

Список литературы: 1.Красовский В.Л. О явлении «статического резонанса» в тонкостенных цилиндрических оболочках //Новини науки Придніпров'я. –2004. -№6. –С.54-64. Красовский В.Л., Колесников М., Шмидт Р. «Статический резонанс» в цилиндрических оболочках при периодически неоднородном сжатии (эксперимент и численное исследование) // Theoretical Foundations in Civil Engineering. -Warsaw: WPU. -2008. -Р.87-96 2.Моссаковский, В. И. Деформирование и устойчивость технологически несовершенных цилиндрических оболочек при неоднородном напряженном состоянии [Текст] / В. И. Моссаковский, А. М. Мильцын, В. И. Олевский // Проблемы прочности. – 1990. - N12. - С.28-32. 3.Мильцын, А. М. Многофакторное исследование продольно сжатых цилиндрических оболочек с технологическими несовершенствами типа конусности и овальности [Текст] / А. М. Мильцын, В. И. Олевский, В. В. Плетин // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій. – 2010. – № 14. – С. 254-266. 4.Пилов, П. И. Моделирование и структурно-экстраполяционный анализ в задачах обогащения [Текст]: монографія / П. И. Пилов, А. М. Мильцын, В. И. Олевский - Д.: Наука та освіта, 1992. – 174 с. 5.Кузнецов, Ю. М. Исследование собственных колебаний цилиндрических оболочек эллиптического сечения методом голографической интерферометрии [Текст] / Ю. М. Кузнецов, А. К. Шалабанов // Исследования по теории пластин и оболочек. - Казань, Изд-во КХУ. - вып. 17, №2. - 1984. – С. 133-140.6.Сальников, Г. М. Собственные колебания усеченных конических оболочек кругового и эллиптического сечения [Текст] / Г. М. Сальников // Исслед. по теор. пластин и оболочек. – вып. 6, №7. – 1970. - Казань: Изд-во Казанского ун-та.- С. 587–596.7.Преображенский, И. Н. Устойчивость и колебания конических оболочек [Текст]: монографія / И. Н. Преображенский, В. З. Грицак. – М., 1986. – 240 с.8.Агеносов Л. Г., Свободные колебания и устойчивость конических оболочек произвольного поперечного сечения [Текст] / Л. Г. Агеносов, А. В. Саченков // Исслед. по теор. пластин и оболочек, вып. 4. – 1966. - Казань: Изд-во Казанского ун-та.- С. 342–355.

Поступила в редколлегию 19.03.2011

УДК 621.225; 669.162

І.І. БЛОКОНЬ, пом. директора, СП ЗАТ «ХЕМЗ-ІРЕС»
В.О. ЯРУТА, канд. техн. наук, викладач ХДАК, м. Харків
Р.В. СУШИЛОВ, інженер-технолог, СП ЗАТ «ХЕМЗ-ІРЕС»
О.М. ЯРУТА, канд. техн. наук, провідний інженер-технолог,
СП ЗАТ «ХЕМЗ-ІРЕС», м. Харків
І.П. ГРЕЧКА, канд. техн. наук, ас., НТУ «ХПІ»

УНІВЕРСАЛІЗАЦІЯ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ З ГІДРОЗАХИСТОМ

Описан прибор для измерения толщины немагнитного антифрикционного твердого слоя в пяте, корпус которой изготовлено из стали, и количества карбидной составляющей в аустенитном чугуна корпуса подшипника.

Описано універсальний прилад для вимірювання товщини немагнітного антифрикційного твердого шару у п'яті, корпус якої виготовлено із сталі, та кількості карбідної складової у аустенітному чавуні корпуса підшипника.

Is described the device for measurement of thickness of not magnetic antifrictional firm layer in footstep which case it is made of steel, and quantities carbide by a component in austenitic pig-iron of the case of the bearing .

