

2. Малик, Б.А. Взрыво-пожаробезопасные датчики АСК уровня углеводородного топлива [Текст] / Б.А.Малик // Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» – 2005 – № 19. – с. 53-56.
3. Ткаченко, А.П. Техника телевизионных измерений [Текст] / А.П. Ткаченко, В.И.Кириллов – Минск: Вышэйшая школа, 1976 – 46с.
4. Горбунов, Н.И. Датчики для систем обеспечения пожаро-взрывобезопасности [Текст] / Н.И.Горбунов, Ф.К.Медведев, Л.К.Дийков, С.П.Варфоломеев // Датчики и системы – 2004.
5. Малик, Б.А. Системы пожарной безопасности технологических процессов на фотоприборах с зарядовой связью [Текст] / Б.А.Малик, Н.П.Селенкова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий – Харьков – 2010 – №2/3(44) – с. 67-70.

Пропонується застосовувати магнітовідривний метод для комплексного контролю твердості та кількості карбідів у високолегованому аустенітному чавуні, товщини немагнітного антифрикційного шару на сталевій основі

Ключові слова: магнітовідривний метод, неруйнівний контроль, аустенітний чавун

Предлагается применять магнитоотрывной метод для комплексного контроля твердости и количества карбидов в высоколегированном аустенитном чугуна, толщины немагнитного антифрикционного слоя на стальном основании

Ключевые слова: магнитоотрывной метод, неразрушающий контроль, аустенитный чугун

It is offered to apply the magneto tear-off method for the complex control of the hardness and the number of carbides in the high-alloy austenitic cast-iron, the thickness of non-magnetic antifriction coating

Key words: magneto tear-off method, non-destructive testing, austenitic cast-iron

УДК 621.7.08:621.225

НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАГНІТОВІДРИВНИМ МЕТОДОМ

В.О. Ярута

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра інформаційних технологій
Харківська державна академія культури
Бурсацький спуск, 4, м. Харків, Україна, 61003
Контактний тел.: (057) 338-13-82
E-mail: victor_yaruta@ukr.net

О.М. Ярута

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний інженер-технолог
Спільне підприємство ЗАТ «ХЕМЗ-ІРЕС»
вул. Індустріальна, 15-а, м. Харків, Україна, ДСП

Вступ та постановка задачі дослідження

Для видобутку нафти використовують заглибний насосний агрегат. Він складається з асинхронного електродвигуна, системи гідрозахисту та відцентрового насоса [1]. Між секціями ротора асинхронного електродвигуна монтуються у корпусах [2] опорні підшипники ковзання. На валу заглибного насосного агрегату для витримування великого навантаження кріпляться п'яти. Викачування пластового середовища здійснюється з глибини до 2500 м, де температура може сягати 250⁰С. З іншого боку, якщо заглибний насосний агрегат монтується на родовищах крайньої півночі, то його конструктивні частини можуть довгий час зберігатися при низьких температурах, до –50⁰С. Такі умови експлуатації та збереження насосного агрегату ставлять певні вимоги до його деталей. Зокрема, робоча поверхня сталевих п'ят повинна мати немагнітний антифрикційний шар заданої товщини. А корпус під-

шипника ковзання необхідно виготовляти з високолегованого аустенітного чавуна твердістю 140 – 170 НВ [3], в структурі якого може міститися до 30% карбідів [4]. Відомо, що змінювання температури такого чавуна може збільшити в ньому вміст карбідів, що призводить до спотворення форми корпусу підшипника. При певній кількості карбідів у чавуні деформація корпусу підшипника перевищує допустимі межі. Таким чином, при виготовленні п'ят і корпусів підшипників ковзання необхідно безпосередньо у цеху здійснювати поточний контроль лінійних розмірів усіх деталей, а також твердості та кількості карбідів у чавунних деталях.

