



The magnetic analyzer of production structure quality (MAXI-P) is created and applied in industry at OAO "MZOO".

The result of measuring is compared with the previously established usability ranges. By the result is comparison the signal of actuating mechanism operating is formed for separation of articles for non-defective and defective. The interconnection of ferrite contents in foundry goods and instrumentation indications of MAXI-P is established.

С. Г. САНДОМИРСКИЙ, Институт надежности машин НАН Беларуси,
Л. З. ПИСАРЕНКО, С. Ф. ЛУКАШЕВИЧ, ОАО "МЗОО"

УДК 621.74

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИБОРОВ МАКСИ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ СТРУКТУРЫ ОТЛИВОК ИЗ КОВКОГО И ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНОВ МАГНИТНЫМ МЕТОДОМ

Чугун – один из наиболее используемых технологических материалов. Его преимуществами являются простой и относительно дешевый процесс получения отливок сложной формы и хорошая обрабатываемость резанием. В наибольшей степени хорошая обрабатываемость резанием свойственна ковкому чугуну, получаемому из белого чугуна путем длительного отжига по особому режиму, в результате чего цементит в чугуне полностью распадается на феррит и графит и структура белого чугуна становится близкой к структуре серого чугуна [1]. Но в отличие от обычного серого чугуна графитные образования в ковком чугуне приобретают компактную, почти равноосную, но не округлую форму. На процесс графитизации оказывает влияние много факторов и ее механизм в настоящее время до конца не выяснен.

Благодаря хорошей обрабатываемости резанием, компенсирующей удорожание производства, связанное с длительным отжигом, на Минском заводе отопительного оборудования (МЗОО) выпускается в сутки до 50 тыс. отливок изделий типа "ниппель 1¼" из ковкого чугуна КЧ30-6. Процесс изготовления заключается в выплавке чугуна из литейного или передельного чугуна с добавкой стального лома, заливке расплава в формы, предварительной очистке в галтовочных барабанах, обработке на обточных станках. Отливка представляет собой литую чугунную трубку наружным диаметром 43,2 – 43,7 мм, внутренним диаметром 32,2 – 31,7 мм, длиной 30 ± 1 мм с технологическими приливами на внутренней поверхности, предназначенную для нарезки левой и правой резьбы на наружной поверхности. Нарезка наружной резьбы на станках-автоматах предъявляет повышенные требования соответствия структуры отливки структуре ковкого чугуна. Нарушения структуры, возникающие из-за возможных отклонений химического состава, режимов выплавки и термообработки, приводят к повышению твердости заготовок. Заготовки с повышен-

ной твердостью, попадая на механическую обработку, вызывают выход из строя режущего инструмента и несоответствие параметров нарезанной резьбы, заложенным в технологии производства, конструкционным требованиям. Непосредственное измерение общепризнанной характеристики полноты отжига ковкого чугуна (твердости по Бринелю (НВ)) невозможно на малогабаритных тонкостенных отливках, непроизводительно и не всегда с достаточной достоверностью характеризует обрабатываемость отливок. Необходим контроль соответствия структуры отливок структуре ковкого чугуна до поступления их на механическую обработку.

Возможность магнитного контроля структуры чугунных отливок основана на различии магнитных свойств (прежде всего коэрцитивной силы H_c) чугунов с различной структурой [2]. При контроле массовых партий чугунных отливок необходимо применять высокопроизводительные приборы [3], основанные на измерении остаточной намагниченности J_d (остаточного магнитного потока Φ_d) контролируемых изделий в процессе их движения. Анализ формирования J_d изделий после намагничивания до насыщения [4] позволил установить условия, когда параметр J_d пропорционален H_c . Особенностью отливок изделий типа "ниппель 1¼" является большой размагничивающий фактор, не позволяющий довести материал отливки до насыщения при намагничивании в разомкнутой магнитной цепи разработанных приборов. Исследования, проведенные в [5, 6], позволили установить режимы намагничивания, при которых контроль может быть осуществлен по J_d (Φ_d) при намагничивании в разомкнутой магнитной цепи в процессе движения. Сохранение высокой чувствительности к качеству отжига отливок при таком контроле подтверждается и экспериментальными результатами, приведенными в [7]. Учитывая размеры и форму отливок изделий типа "ниппель 1¼", оптимальным для контроля является

прибор “Магнитный анализатор качества структуры изделий МАКСИ-П (портативный)” [3], который и используется для этой цели на ОАО “МЗОО”.