Вступ. Видобуток та транспортування нафти проходить в екстремальних умовах роботи електродвигуна з гідрозахистом, що вимагає використання матеріалів з особливими властивостями. Зокрема, на робочій поверхні деталі електродвигуна – п`ята, корпус якої виготовлено із сталі, необхідно мати антифрикційний твердий шар, а матеріалом для корпусів підшипників ковзання є високолегований чавун, який повинен мати структуру аустеніту [1]. Дослідження на металографічному мікроскопі зразків металу, видержаних при низьких температурах, дозволило виявити у їх структурі карбіди, яких може бути у межах від 0 до 30 % [2]. Відомо, що карбідні складові мають магнітні властивості та впливають на зміну лінійних розмірів деталей. Останнє може викликати заклинювання ротора двигуна [3]. Тому, перед збиранням нового двигуна необхідно бути упевненим, що деталі, які використовуються, відповідають кресленням. Але застосування традиційної техніки та приладів контролю якості при виготовленні двигунів невеликими партіями призводить до неоправданого збільшення їх собівартості, порівнюючи з їх масовим виробництвом. Отже, актуальною є задача зменшення витрат на проведення контрольних робіт зі збереженням якості їх виконання. Вона може вирішуватись завдяки універсалізації контрольних вимірювань шляхом створення й застосування доступного за ціною, універсального, портативного та простого у виготовленні і обслуговуванні приладу для вимірювання товщини антифрикційного шару у п`яті та кількості карбідних складових у чавуні корпусу підшипника електродвигунів із гідрозахистом.

Аналіз літературних джерел. В основу роботи приладу, описаного в роботі [4], покладено метод магнітного неруйнівного контролю. Робота приладу базується на визначенні сили взаємодії постійного магніту з феромагнітним матеріалом. Відомі прилади В-166, ИТП-1 [5], які визначають товщину немагнітних та слабомагнітних покриттів, нанесених на феромагнітну основу, мають невеликі межі вимірювання та малу силу взаємодії магніту. Так, наприклад, прилад ИТП-1 для вимірювання притискають торцем корпусу та магніту до поверхні покриття, та повільно розтягують пружину до відриву магніту від поверхні. За величиною розтягнення пружини, використовуючи додану до приладу номограму, визначають товщину покриття. Але цим приладом неможливо визначити чистоту структури чавуну від карбідів.

Відомо, що аустеніт – слабомагнітний або парамагнітний. Навіть невеликі домішки карбідів у структурі аустеніту чавуну різко змінюють його взаємодію з магнітом. Тому, магнітний метод часто застосовується при дослідженнях перетворень переохолодженого аустеніту. Цю властивість використовують у приладах для контролю кількості карбідних складових у структурі високолегованого чавуну деталей. В таких приладах використовують магніти з великою силою взаємодії і тому ці прилади не придатні, щоб виміряти товщину шару немагнітного твердого покриття на феромагнітному матеріалі. Конструювання приладу, який забезпечував би визначення товщини твердого антифрикційного немагнітного шару у п`яті та визначав кількість карбідів, які дають збільшення розмірів деталей у допустимих межах або відсутність росту розмірів корпусу підшипника після перебування при низьких температурах,

використовуючи загальну особливість обох вимірювань – властивість змінювати силу магнітної взаємодії, розглянуто в цій роботі. Таким чином, товщина антифрикційного шару та кількість карбідів у структурі чавуну визначаються після вимірювання величини сили відриву магніту.

Тобто, до конструкції пристрою, який використовується при вимірюваннях товщини шару немагнітних або слабомагнітних покриттів і, який складається з грамометра [6], на кінці щупа якого, закріплено постійний магніт, додається ще один постійний магніт з силою відриву на порядок більшою, що забезпечує визначення кількості карбідних складових у структурі чавуну. Відомо [7], що магнітні прилади, які використовують магніто-відривний метод, прості по конструкції, як правило, портативні, час вимірювання складає 5 – 6 секунд.

Вибір розташування приладу при вимірюваннях. Вимірювання товщини немагнітного антифрикційного шару (рис. 1), який знаходиться у корпусі з конструкційної сталі, а також вимірювання кількості карбідної складової у матеріалі корпусу підшипника. При вимірюваннях передбачається, що п'ята та корпус підшипника нерухомі. Тобто, відривання магніту від поверхні деталі не може перемістити деталь. Вимірювання проводять на немагнітному столі. При вимірюваннях шкала приладу має бути доступною для зняття показань.

