

УДК 534.2; 179.16.05

ОБ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ И ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧУГУНОВ

Баев А.Р.¹, Бабук Е.П.², Майоров А.Л.¹, Асадчая М.В.¹, Левкович Н.В.¹

¹Институт прикладной физики НАН Беларуси

²ОАО "Минский автомобильный завод"

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Работа посвящена расширению технических возможностей и повышению эффективности контроля физико-механических свойств чугунов (ЧГ), включая твердость по Бринеллю B_r , временное сопротивление σ и др., где в качестве коррелирующих с ними параметров использованы скорости продольной (L), поперечной (T) и поверхностной (R) моды, а также амплитудно-угловые характеристики отраженных или вводимых в металл для прохождения по нему подповерхностных мод. Объектом исследований служили образцы марок СЧ (10–25) и ВЧ 50 с варьируемым содержанием перлитной фазы в диапазоне $Q, \% = 20–80$. Проведенные на рабочей частоте 5 МГц измерения позволили определить коэффициенты Пуассона и модуля Юнга, а также сопоставить с данными по B_r и σ . Проведены исследования по использованию для структуроскопии ЧГ в качестве дополнительного магнитного способа, основанного на измерении остаточного поля H_n и дано заключение о применимости предложенных методик для контроля структуры чугунов.

Ключевые слова: чугун, физико-механические и акустические свойства, ультразвуковой и комбинированный контроль.

ON THE ACOUSTIC PROPERTIES OF CAST IRONS AND THE INCREASE OF THEIR PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES TESTING

Baev A.¹, Babuk E.², Mayorov A.¹, Asadchaya M.¹, Levkovich N.¹

The Institute of Applied Physics NAS of Belarus

OJSC "Minsk Automobile Plant"

Minsk, Republic of Belarus

Abstract. This work is devoted to extending the technical capabilities and enhancing the efficiency of control of physico-mechanical properties of cast iron (CI), including Brinell hardness B_r , time resistance σ , etc., where the velocities of longitudinal (L), transverse (T) and surface (R) modes and also the amplitude-angle characteristics of reflected or transmit into the metal to pass through it subsurface modes are used as correlating parameters. The object of studies were samples of grey CI – 15, 20, 25 and ductile CI50 with varying content of pearlite phase varying from $Q = 20$ up to 80 %. Carried out at a working frequency of 5 MHz measurements have allowed to define Poisson's coefficients and Young's modulus, and also to compare with data on B_r and σ . Studies of the of the additional method using based on measurements of the residual field H_n for structure control have been carried out and a conclusion about the applicability of the suggested methods for controlling the structure of cast irons has been given.

Keywords: gray and high-strength cast iron, physical and mechanical properties, ultrasonic and magnetic control, ultrasonic velocity, Poisson's coefficient.

Адрес для переписки: Баев А.Р., ул. Академическая, 16, Минск 220072, Республика Беларусь
e-mail: baev@iaph.bas-net.by

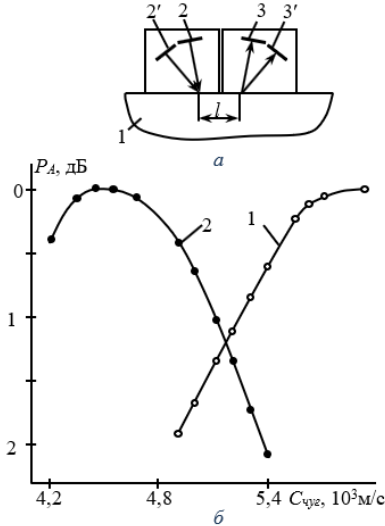
Ультразвуковые методы контроля благодаря тесной корреляционной связи акустических характеристик с физико-механическими свойствами чугунов (ЧГ), автономности и компактности приборов и др. перспективны как при производстве ЧГ изделий, так и эксплуатации [1, 2]. С целью дальнейшего повышения достоверности и расширения возможностей контроля объектов ЧГ разных конфигураций и степени обработки их поверхности, проведены исследования акустических свойств образцов серого чугуна (СЧ15, СЧ20, СЧ25), КВЧ35 и ВЧ50 с содержанием перлита в основе $Q, \% = 20–80$. Исследования направлены, прежде всего, на сопоставление данных по скорости $C_{L,T,R}$ продольных (L), поперечных (T) и поверхностных (R) волн, с временным сопротивлением чугунов σ и их твердостью B_r , где динамический модуль

Юнга E и коэффициент Пуассона μ связаны соотношением: $C_{L,T,R} = (E/\rho) - 1/2f(\mu)L,T,R$.