Прибор МАКСИ-П предназначен для контроля тел качения и изделий, намагничиваемых перпендикулярно направлению движения. Отличается малогабаритными размерами и массой, удобством включения в действующие технологические циклы производства изделий, повышенной надежностью от заклинивания изделий в преобразователе. Принцип действия прибора заключается в бесконтактном намагничивании контролируемого изделия в открытой магнитной цепи при его свободном падении сквозь область с намагничивающим полем постоянной напряженности H_m и измерении величины Φ_d остаточного магнитного потока в изделии при его движении сквозь область, где намагничивающее поле скомпенсировано. Намагничивание осуществляется в стационарном поле двухполюсной магнитной системы напряженностью около 60 кА/м. Направление намагничивающего поля перпендикулярно направлению движения изделия. При своем дальнейшем движении намагниченное изделие индуцирует в измерительном преобразователе специальной конструкции сигнал, вольт-секундная площадь положительной полуволны которого измеряется (мкВб) и индуцируется на двухразрядном цифровом табло прибора. Результат измерения сравнивается с предварительно установленными пределами годности изделия по измеряемому параметру. По результату сравнения формируются сигналы для управления исполнительным механизмом, который производит сортировку изделий на годные и брак с производительностью до двух изделий в секунду.

Модифицированный вариант прибора МАКСИ-ПМ позволяет осуществлять разбраковку отливок по трем группам обрабатываемости: окончательный брак (не обрабатываемые), годные (для обработки на обычных режимах резания) и условно годные (для обработки на пониженных скоростях резания) по результату автоматического сравнения результатов измерения параметра Φ_d с предварительно установленными порогами годности.

Задачей исследования было проведение анализа микроструктур отливок с различными показаниями прибора МАКСИ-ПМ и определение на этой основе порогов показаний прибора для разбраковки необточенных отливок ниппелей на три группы по обрабатываемости [8].

Для проведения металлографических исследований по показаниям прибора МАКСИ-ПМ было отобрано 17 отливок “ниппель 1¼” из ковкого чугуна КЧ30-6, прошедших полный технологический цикл выплавки и термической обработки. При этом показания прибора отобранных отливок охватывали практически весь возможный диапазон их изменения. Химический состав отливок исследован по стандартной методике в химической лаборатории Минского завода отопительного оборудования. Металлографические исследования выполнены с использованием металлографического микроскопа МЕТАМ РВ 21 при 100-кратном увеличении и цифровой видеокамеры, подключенной к компьютеру. Содержание ферритной фазы на металлограммах определено по эталонам микроструктур в соответствии с [9].

Результаты исследования химического состава и микроструктуры отливок, имеющих различные значения показаний прибора МАКСИ-ПМ, приведены в таблице.