Якщо антифрикційний шар розташовано горизонтально або вимірювання кількості карбідної складової проводимо у вертикальній площині (див. рис. 1 а, б), то сила відриву $F_{\text{відр}}$ магніту від поверхні антифрикційного шару або корпусу підшипника дорівнює:

$$F_{\text{відр}} = F_{\text{взаєм}} \pm mg, \quad (1)$$

де $F_{\text{відр}} = kx$; k – коефіцієнт пружності – стала величина для даної пружини; x – величина розтягнення пружини або ж відлік за шкалою приладу; $F_{\text{взаєм}}$ – сила взаємодії магніту з матеріалом, який розташований за немагнітним антифрикційним шаром (тобто зі сталлю, з якої виготовлено корпус п'яти) або з матеріалом корпусу підшипника; m – маса магніту; g – прискорення вільного падіння.

Знак «+» використовують, якщо магніт розташовано над антифрикційним шаром або над корпусом підшипника (див. рис. 1, а). Знак «-» використовують, коли магніт розташовано під антифрикційним шаром або під корпусом підшипника (див. рис. 1, б). При таких вимірюваннях значно збільшується похибка, яка залежить від маси магніту, а також викликана людиною, тому що не зафіксовано напрямок відриву магніту. Очевидно, що використовувати такі види вимірювань не раціонально.

При вимірюваннях товщини антифрикційного шару, який розташовано вертикально, або вимірювання кількості карбідної складової проводимо в горизонтальній площині, то для визначення величини діючих сил використовують відомі рівняння:

$$\Sigma F_x = 0; \quad (2)$$

$$\Sigma M_0(F_i) = 0. \quad (3)$$

Проекція усіх сил на вісь «у» дає: $N - mg = 0$,

де N – сила нормального тиску. У відповідності з рівнянням (2), сила відриву $F_{\text{відр}}$ магніту від антифрикційного шару чи корпусу підшипника

дорівнює:

$$F_{\text{відр}} = F_{\text{взаєм}} + F_{\text{тертя}}, \quad (4)$$

де $F_{\text{тертя}}$ – сила тертя при русі стрілки приладу, яку можна позначити як таку, що має незначну величину при вимірюваннях товщини антифрикційного шару.