Предлагаются и исследуются также другие акустические способы структуроскопии ЧГ. Они основаны на определении $C_{L,T,R}$ косвенным способом – по углу экстремума амплитудно-угловых характеристик $A(\beta)$, при отражении луча УЗК от поверхности объекта, а также максимуму амплитуды подповерхностных или поверхностных волн, возбуждаемых при $\beta_{L,T,R} = \arcsin(C1/C_{L,T,R})$.

Для ускорения процесса контроля марок ЧГ предлагается схема (рис. 1), основанная на одновременном измерении и сравнении амплитуд прошедших через объект подповерхностных (A_L и A_T) мод, настройка которых реализуется по образцу свидетелю. Исходя из изменения параметра $\delta = A_L/A_T$, судят о структуре ЧГ.

Для нивелирования влияния на акустический тракт ряда паразитных факторов, вызванных качеством акустического контакта и различия в ослаблении структурой ЧГ зондирующих волн точку выхода акустического луча ПЭП устанавливаются в единую. Выбор рабочей частоты f определяется структурой и затуханием под-поверхностных волн в металле. В ряде случаев рекомендуется ее величину для возбуждаемой в образце T моды уменьшить практически в 2 раза по сравнению с L модой чтобы нивелировать разницу их длин волн.



1 – объект; 2, 2' – излучающий преобразователь; 3, 3' – приемные преобразователи; угол призмы $\beta = 27^\circ$ (1); 37° (2)

Рисунок 1 – Измерительное компенсационное устройство для отбраковки серого чугуна от высокопрочного по результатам измерения скорости звука (а) и зависимости амплитуды возбуждаемой ПВ от скорости звука в чугуне (б)

Проведена также экспериментальная апробация достаточно чувствительного к пластинчатой структуре метода отбраковки чугунов марки ВЧ от СЧ по данным величины структурных шумов $\nu = (АШ)ЧГ / (АШ)ВЧ$, фиксируемых в раздельно-совмещенном режиме. В отличие от известного подхода [1], реализуемого только при наличии опорного сигнала, полученного при отражении от оппозитной стенки, эта необходимость отсутствует. Как впервые установлено, относительная величина ν , характеризующая отражательную способность пластинчатого графита для указанных марок СЧ и ВЧ составляет 4–5 раз.

Обращено внимание на возможность использования дополнительных измеряемых информативных параметров, повышающих достоверность

акустической структуроскопии ЧГ. Это твердость [1], шумы Баркгаузена [2], а также размагничивающее поле компактных объектов ЧГ, создаваемое при перемещении последних через намагничивающий соленоид, включая [3] и др. При разработке комбинированного метода в качестве дополнительного параметра к акустическим использовано остаточное локальное магнитное поле H_n , наведенное при квазистатическом намагничивании локальной области образца полюсным наконечником диаметром 7 мм.

Проведенные исследования показали высокую эффективность комбинированного метода диагностики ЧГ, например, на превышение (по ТУ) твердости, что тесно связано с наличием перлитной фазы в высокопрочном чугуне (рис. 2) и сером. В работе выполнен анализ возможностей и целесообразности совмещения акустических и магнитных методик измерений для повышения чувствительности и производительности структуроскопии чугунов.

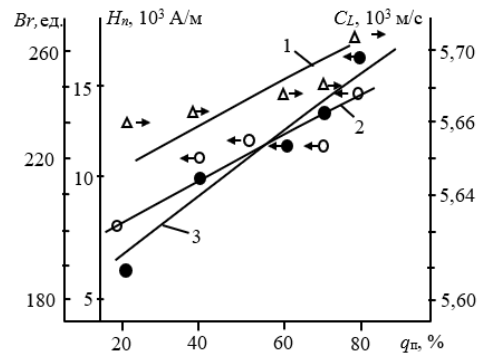


Рисунок 2 – Зависимости скорости продольной моды (Δ), твердости по Бринеллю (2, \bullet), локального остаточного магнитного поля (3, \circ) в образцах чугуна марки ВЧ50 от содержания перлита

Литература

1. Воронкова Л. В. Контроль чугунных отливок ультразвуком / Л. В. Воронкова. – М.:Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 25 с.
2. Результаты использования индикаторов структуры высокопрочного типа ИЧ в условиях производства чугуна / А. Р. Баев [и др.] // Литье и металлургия. – 2006. – №2. – С. 102–105.
3. Бусько, В. Н. Неразрушающий контроль изделий из чугуна методом эффекта Баркгаузена / В. Н. Бусько, В. Л. Венгринович, Б. А. Чепыжов // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2010. – № 4. – С. 18–29.
4. Способ сортировки отливок из высокопрочного чугуна по содержанию в их структуре шаровидных графитовых включений и перлита : пат РБ 19548 / С. Г. Сандомирский., Д. М. Цукерман. – Оpubл. 10.30.2015.