Показания прибора МАКСИ-ПМ, мкВб	Содержание химических элементов, %					Характеристика структуры	
	C	Si	Mn	S	Cr	в центре	у кромки
4	3,10	1,71	0,65	0,12	0,07	100% Ф	
6	2,87	1,36	0,60	0,12	0,07	100% Ф	80% Ф+Ц, о.с. нет
11	3,0	1,12	0,65	0,11	0,07	90% Ф + П	
13	3,00	1,15	0,65	0,11	0,07	80% Ф + П	60% Ф+Ц, о.с. нет
15	3,03	1,12	0,65	0,11	0,07	70% Ф + П	
17	3,05	1,40	0,65	0,10	0,07	60% Ф + П	
18	2,90	1,12	0,45	0,12	0,2	50% Ф + П	
19	2,90	1,30	0,50	0,1	0,07	40% Ф + П	40% Ф+Ц, о.с. нет
25	2,42	1,40	0,45	0,12	0,1	10% Ф + П	
27	2,82	1,04	0,70	0,11	0,2	5% Ф + П	О.с. + П
29	2,80	1,08	0,60	0,11	0,2	100% П	
31	2,42	1,12	0,60	0,10	0,2	100% П + остаточный Ц	
33	2,50	1,02	0,60	0,11	0,07	П + Ц	О.с. + П
35	2,73	0,71	0,40	0,10	0,07	П + Ц	о.с. + П + Ц
37	3,00	1,40	0,50	0,10	0,07	П + Ц	о.с. + П + Ц
39	2,80	1,40	0,65	0,12	0,1	П + Ц	П + Ц
90	2,95	1,21	2,0	0,11	0,1	П + Ц	П + Ц

Примечание. Ф – феррит, П – перлит, Ц – цементит, о.с. – обезуглероженный слой.

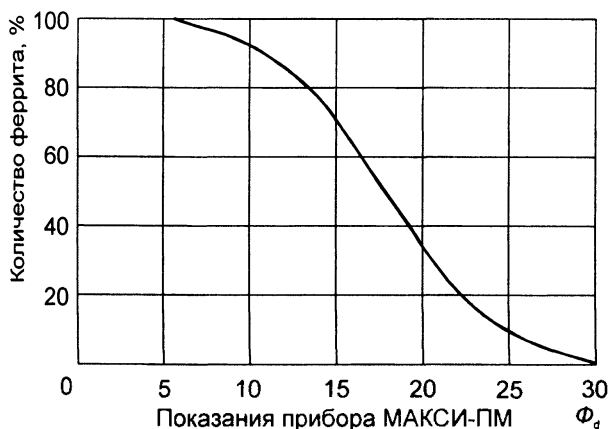
Из таблицы следует, что значениям 4 – 13 показаний прибора МАКСИ-ПМ соответствует наиболее благоприятная для механической обработки структура отливок – от 100 до 80% феррита. При этом в отливках отсутствует перлитная кайма и обрабатываемость отливок наилучшая.

При показаниях прибора 14–19 в структуре появляется от 20 до 60% перлита. Обрабатываемость таких отливок удовлетворительная, потому что перлитная кайма еще не четко выражена и содержит значительное количество зерен феррита (ферритно-перлитная смесь).

Хотя данных по микроструктуре отливок в диапазоне показаний прибора 20 – 24 нет, экстраполируя по их граничным показаниям 19 и 25 с учетом тенденции изменения микроструктуры, можно считать, что в этом диапазоне показаний прибора в отливках присутствует обезуглероженный слой, преобладает перлитная структура (60–90% П) и такие отливки имеют плотную перлитную кайму, ухудшающую обрабатываемость. Хотя при механической обработке этих отливок на обычных режимах резания и не происходит поломки режущего инструмента, часты случаи, когда у обработанных деталей не выдерживаются калибровочные размеры. Этого не происходит при перенастройке станков-автоматов на работу при пониженных скоростях резания.

Структура отливок, имеющих показания прибора более 25, содержит, кроме перлита, включения остаточного первичного и вторичного цементита. Эти отливки, как правило, имеют повышенное (> 0,1%) содержание хрома (образцы с показаниями 18, 25, 27, 29, 31, 39, 90), высокое содержание (~ 2%) марганца (образец с показаниями 90) или низкое содержание углерода (образцы с показаниями 19, 25, 31, 33).

На рисунке приведена взаимосвязь между содержанием феррита в отливках “ниппель 1/4” из ковкого чугуна КЧ30-6 и показаниями прибора МАКСИ-ПМ при контроле этих отливок.