Традиційно на виробництві для контролю твердості виливок використовується метод Бринелля, для вимірювання товщини антифрикційного шару застосовується металографічний метод, для контролю структури чавуна використовується металографічний або хімічний методи, а можливе змінювання розмірів корпусів підшипників оцінюється їх звичайним ви-

мірюванням після термооброблювання при низьких температурах [3]. Металографічний та хімічний методи відносяться до методів руйнівного контролю [5] й можуть застосовуватися для оцінювання якості партії деталей за декількома зразками відібраними з неї та є непридатними для поточного контролю усіх деталей партії безпосередньо у цеху. Отже, їх використання не може забезпечити високу якість виготовлення кінцевого продукту – асинхронного електродвигуна. Відоме застосування неруйнівних вихрострумове та магнітоіндукційного методів для визначення твердості та сортування не феромагнітних [6] та феромагнітних [7] металів, визначення товщини електропровідного немагнітного покриття на сталевій основі [8], оцінювання структури аустенітної сталі [9] та не аустенітних чавунів [10]. Але виготовлення на їх основі універсального портативного приладу для суцільного комплексного оцінювання якості деталей в цеху при виробництві невеликими партіями є складним та коштовним. Відоме застосування більш дешевого та простого у виконанні неруйнівного магнітовідривного методу для визначення товщини немагнітного покриття на сталевій основі [11], але невідоме його використання для оцінювання кількості карбідів або твердості аустенітного чавуна.

Таким чином, мета роботи полягає у визначенні можливості застосування магнітовідривного методу для комплексного вимірювання товщини немагнітного антифрикційного шару, виготовленого на сталевій основі, а також твердості та кількості карбідів у деталях, виготовлених з високолегованого аустенітного чавуна.

Експериментальні дослідження та їх обговорювання

В результаті проведених на виробництві науково-дослідних робіт був розроблений прилад для комплексного неруйнівного контролю якості деталей: корпусів підшипників ковзання та п'ят заглибних насосних агрегатів. Він складається з динамометра ГМ-1-500 (РС0.210.619 ТУ) та двох постійних магнітів. Перший магніт притягується до сталі марки 20 з силою 1960 – 2360 мН та застосовується для визначення кількості карбідів і твердості чавуна корпусів підшипників ковзання. Другий магніт притягується до сталі марки 20 з силою 390 – 415 мН та застосовується для визначення товщини антифрикційного шару п'ят. Вимірювання проводяться так (рис. 1). Магніт, М, прикріплений до одного кінця пружини, Пр, динамометра, приводять у контакт з деталлю, Д, що закріплена нерухомій поверхні, Пв. До другого кінця пружини динамометра прикладають зовнішню силу, $\vec{F}_{зв}(t)$, яка збільшується у часі t. Вона передається магніту через пружину та намагається відірвати його від деталі. Перешкоджає цьому сила притягування магніту до деталі, \vec{F}_m , яка залежить для корпусу підшипника від магнітних властивостей чавуна, а для сталеві п'яти від товщини немагнітного антифрикційного шару. Коли зовнішня сила стає рівною \vec{F}_b здійснюється відривання магніту від деталі. В залежності від кута α між напрямком дії зовнішньої сили та сили тяжіння магніту, $m\vec{g}$ (m – маса магніту, g – вектор прискорення вільного падіння), модуль сили відривання магніту становить:

$$F_b = F_m - mg \cdot \cos \alpha ,$$

де F_m та g – модулі сили притягування магніту до деталі та прискорення вільного падіння.