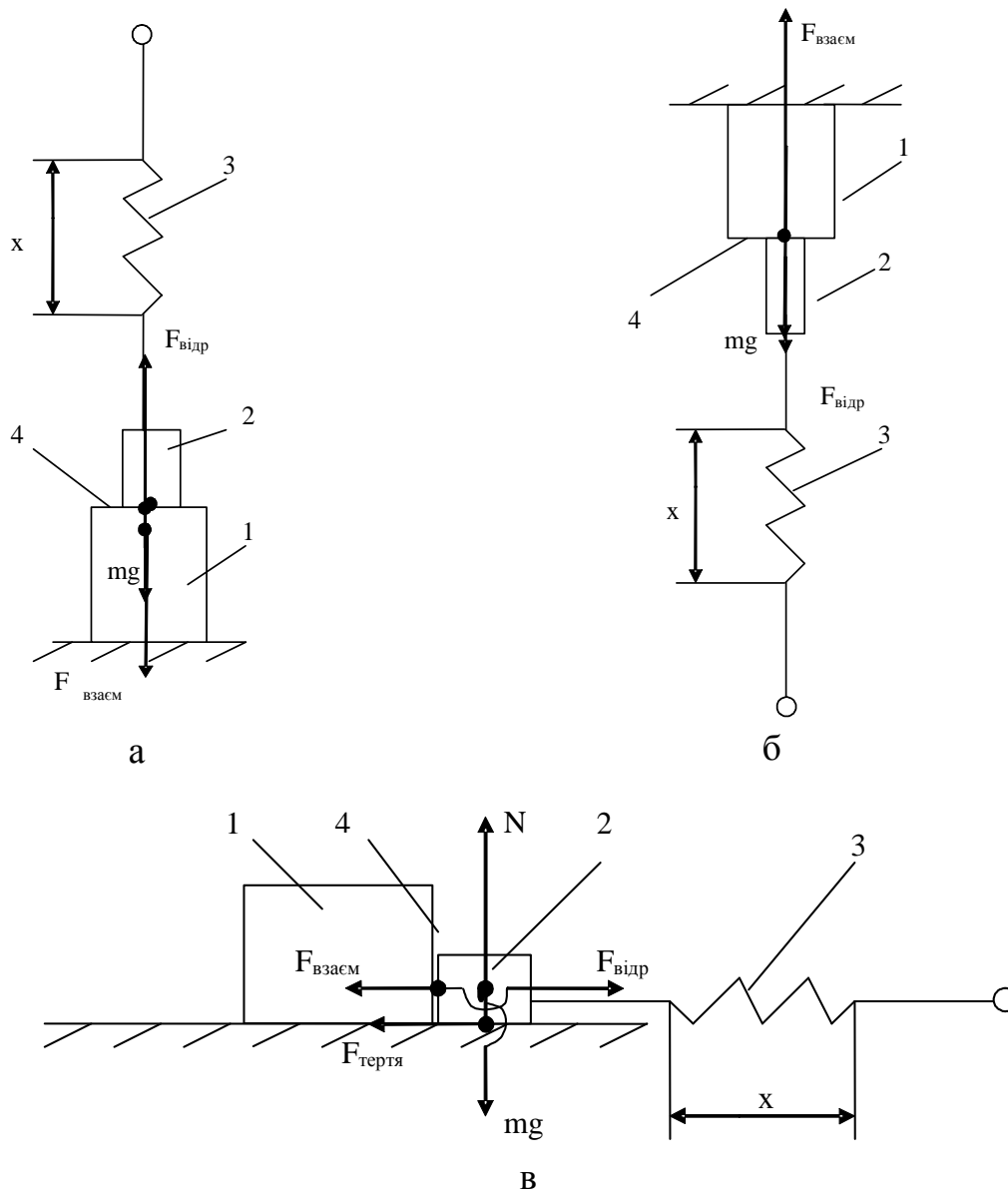


Рис. 1. Схема розташування приладу при вимірюваннях товщини антифрикційного шару та кількості карбідів проводиться: а – відривом магніту вгору; б – відривом магніту вниз; в) – відривом магніту по горизонталі. 1 – деталь; 2 – магніт; 3 – пружина грамометра (динамометра); 4 – поверхня дотику

При вимірюваннях кількості карбідних складових у структурі чавуну

$$F_{\text{тертя}} = \mu m_1 g,$$

де μ – коефіцієнт тертя, який виникає при русі додаткового магніту по поліетиленовій плівці; m_1 – маса додаткового магніту.

Сума моментів кругом точки О (рівняння (3)) показує, що точки прикладання сил взаємодії та відриву не можуть співпадати. У загальному вигляді:

$$kx = f_m(y) + F_{\text{вн}}, \quad (5)$$

де $f_m(y)$ – фактор, що викликає зміну сили магнітної взаємодії (товщина антифрикційного шару, кількість карбідних складових); $F_{\text{вн}}$ – внутрішні сили.

Із (5) одержуємо: $x = [f_m(y) + F_{вн}]1/k$. Тобто всі лінії на номограмі, що побудовані для одного динамометра (грамометра), але для різних умов експерименту (горизонтально, вертикально), мають бути паралельними.

Таким чином, розглянуті три варіанти розташування приладу при вимірюваннях показують, що необхідно, щоб прилад при вимірюваннях розташовувався горизонтально (шкалою вверх), а антифрикційний шар – вертикально. Корпус підшипника кладуть на немагнітний стіл.

Вимірювання величини сили відриву магнітів при відомих величинах товщини немагнітного антифрикційного шару. При виготовленні дослідної партії деталей одну із п'ят розрізували перпендикулярно поверхні антифрикційного шару. Виготовляли шліф. На універсальному вимірювальному мікроскопі УИМ–21 визначали товщину шару, його структуру, наявність раковин та інших дефектів з метою, щоб деталі задовольняли замовника. Вимірювання, які проведені з використанням лабораторної аналітичної ваги при таруванні грамометра, наведені в табл. 1.

