

УДК 620.22; 669.017

Ю. Жигуц¹, докт. техн. наук; В. Лазар², канд. техн. наук; В. Талабірчук¹

¹ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

²Мукачівський державний університет

ТЕХНОЛОГІЯ СИНТЕЗУ ТЕРМІТНИХ АНТИФРИКЦІЙНИХ ЧАВУНІВ

Резюме. Розроблено технологію синтезу термітних антифрикційних чавунів у результаті алюмінотермічних реакцій. Встановлено технологічні особливості синтезу. Досліджено хімічний склад отриманих антифрикційних матеріалів. Виявлено вплив температури на силу та коефіцієнт тертя, вплив швидкості обертання на коефіцієнт тертя та режими роботи пари тертя з термітних антифрикційних чавунів – аналогів за хімічним складом промисловим маркам АС4-1, АС4-2 та АВ4-1, АК4-1. Проведено порівняння службових властивостей різних матеріалів – бронзи, бабіту, антифрикційного чавуну.

Ключові слова: металотермічний синтез, алюмінотермія, антифрикційний чавун, властивості.

Yu. Zhiguts, V. Lazar, V. Talabirthuk

TECHNOLOGY OF THE THERMITE ANTIFRICTION CAST IRONS SYNTHESIS

Summary. Antifricition cast irons are used for production of different parts, which operate as friction pairs (e.g. bearings) in the presence of lubricants to prevent the contact of friction surfaces. Taking into account the fact that cast iron is in 3,3...18 times cheaper than other antifricition materials (except rubber) it can be well promising in use.

From the antifricition theory point of view the properties of materials are considered mainly taking into account their interaction with the contacting surfaces. Therefore antifricition materials must provide: high enough durability; good breaking-in, high static and dynamic strength at high temperatures, good oil soakage and adhesion retaining of oil on the surface, high strength of the oil film on the surface of alloys, geometric structure of the surface, which should improve the retaining and feeding of oil on the area of friction.

In the presented paper the combining of thermite antifricition cast iron advantages with metal thermal methods of their production is proposed. The advantages of metal thermal synthesis methods include: self-contained manufacturing process, independence of energy sources, simplicity of equipment, high-performance process, short time of synthesis and easy transition from experimental research to industrial production.

All these resulted in the need to develop the proposed technology of synthesis the thermite antifricition cast irons caused by the aluminothermal reactions and establishment of manufacturing peculiarities of synthesis.

At the first phase of the study the chemical composition of the synthesized antifricition cast irons АС4-1, АС4-2, АС4-3, АВ4-1, АК4-1 were found.

Further the influence of temperature on the strength and the coefficient of friction, impact of velocity on the coefficient of friction of the thermite antifricition cast irons similar in their chemical composition to the industrial brands of antifricition cast alloys “АС4-1”, “АС4-2” and “АВ4-1”, “АК4-1” have been found. The operations modes of friction pair components made of thermite antifricition cast iron were determined. Comparison of the operating properties of different types of materials, synthesized antifricition cast iron, bronze, babbitt in particular, has been carried out.

Key words: metal thermal synthesis, aluminothermy, thermite antifricition cast iron, properties.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Антифрикційні чавуни використовують для різних деталей, які працюють як пари тертя (наприклад, підшипники ковзання) у присутності змащувальних речовин, що запобігають безпосередньому контакту поверхням тертя. Враховуючи, що чавун в 3,3 ... 18 разів дешевший, ніж інші антифрикційні матеріали (за винятком гуми) він може бути

перспективним при використанні. Особливо термітні антифрикційні чавуни – аналоги за хімічним складом промисловим маркам АС4-1, АС4-2 та АВ4-1, АК4-1, які демонструють поєднання найкращих показників деталей для пар тертя [1].

Грунтовний аналіз літератури й патентне дослідження, а також експериментальні й практичні дані свідчать, що чавун, як порівняно дешевий матеріал, не тільки може служити заміном бронзи і бабітів, але чавунні деталі надійніші у роботі [2, 3]. З точки зору теорії антифрикційності, властивості матеріалів розглядаються в основному з урахуванням їх взаємодії із контактуючим матеріалом [2]. Тому антифрикційні матеріали повинні забезпечувати достатньо високу зносостійкість; добру припрацьовуваність; високу статичну і динамічну міцність при підвищених температурах; добру змочуваність оливою і адгезійне утримування оливи на поверхні, високу міцність плівки оливи на поверхні металу; мати геометричну будову поверхні, яка покращує утримування й подачу оливи у зону тертя. Це далеко не повний перелік вимог, що висуваються до антифрикційних матеріалів, але він свідчить про складність проблеми їх вибору. Зрозуміло, що жоден із використовуваних на даний час матеріалів не задовольняє всіх вищезазначених вимог.

Саме тому слід ще раз звернути увагу на унікальні властивості антифрикційного чавуну – високі зносостійкість і ливарні властивості й відносно низьку собівартість.

Поставлена проблема. Вказане вище вимагає комплексного й систематичного дослідження властивостей і структури термітних антифрикційних чавунів, а також виявлення умов найбільш раціонального їх використання. На жаль, невисока припрацьовуваність чавунів призводить до обмеження допустимих швидкостей ковзання, а також питомих тисків у процесі експлуатації пари тертя (одним із елементів якої є антифрикційний чавун).

