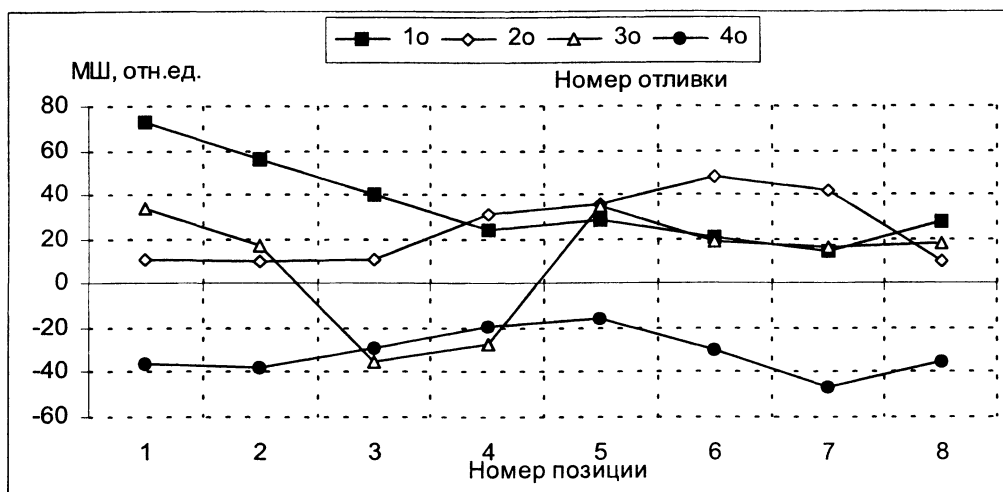


Рис. 3. Показания прибора РМША в точках цилиндрической поверхности образцов отбеченных отливок ниппеля

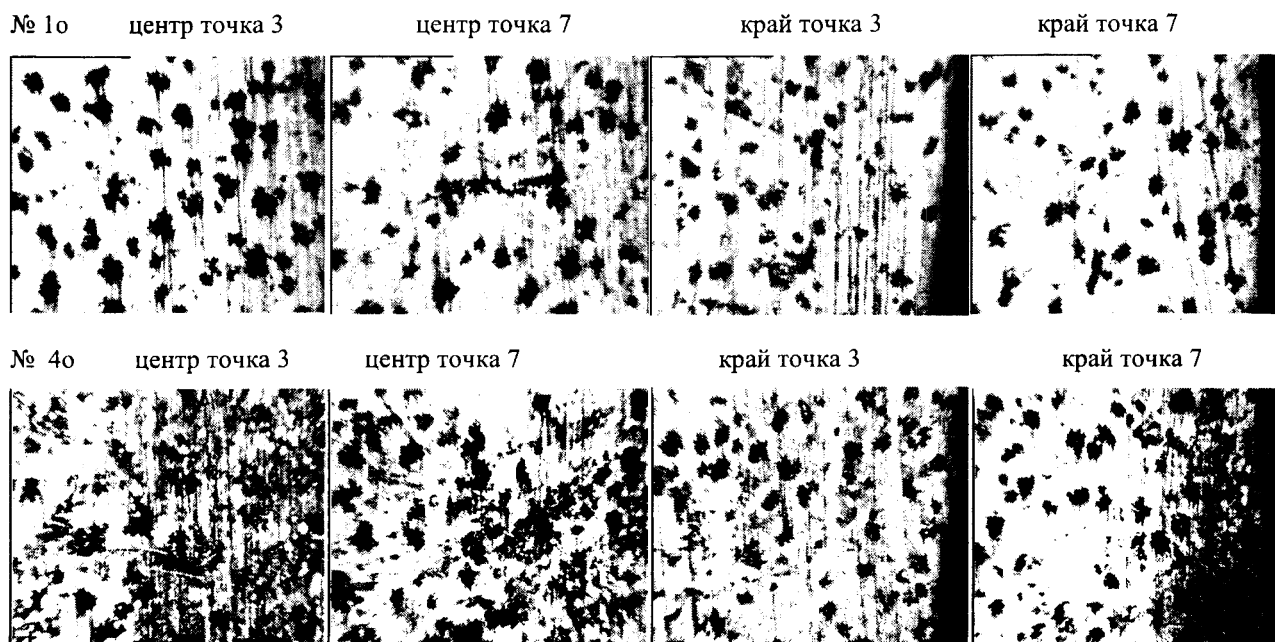


Рис. 4. Компьютерные фотографии шлифов, соответствующих точкам 3 и 7 при измерении МШ (см. рис. 3) образцов отбеченных отливок ниппеля 1o и 4o

Для оценки качества литья ниппелей радиатора на ОАО «Минский завод отопительного оборудования» используется прибор МАКСИ (ИПФ НАН Беларуси), измеряющий в относительных единицах остаточную намагниченность отливки ниппеля после ее предварительного намагничивания [4]. Обоиими методами (приборами РМША и МАКСИ) было исследовано семь образцов с целью сравнения чувствительности методов к изменению структуры поверхностного слоя (рис. 5, 6).