Вимірювання у п'яти відомої товщини антифрикційного шару магнітом з грамометром ГМ–1–500, наведені у табл. 2. Графік залежності величини сили відриву магніту від поверхні антифрикційного шару показано на рис. 3. З достовірністю більшою ніж 0,9 ($R^2 = 0,946$) одержаним даним відповідає логарифмічна крива. Візуально нижня частина логарифмічної кривої геометрично наближається до прямої лінії. Часто при виготовленні промислової продукції використовуються товщини антифрикційного шару в межах 0,35 – 2,5 мм. Тому проведено досліди з замірами товщин антифрикційного шару у відповідності зі схемами, показаними на рис. 1. Одержані середні величини багатьох вимірювань показано в табл. 3 та на рис. 4.

Таблиця 1. Тарування грамометра ГМ-1-500 за № 06233 з магнітом, який закріплено на кінці щупа

Навантаження на шальках терезів, г		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Величина показань на шкалі грамометра з магнітом, mN	*ПГС	-30	20	100	155	205	265	315	365	420	485	525
	ГС	-40	35	90	145	195	255	315	369	425	470	540

*ПГС – показання приладу при русі стрілки приладу за годинниковою стрілкою.
ГС – показання приладу при русі стрілки приладу проти годинникової стрілки.

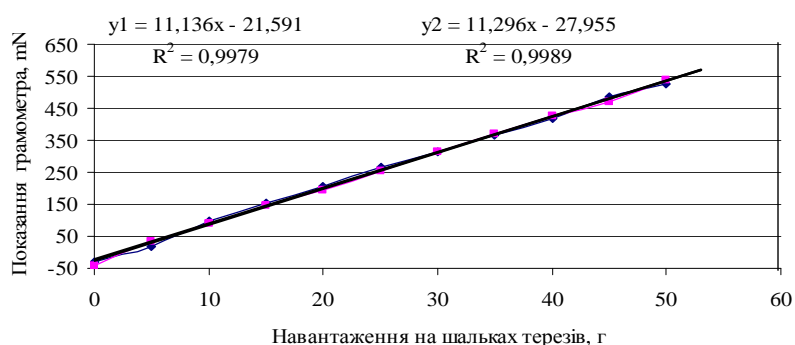


Рис. 2. Тарування манометра з магнітом, який закріплено на кінці щупа: y_1 – величина параметра для ПГС; y_2 – величина параметра для ГС

Графік залежності показань грамометра від навантажень на шальках терезів показано на рис. 2, де проведені прямі лінії та їх рівняння з достовірністю апроксимації близької до одиниці.

Таблиця 2. Вимірювання у п'яти відомої товщини антифрикційного шару магнітом з грамометром ГМ-1-500

Параметр	Величина									
	Сила відриву, mN	440	370	300	200	240	220	170	120	70
Товщина антифр. шару, мм	0	0,35	0,78	1,5	1,59	1,7	2,05	2	2,8	3

Продовження табл. 2

100	80	70	50	70	70	40
3	3,2	3,4	3,4	3,4	3,6	4,5

Таблиця 3. Зв'язок величини сили відриву магніту з товщиною антифрикційного шару та розташуванням пристрою при вимірюваннях

Параметр	Величина параметру				Див. на рис.4
	Товщина антифрикційного шару, мм	3	1,5	0,3	
Вимірювання за схемою а (див. рис. 1), mN	41	152	249	280	пряма у1
Вимірювання за схемою б (див. рис. 1), mN	97	206	310	340	пряма у2
Вимірювання за схемою в (див. рис.1), mN	76	181	293	310	пряма у3

З таблиці 2 та рис. 3 витікає, що, з достовірністю близькою до 1 (R^2 більше 0,99), відрізок товщини антифрикційного шару в межах 0,35 – 2,5 мм описується прямими лініями. Лінії характеризуються нахилом, який має бути однаковим при ідеальних вимірюваннях.

Передбачаючи, що нерівнозначність нахилів характеризує похибку (Π) вимірювань, визначаємо найбільшу похибку вимірювань

$$\Pi = (0,0126 - 0,0123)100/0,0126 = 2,38 \%$$

Таким чином, постійні похибки вимірювань складають всього 2,38%.