Зависимость показаний прибора МАКСИ-ПМ от количества феррита в микроструктуре отливок “ниппель 1/4”

Полученные результаты показывают наличие устойчивой взаимосвязи показаний прибора МАКСИ-ПМ с микроструктурой исследованных отливок. Определены пороги показаний прибора МАКСИ-ПМ для разбраковки необточенных отливок изделий типа “ниппель 1/4” по обрабатываемости: до 17 мкВб – годные для обработки на обычных режимах резания; от 18 до 25 мкВб – годные для обработки на пониженных скоростях резания; свыше 25 мкВб – окончательный брак (не обрабатываемые).

Проведенный анализ показал также, что основной причиной неудовлетворительной обрабатываемости является получение в отливках аномальных для ковкого чугуна структур – обезуглероженного слоя, перлита, цементита. В ряде случаев (образцы с показаниями 25, 27, 29, 31, 33, 35, 90) отклонения в микроструктуре образцов от ферритной могут быть объяснены отклонениями в химическом составе отливок. В остальных случаях отмеченные отклонения в микроструктуре при имеющемся нормальном химическом составе могут быть объяснены нарушениями в режимах литья и термообработки отливок. Так, все отливки, начиная с образца с показаниями 13, имеют увеличивающееся количество аномальных структур перлита, цементита при удовлетворительном химическом составе. Причиной этого могут быть отклонения из-за ускоренного охлаждения на второй стадии отжига, а также недостаток центров кристаллизации углерода.

На ОАО “МЗОО” были проведены работы также по получению ниппелей радиаторов из высокопрочного чугуна с использованием чугуна ваграночной плавки без термообработки [10]. Чугун выплавляли в вагранке с холодным дутьем со стационарным копильником, температура чугуна на желобе 1390–1420 °С. В первой плавке шихта состояла из 70 % передельного чугуна, 30 % возврата с добавкой ФС45 (для получения в исходном чугуне 2,4–2,5 % Si) и 0,3 % Mn. Во второй плавке для получения ферритной структуры использовали 100 % передельного чугуна с 0,14 % Mn, а 2,8–3,0 % Si также обеспечивали вводом ФС45. Сфероидизирующую обработку проводили лигатурой VL63(М) самой мелкой фракции и графитизирующим модификатором SB5 фирмы SKW-Gisserel (Германия). Использование ковша закрытого типа позволило получить ЧШГ с расходом 1,6–1,8 % модификатора.

Механическая обработка показала удовлетворительную обрабатываемость отливок опытных партий при обточке. Однако при нарезке резьбы были получены нестабильные результаты. Часть отливок удовлетворяла требованиям обрабатываемости и размерной точности, часть ломалась в процессе нарезания резьбы из-за низких механических свойств и повышенной хрупкости. Проведенные металлографические исследования

показали, что повышенная хрупкость наблюдалась у отливок со структурой серого чугуна — количество таких отливок в первой и второй плавках составило соответственно 21,4 и 4,4 %. Другая часть отливок не обрабатывалась из-за отбела на кромках, а у некоторых обработанных отливок не проходили размеры по калибрам (при обработке отливок с твердостью выше 229 НВ — во второй плавке таких отливок было 23,1 %).

Необходимость предварительной классификации отливок по твердости, отбраковки отливок со структурой серого и отбеленного чугуна обусловили целесообразность проведения исследований по их магнитной сортировке. Физической предпосылкой возможности такой сортировки, как и при сортировке отливок из ковкого чугуна, является различие магнитных свойств (прежде всего коэрцитивной силы) серого и высокопрочного чугунов [3], влияние изменений структуры на магнитные свойства высокопрочного чугуна.