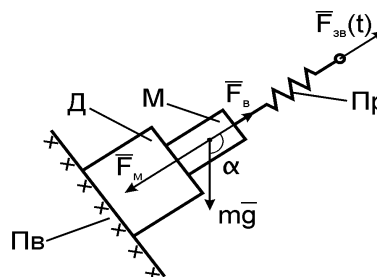


Рис. 1. Схема вимірювань

Таким чином, результат вимірювання залежить від магнітних властивостей матеріалу деталі, товщини немагнітного антифрикційного шару, а також від взаємного розташування деталі, магніту та напрямку дії сили \vec{F}_b . Тому для забезпечення повторюваності результатів, в подальшому, вимірювання здійснювалися у горизонтальній площині на плавкому немагнітному столі. Аустенітний чавун містить аустеніт та карбіди. Аустеніт має слабомагнітні властивості та твердість ~200 НВ, а карбіди – сильномагнітні властивості та твердість ~800 НВ. Отже, від кількості карбідів у структурі аустенітного чавуна будуть залежати його магнітні властивості та твердість. Це означає, що за результатами вимірювання можна оцінювати твердість аустенітного чавуна та кількість карбідів у його структурі.

Тарування шкали вимірювання твердості аустенітного чавуна, на розробленому приладі, виконано на шістьох примірниках корпусів підшипників ковзання. Спочатку, для кожного з них визначалася сила відривання магніту у горизонтальній площині. Потім, з бокової поверхні кожного корпусу підшипника зрізувався тонкий шар металу, та визначалася твердість приладом ТШ-2М за методом Бринелля. Апроксимація результатів проведених досліджень виконана у MS Excel (рис. 2) свідчить, що залежність твердості чавуна (Т, НВ) від модуля сили відривання магніту (F_b , мН) з достовірністю $R^2 = 0,87$ має вигляд:

$$T = 0,6741 \cdot F_b + 43,965 .$$

Тарування шкали вимірювання кількості карбідів у аустенітному чавуні, на розробленому приладі, здійснено за допомогою чотирьох примірників корпусів підшипників ковзання. Спочатку, для кожного корпусу підшипника визначалася сила відривання магніту у горизонтальній площині. Потім, металографічним методом визначалася кількість карбідів у чавуні шляхом дослідження шліфа поперечного розрізу деталей на мікроскопі МИМ-5. Апроксимація експериментальних даних виконана у MS Excel (рис. 3) свідчить, що залежність кількості карбідів у чавуні (К, %) від модуля сили відривання магніту з достовірністю $R^2 \approx 1$ має вигляд:

$$K = 0,1137 \cdot F_b - 5 .$$

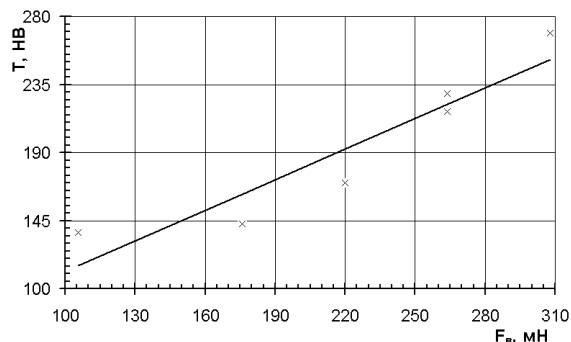


Рис. 2. Номограма визначення твердості чавуна

Антифрикційний шар на п'яті, спочатку, запікається, а, потім, шліфується до потрібного розміру. Як наслідок його товщина може сягати 0,35 – 4,5 мм. Для тарування шкали вимірювання товщини антифрикційного шару п'ят, на розробленому приладі, було відібрано сімнадцять деталей. Спочатку, для кожної п'яти визначалася сила відривання магніту у горизонтальній площині. Потім, металографічним методом визначалася товщина антифрикційного шару кожної з них шляхом дослідження шліфа поперечного розрізу деталей на мікроскопі УИМ-21. Апроксимація результатів експериментів виконана у MS Excel свідчить, що залежність товщини антифрикційного шару (l, мм) від модуля сили відривання магніту з достовірністю $R^2 = 0,94$ має вигляд:

$$l = 2 \cdot 10^{-5} \cdot (F_b)^2 - 0,0196 \cdot F_b + 4,4434 .$$

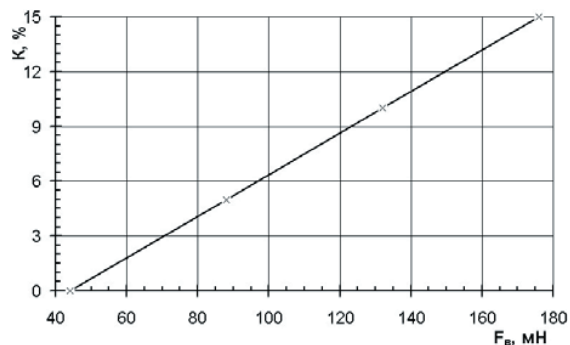


Рис. 3. Номограма визначення кількості карбідів

Практика виготовлення корпусів підшипників ковзання свідчить, що після термічного оброблювання при низьких температурах деталі, виготовлені з чавуна, який містить до 10 % карбідів (сила відривання магніту до 140 мН), змінюють свій розмір у конструктивно допустимих межах. При цьому твердість чавуна таких деталей становить 140 – 170 HB. Деталі, у структурі чавуна яких міститься більше 15% карбідів (сила відривання магніту перевищує 175 мН), мають твердість вищу за 170 HB та є непридатними для подальшого механічного оброблювання, отже, становлять брак. Деталі, які містять у структурі чавуна 10 – 15 % карбідів (сила відривання магніту 140 – 175 мН), придатні для механічного оброблювання та змінюють свій розмір у конструктивно допустимих межах у разі повторного термічного оброблювання при низьких температурах.

Використання розробленого приладу та виявленої закономірності дозволило після визначення сили відривання магніту від корпусів підшипників ковзання виконувати їх сортування. А саме, деталі з $F_b > 175$ мН одразу направляти на переплавлення, деталі з $F_b < 140$ мН одразу передавати до подальшого механічного оброблювання без їх витримання при низьких температурах. Усі інші деталі перед механічним оброблюванням обов'язково витримувати при низьких температурах. Дослідження відбракованих деталей підтвердило їх непридатність до подальшого застосування. Таке спрощення технологічного процесу дозволило здешевити виготовлення корпусів підшипників ковзання.

Висновки

Таким чином, магнітовідривний метод може застосовуватися для комплексного неруйнівного контролю твердості та кількості карбідів у деталях, виготовлених з високолегованого аустенітного чавуна, а також товщини немагнітного антифрикційного шару, виготовленого на сталевій основі. При цьому використання такого непрямого методу вимірювання дозволяє спростити та здешевити технологічний процес виготовлення п'ят і корпусів підшипників ковзання асинхронних електродвигунів заглибних насосних агрегатів завдяки виконанню суцільного контролю якості деталей у цеху та їх сортуванню.

Література

1. Мала гірнича енциклопедія [Текст]. В 3 т. Т. 2. / за ред. В.С. Білецького. - Донецьк : Донбас, 2007. - 670 с.
2. Пат. 59557 А Україна, МПК Н 02 К5/16, F 16 C35/00. Литий корпус міжсекційного підшипника електричної машини [Текст] / О.М. Ярута, В.Г. Кузенко, В.О. Ярута. - № 2002076204 ; заявлено 25.07.2002 ; опубл. 15.09.2003, Бюл. № 9.
3. Пономаренко О.І. Підвищення якості виливок із високолегованого чавуну [Текст] / О.І. Пономаренко, О.О. Радченко, О.М. Ярута, І.І. Білоконь, В.О. Ярута // ЛЕВАРСТВО 2010 : матеріали VI міжнар. наук.-практ. конф., 21-23 квітня 2010 р. - Запоріжжя : [б. в.], 2010. - С. 160–161.
4. Денисова Н.Е. Триботехническое материаловедение и триботехнология [Текст] : учеб. пособие / Н.Е. Денисова, В.А. Шорин, И.Н. Гонтарь, Н.И. Волчихина, Н.С. Шорина ; под общ. ред. Н.Е. Денисовой. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2006. - 248 с.
5. ГОСТ 9.302–88 Покрyтия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля [Текст]. - Введ. 1990-01-01. - М. : Гос. стандарт Союза ССР : Изд-во стандартов, 1988. - 64 с.