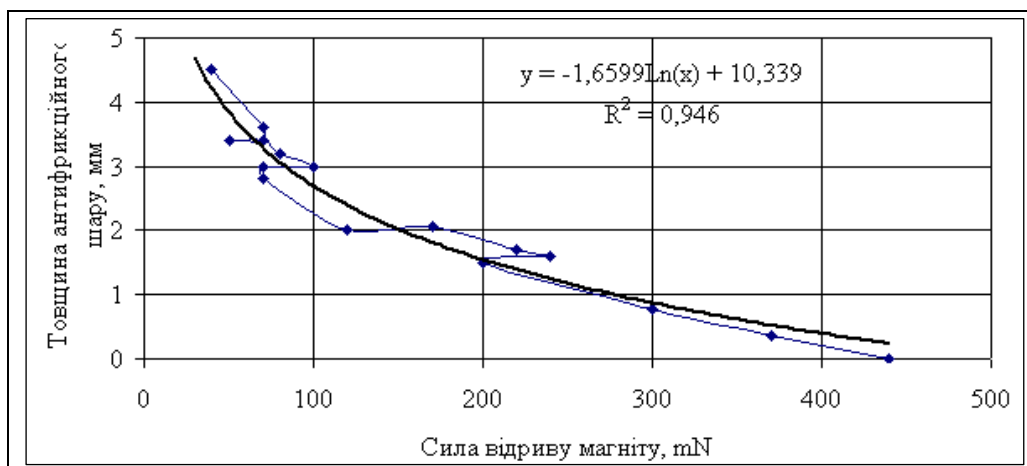


Рис. 3. Сила відриву магніту від антифрикційного шару

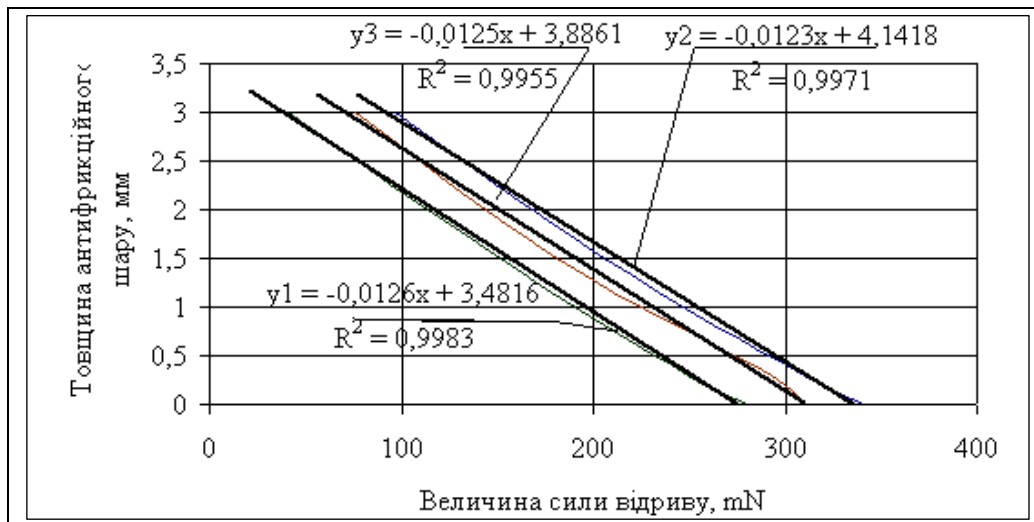


Рис. 4. Залежність сили відриву від поверхні антифрикційного шару та розташування пристрою при вимірюваннях

Вимірювання величини кількості карбідів магнітним методом при відомих величинах кількості карбідів, визначених за допомогою мікроскопа. При виготовленні дослідної партії деталей корпусів підшипників визначали кількість карбідної фази у структурі чавуну, що дозволило провести паралельні виміри сили відриву магніту від деталі, використовуючи магніти з грамометром ГМ-1-500. Виміри сили відриву магніту від деталі визначили найбільший вміст кількості карбідів у структурі (10 % площі), що забезпечує відсутність росту розмірів деталі або ріст у допустимих межах. Сила відриву магніту від деталі при такому вмісті карбідної фази складає 155 mN. Дані чотирьох вимірювань наведено у табл. 4 та показано на графіку (рис. 5).