Предварительную магнитную сортировку отливок перед механической обработкой проводили на приборе МАКСИ-П. Порог разбраковки был установлен на уровне 18 мкВб, что позволяло отбраковывать как отливки со структурой серого чугуна, так и отливки из высокопрочного чугуна с повышенной твердостью, обусловленной наличием отбеленного слоя. На приборе провели разбраковку 3000 отливок. Все отливки, годные по показаниям прибора, успешно прошли механическую обработку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бунин К. П., Таран Ю. Н. Строение чугуна. М.: Металлургия, 1972.
2. Горкунов Э. С., Сомова В. М., Ничипурук А. П. Магнитные свойства и методы контроля структуры и прочностных характеристик чугунных изделий (Обзор)// Дефектоскопия. 1994. №10. С. 54–82.
3. Сандомирский С. Г. Магнитный контроль физико-механических свойств изделий массового производства в движении (Обзор)// Дефектоскопия. 1996. №7. С. 24–46.
4. Сандомирский С. Г. Чувствительность остаточной намагниченности ферромагнитных изделий к магнитным характеристикам их материалов и геометрическим параметрам // Дефектоскопия. 1990. №12. С. 53–59.
5. Сандомирский С. Г. Остаточная намагниченность ферромагнитного тела, намагниченного в открытой магнитной цепи // Дефектоскопия. 1997. №8. С. 50–59.
6. Сандомирский С. Г. Изменение чувствительности магнитного метода контроля физико-механических свойств сталей при намагничивании изделий в разомкнутой магнитной цепи (ограничения возможностей метода)// Дефектоскопия. 1998. №7. С. 72–81.
7. Сандомирский С. Г. Анализ метода контроля движущихся ферромагнитных изделий по коэрцитивной силе// Дефектоскопия. 1991. №6. С. 27–34.
8. Писаренко Л. З., Сандомирский С. Г., Лукашевич С. Ф. Количественный анализ взаимосвязи микро-структуры и магнитных свойств изделий типа “нипель 1¼” из ковкого чугуна КЧ 30-6// Дефектоскопия. 2002. №4. С. 18–24.
9. ГОСТ 3443-87. Методы определения структуры 1990.
10. Писаренко Л. З., Сандомирский С. Г., Лукашевич С. Ф. Обрабатываемость мелких отливок из ЧШГ// Литейное производство. 2000. №12. С.10.



02.05-14Г.104. Применение технологии непрерывной разливки с высокой скоростью на двоярном кристаллизаторе фирмы Ispat Unimetal. Application of diamond high-speed casting technology at ispat unimetal.

Noblot Alain, Sutter Pierre, Wimmer Franz, Frauenhuber Klaus, Gould Lawrence. MPT Int. 2001. 24, №1, с. 66–68, 70. Англ.

Для повышения производительности шестиручьевого установок для отливки заготовок сечением 155x155 мм из углеродистой, в том числе легко обрабатываемой резанием стали, на заводе французской фирмы в Гандранже применили двоярный кристаллизатор с параболической (нарастающей) конусностью, требующей увеличения толщины стенок кристаллизатора в нижней его части. Снижение степени пораженности заготовок усадочными дефектами при увеличении скорости разливки с 2,15 до 3,0 м/мин позволило (после оснащения двоярными кристаллизаторами всех ручьев установки) увеличить производство заготовок почти на 900 тыс. т/год. В настоящее время для работы этим методом австрийская фирма VAI перестроила 15 установок на четырех континентах. Ил. 6. Табл. 3 Библ. 3.

02.04-14Г.42. О механизме образования “белых пятен” — дефектов слитков вакуумного дугового переплава.

Швед Ф. И., Производство стали и феррослагов. Теория и практика: Юбил. сб. науч. тр. ОАО “Науч.-исслед. ин-т металлургии”, Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1998, С. 40–46, 233. Табл. 1, Библ. 11. Рус.

Предпринята попытка описать механизм образования обедненных примесями дефектов в слитках жаропрочных сплавов, получаемых методом вакуумного дугового переплава. Новое объяснение включает падение в жидкую ванну твердых частиц сплава, не обязательно отличающихся по составу от основного металла. Нерасплавленные остатки этих частиц, сохранившиеся на пути в нижнюю часть ванны, служат подложкой для равновесного процесса обмена атомами между жидкой и твердой фазами, который ведет к избирательному обеднению примесями на границе раздела фаз. Размер формирующихся при этом новых частиц измененного состава зависит от продолжительности контакта твердой и жидкой фаз.