Нулевому уровню магнитного шума соответствует показание РМША, равное -94. На рис. 5 показаны значения РМША в точках поверхности каждой отливки ниппеля, на рис. 6 – усредненные значения РМША по всем измеренным точкам отливки ниппеля и соответствующие значения прибора МАКСИ.

Были выполнены металлографические исследования поверхностного слоя некоторых отливок, аналогичные приведенным выше. Шлифы отливки 5 в точках 3 и 7 показали наличие в поверхностном слое остаточного цементита, что явилось причиной высокого уровня МШ. В шлифе отливки 6, соответствующем точке 3, выявлено наличие обезуглероженного слоя, перлитной каймы и крупных зерен углерода отжига, что в совокупности также дало увеличенное значение МШ. В шлифе отливки 3, соответствующем точке 3, наблюдается преобладание феррита с включениями углерода отжига, а в шлифе, соответствующем точке 7, – преобладание перлита, в связи с чем уровни МШ в указанных точках существенно отличаются. Это говорит о высокой чувствительности показаний РМША к локальным изменениям структуры поверхностного слоя отливки.

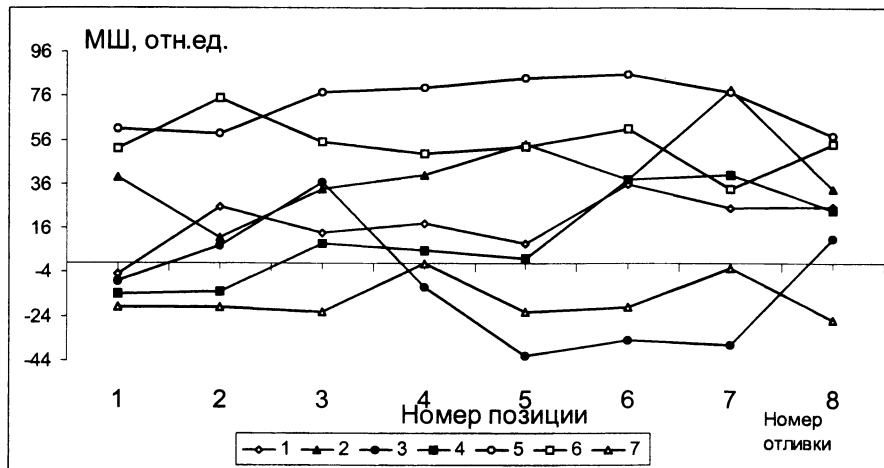


Рис. 5. Показания прибора РМША в точках цилиндрической поверхности образцов обточенных отливок ниппеля

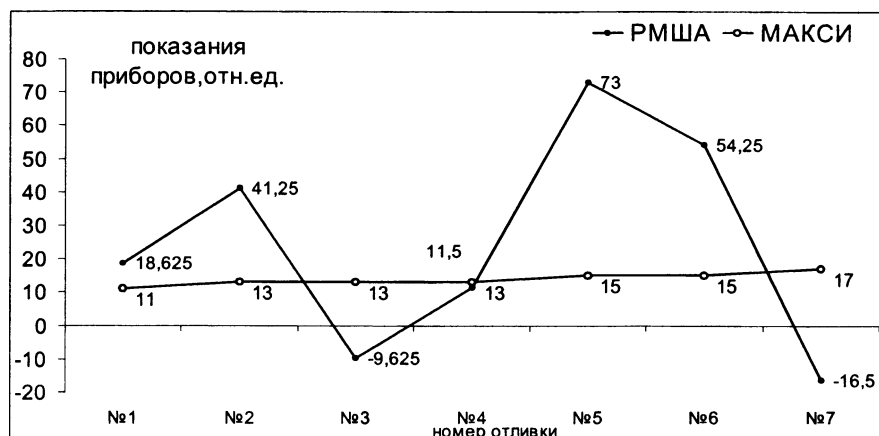


Рис. 6. Усредненные по точкам поверхности значения магнитного шума (РМША) образцов с известными значениями остаточной намагниченности (МАКСИ)