Таблиця 4. Вимірювання у чавуні відомої кількості карбідної фази магнітами з грамометром

Сила відриву, mN	50	95	155	200
Кількість карбідної фази, % площі	0	5	10	15

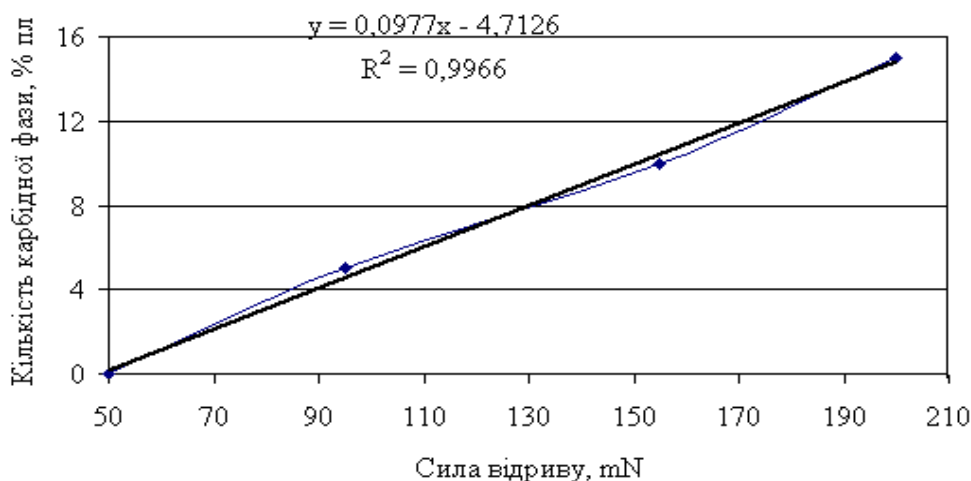


Рис. 5. Залежність сили відриву від кількості карбідної фази

Наведена також формула залежності параметрів, а також достовірність лінійної апроксимації, яка близька до одиниці.

Метою роботи є розробка універсального приладу для вимірювання товщини антифрикційного шару та кількості карбідних складових у чавуні.

Універсальний прилад для вимірювання товщини антифрикційного шару та кількості карбідних складових у чавуні. Розроблений прилад (рис. 6) може бути використаний для контролю товщини шару немагнітного матеріалу на феромагнітній підкладці та контролю кількості карбідної складової у структурі високолегованого немагнітного матеріалу на основі заліза, в тому числі, визначення товщини антифрикційного шару на торці поверхні деталі – п'ята та межі магнітної взаємодії карбідної складової металу корпусу підшипника з постійним магнітом у структурі аустенітного чавуну деталі – корпус підшипника.

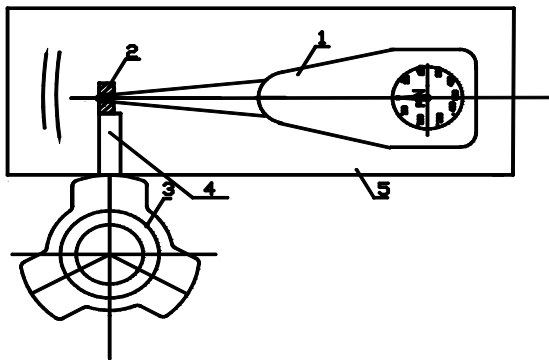


Рис. 6. Схема приладу для вимірювання товщини антифрикційного шару та кількості карбідних складових у чавуні: 1 – грамметр ГМ-1-500; 2 – постійний магніт з малою силою відриву; 3 – деталь; 4 – постійний магніт з великою силою відриву; 5 – поліетиленова плівка

Карбідної складової має бути в такій кількості, яка не повинна збільшувати розмір корпусу підшипника, після перебування деталей при низьких температурах, зверх передбаченого відхилення.