6. SIGMATEST 2.069. Измерение электропроводимости [Электронный ресурс] / Institut Dr. Foerster ; дизайн Weber ebusiness services GmbH. - Электрон. дан. - СПб. : Institut Dr. Foerster, 2010. - Режим доступа: <http://www.foerstergroup.ru/Portativnyye-defektoskopy-i-izmeriteli.168.0.html>, свободный.
7. КИМ-2М. Портативный импульсный коэрцитиметр [Электронный ресурс] / НПЦ «Кропус». - Электрон. дан. - Ногинск : НПЦ «Кропус», 2003. - Режим доступа: <http://www.kropus.ru/product/magnetic/kim2.htm>, свободный.
8. Толщиномер покрытий ТП-44 [Электронный ресурс] / ООО НПФ «Ультракон». - Электрон. дан. - К. : ООО НПФ «Ультракон», 2007. - Режим доступа: <http://ultracon.com.ua/index.php?page=167>, свободный.
9. ГОСТ 11878-66 Сталь аустенитная. Методы определения содержания альфа-фазы [Текст]. - Введ. 1966-15-03. - М. : Гос. комитет стандартов совета министров Союза ССР : Изд-во стандартов, 1977. - 5 с.
10. Sandomirsky S.G. Magnetic testing of structure of the cast-iron products: possibilities and results [Electronic resource] / S.G. Sandomirsky ; RSNTTD. — Electronic data (265 kbytes). - Moscow : RSNTTD, 2010. - Mode of access: http://www.idspektr.ru/10_EC-NDT/reports/1_01_21.pdf, free.
11. Магнитомеханический толщиномер (цифровой) МикроТест 7 [Электронный ресурс] / ElektroPhysik - Украина. - Электрон. дан. - [Б. м.] : Девайсиз Груп Украина, 2009. - Режим доступа: <http://elektrophysik.com.ua/load/8-1-0-4>, свободный.

Описано математичну модель теплового стану контактного дроту, дослідженні її параметри. Показано перспективність пристрою контролю температури дроту, заснованого на вирішенні рівняння теплового балансу, в інформаційно-управляючій системі електротранспорту

Ключові слова: інформаційно-управляюча система, пристрій контролю

Описана математическая модель теплового состояния контактного провода, исследованы ее параметры. Показана перспективность устройства контроля температуры провода, основанного на решении уравнения теплового баланса, в информационно-управляющей системе электротранспорта

Ключевые слова: информационно-управляющая система, устройство контроля

The mathematical model of the thermal state of the contact wire have been described and its parameters are investigated. The promising device for temperature control wires, based on the solution of the equation to the heat balance in the information management system Electric

Keywords: informative-managing system, device of control

УДК 001.891:65.011.56

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА: МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В КОНТАКТНОЙ СЕТИ

А.Н. Толстикова*

E-mail: tols-alex@yandex.ru

Н.Г. Толстикова

Кандидат технических наук, заведующий кафедрой

Кафедра информатики

Харьковский гуманитарно-технический институт

ул. Кандаурова, 2, г. Харьков, 61093

И.А. Макрушан

Ассистент*

*Кафедра информационно-управляющих систем

Харьковский национальный университет

радиоэлектроники

пр. Ленина, 14, г. Харьков, 61166

1. Введение

Устройства контроля являются частью информационно-управляющей системы электротранспорта, поэтому создание средств температурного контроля и защиты контактного провода (КП) является важной задачей.

Суть в том, что нагрев КП свыше допустимой температуры, вызываемый длительными перегрузками и короткими замыканиями (КЗ), приводит к потере механической прочности КП, что ведет к аварии электрической сети. Существующие устройства контроля и защиты контактной сети (КС) не обеспечивают в полной мере надежной защиты КС, т.к. они не сраба-