На основании приведенных на рис. 5 графиков можно допустить, что для образцов 5–7 структура поверхностного слоя приблизительно одинакова во всех точках образца, но отличается от образца к образцу, судя по усредненным значениям, приведенным на рис. 6. Для образцов 2–4 структура поверхностного слоя, напротив, изменяется от точки к точке. Образцы 2–4 с одинаковым значением МАКСИ, равным 13, отличаются как усредненной магнитношумовой характеристикой поверхностного слоя, так и распределением значений магнитного шума в точках поверхности. Это говорит о практической нечувствительности показаний МАКСИ к локальным изменениям структуры поверхностного слоя отливки.

Таким образом, анализ рис. 5 и 6 позволяет заключить, что для оценки структуры поверхностного слоя отливок из чугуна КЧ30-6 с локальными неоднородностями чувствительность метода МШ выше, чем метода остаточной намагниченности. Это вытекает из принципиальной разницы методов измерения, положенных в основу функционирования приборов: МАКСИ измеряет остаточную намагниченность всей отливки, т. е. ее

интегральную (по всему объему) характеристику, РМША - магнитный шум поверхностного слоя отливки в месте установки датчика, т. е. ее локальную характеристику.

Выводы

Проведенные исследования показали, что:

- метод магнитных шумов обладает чувствительностью к изменению структуры поверхностного слоя изделий из чугуна КЧ30-6;
- поверхностный слой отливки может включать в себя обезуглероженный слой, ферритно-перлитную кайму, остаточный цементит, углерод отжига, графит;
- в зонах поверхности, где есть обезуглероженный слой, значение уровня магнитного шума возрастает по сравнению с зонами, где он отсутствует, причем чем больше толщина слоя, тем выше значение магнитного шума; то же самое характерно для остаточного цементита;
- глубина ферритно-перлитной каймы может достигать 1,5 мм и больше; увеличение толщины перлитной каймы или содержания перлита в ферритно-перлитной структуре уменьшает значение уровня магнитного шума по сравнению с зонами без таких структурных изменений;

- структура поверхностного слоя отливки является сложной для распознавания, так как вклады ее составляющих в уровень магнитного шума имеют разные знаки;

- метод магнитных шумов решает задачу неразрушающего контроля структуры поверхностного слоя изделий из чугуна КЧ30-6 при введении технологической операции удаления обезуглероженного слоя с поверхности отливки, например путем механической обточки.

Автор благодарит руководство и работников ОАО «Минский завод отопительного оборудования» И. В. Котлярова и Л. З. Писаренко за

всестороннюю помощь в подготовке материалов статьи.

Литература

1. Шевчук Л. А. Структура и свойства чугуна. Мн.: Наука и техника, 1978.
2. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий: Справ. В 2 кн. Кн. 2. М.: Машиностроение, 1986. С. 78–79.
3. Венгринович В. Л., Бусько В. Н. Применение метода магнитных шумов для структуроскопии сталей // Весті АН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. 1994. № 1. С. 33–37.
4. Сандомирский С. Г. Магнитный контроль физико-механических свойств изделий массового производства в движении // Дефектоскопия. 1996. № 7. С. 25–44.

Журнал БелОЛИМ “ЛИТЬЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ” для резидентов РБ ПОДПИСНОЙ КУПОН НА 2003 год

НАШ АДРЕС И БАНКОВСКИЕ РЕКВИЗИТЫ:

Беларусь, 220073, г. Минск,
ул. Тимирязева, 29.

ОДО “Интерфаундри”

Тел.: (017) 223-09-63;

факс: (017) 254-09-19

Р/с 3012007150010 Фрунзенское
отд. ОАО Белпромстройбанка
г. Минска, код 358

УНН 101205300

ОКПО 37441472

Просим оформить подписку на 2003 г.

Стоимость подписки (включая НДС) 50 000 рублей.

Организация _____

Почтовый адрес _____

тел. _____

Факс _____

Кол-во экземпляров по подписке на 2003 г.

Для оформления подписки переведите соответствующую сумму на расчетный счет получателя и направьте заполненный купон вместе с копией платежного поручения по указанному выше адресу.