Грамометр, який проходить механічні та кліматичні випробування: на ударну міцність з прискоренням 7g, на теплостійкість з впливу температури 50⁰С; на холодостійкість з впливу температури мінус 40⁰С; на вологостійкість з відносною вологістю повітря 95% при температурі 40⁰С. Імовірність безвідмовної роботи за 10 000 використань має бути не менше 0,9. Середній термін служби не менше 6 років, середній ресурс не менше 1 млн.

використань. Коефіцієнт технічного використання повинен бути не менше 0,95.

Постійний магніт з малою силою відриву нерухомо закріплений на кінці щупа грамметра. Магніт виготовлений із порошкових матеріалів. Постійний магніт, який додається при визначенні кількості карбідних складових у мікроструктурі чавуну, виготовлений литтям. Роботи при визначенні кількості карбідних складових у мікроструктурі чавуну проводяться на поліетиленовій плівці.

Висновки. Розроблено універсальний прилад для вимірювання товщини антифрикційного шару та кількості карбідних складових у чавуні. Вибрано розташування приладу при вимірюваннях та відпрацьована технологія неруйнівного контролю товщини немагнітного антифрикційного шару у п'яті в межах 0,35 – 2,5 мм та визначення кількості карбідів по кількості одиниць шкали при відриві магніту від корпусу підшипника в межах (0 – 150) mN, що забезпечує відсутність росту, або росту у дозволених межах, розмірів деталі корпусу підшипника після перебування при низьких температурах.

Список літератури: 1. Ярута О.М., Кузенко В.Г., Ярута В.О. Опис на винахід UA 59557 кл. НО2К5/16, F16C35/00/ Литий корпус міжсекційного підшипника електричної машини. Опубл. Бюл. № 9, 2003 р. 2. Триботехническое материаловедение и триботехнология / Н.Е. Денисова, В.А. Шорин, И.Н. Гонтарь и др. – Пенза: Изд. гос. ун-та, 2006. – 248 с. 3. Пономаренко О.И. Повышение качества отливок из высоколегированного чугуна / О.И. Пономаренко, А.А. Радченко, А.М. Ярута и др. // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Литье – 2010». 22 – 23 апреля 2010. Запорожье. Украина. 2010. – С. – 160 – 161. 4. Збільшення твердості металу виливок з нікель-марганцевого високолегованого чавуну / А.М. Ярута, І.І. Білоконь, О.О Радченко і ін. – Харків. ХЦНТЕІ, 2010, № 02. – 4с. 5. Валитов А.М.-З. Приборы и методы контроля толщины покрытий / А.М.-З. Валитов, Г.И. Шилов – Л.: Машиностроение. 1970. – 240 с. 6. ТУ4-76. Граммометры. РС0.210619ТУ. 1976. – 22 с. 7. Ковенский И.М. Металловедение покрытий / И.М. Ковенский, В.В. Поветкин – М.: СП ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ, 1999. – 420 с.

Поступила в редколлегию 19.03.2011

УДК 621.863.2

В.А. КАРПЕНКО, докт. техн. наук, проф., ХНАДУ, г. Харьков
И. М. БАРАННИК, асп., ХНАДУ, г. Харьков

ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ШИНЫ В ПРОЦЕССЕ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Проведено математическое описание определения передаточных функций автомобильной шины во время движения автомобиля.

Ключевые слова: Автомобильная шина, передаточная функция, частотные характеристики, преобразование Фурье.

The mathematical description of definition of transfer functions of an automobile tire during movement of the car is lead.

Keywords: the Automobile tire, transfer function, frequency characteristics, transformation Фур'є

Проведено математичний опис визначення передатних функцій автомобільної шини під час руху автомобіля.

Ключові слова: Автомобільна шина, передатна функція, частотні характеристики, перетворення Фур'є.

Введение

В качестве операторов для оценки колебательных систем автомобилей применяются передаточные функции. [1]. Передаточная функция - это отношение движения (перемещение, скорость или ускорение) центра тяжести (или других характерных точек) вибрирующего объекта к движению точки приложения возмущающей силы в функции от ее частоты. Передаточные функции дают важную информацию, показывая при какой частоте и с какой интенсивностью передаются вибрации на вибрирующий объект.

Анализ публикаций

В работах А.Chiesa [3-6] проведен ряд экспериментов, в результате которых был получен комплекс передаточных функций шины относительно ступицы,