Поєднуючи вищезазначені переваги термітних антифрикційних чавунів з металотермічними способами їх отримання, можна отримати оптимальні галузі їх застосування. До переваг металотермічних способів синтезу відносять: автономність технологічного процесу, а саме, незалежність від джерел електроенергії, складного обладнання, високу продуктивність, нетривалий час горіння. Крім цього, для них характерні незначні витрати на підготовку й організацію технологічного процесу синтезу та, як наслідок, легкість переходу від експериментальних досліджень до промислової організації виробництва.

Мета роботи полягала у розробленні економічного антифрикційного матеріалу, який синтезується алюмінотермічними методами, тобто вміщує всі переваги синтезу металотермією і придатний для литва й ремонту деталей пар тертя.

Вихідні матеріали та методика розрахунку шихти. Металотермічні способи засновані на процесі горіння шихти, яка складається з залізної окалини (Fe_3O_4), порошку алюмінію та феродомішок легуючих елементів, вуглецю й ін. Для покращення проходження процесу горіння до складу шихти додавали 2 ... 3% польового шпату (CaF_2) або просіяного битого скла.

Матеріали для компонування металотермічної суміші: ферохром ФХ65-7А ГОСТ 4757079; феросиліцій ФС65Ал3,5 ГОСТ 1415-78; порошок алюмінієвий ПА-3–ПА-6 ГОСТ 6058-73 та просіяне мливо алюмінієвої стружки; феромарганець ФМн70 ГОСТ 4761-80; феротитан ФТи30А ГОСТ 4761-80; порошок титановий хімічний ПТХ-1 ТУ 48-10-78-83; залізна окалина (ковальського і прокатного виробництв) з середнім хімічним складом (% за масою): 0,05 C; 0,10–0,35 Si; 0,10–0,35 Mn; 0,01–0,03 S; 0,01–0,03 P; 40–50 Fe_2O_3 ; 50–60 FeO та ін. Для визначення маси металевого зливка і виходу металу з шихти були проведені плавлення у металотермічному реакторі з різним процентним співвідношенням компонентів у суміші. Ініціювання процесу горіння проводилося спеціальним титановим запалом, виготовленим з порошку титанового хімічного ПТХ-1. Шихту попередньо розраховували за стехіометричними

співвідношеннями компонентів реакції, а у наступному враховували засвоєння окремих компонентів реакції за допомогою коефіцієнтів [4 – 10].

Після плавлення відділяли метал від шлаку, оцінювали структуру шлаку і проводили контрольне зважування. Синтезований зливочок піддавали дослідженню за хімічним складом, механічними та іншими випробуваннями.

Хімічний склад термітних антифрикційних чавунів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Хімічний склад термітних антифрикційних чавунів, аналогів промисловим

Марка сплаву	Уміст елементів, мас. %								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Ti	Cu
AC4-1	3,1 – 3,6	1,8 – 2,0	0,5 – 0,7	0,15	0,10	0,35	0,1 – 0,3	-	0,6 – 0,7
	3,2 – 3,6	1,6 – 2,4	0,6 – 0,9	0,15 – 0,20	0,12	0,2 – 0,35	0,2 – 0,4	-	до 0,7
AC4-2	3,1 – 3,7	1,4 – 2,0	0,5 – 0,6	0,15	0,10	0,2 – 0,35	0,1 – 0,3	0,1	0,3
	3,2 – 3,8	1,4 – 2,2	0,4 – 0,7	0,15 – 0,40	0,12	0,2 – 0,4	0,2 – 0,4	до 0,1	0,3 – 0,5
AC4-3	3,1 – 3,6	1,7 – 2,2	0,5 – 0,6	0,40	0,10	0,2	0,2	0,1	0,3
	3,2 – 3,8	1,7 – 2,6	0,4 – 0,7	0,15	0,12	до 0,3	до 0,3	до 0,1	до 0,7
AB4-1	2,8 – 3,2	1,8 – 2,2	0,5 – 0,8	0,10	0,1	-	-	-	0,3
	2,8 – 3,5	1,8 – 2,5	0,5 – 1,2	до 0,20	до 0,3	-	-	-	до 0,7
AK4-1	2,7 – 2,8	0,8 – 1,2	0,3 – 0,5	0,10	0,1	0,10	-	-	-
	2,5 – 3,0	0,8 – 1,3	0,3 – 0,6	до 0,15	до 0,12	до 0,06	-	-	-

Експериментальні дослідження. Порівняння поведінки чавунів у режимі експлуатації показало, що підвищення температури викликає у чавуні порівняно менші зміни сили й коефіцієнта тертя, ніж у бронзі та бабіті. Варіювання ж швидкості обертання при роботі пари тертя з антифрикційного чавуну викликає зовсім інші якісні зміни порівняно з рештою антифрикційних матеріалів. Якщо коефіцієнт тертя у бронзі і бабітів монотонно зменшується зі зростанням швидкості обертання, то цей показник для термітних антифрикційних чавунів після незначного зниження зі зростанням швидкості обертання різко збільшується. Особливо це помітно при досягненні швидкості 8 м/с (див. рис. 1).

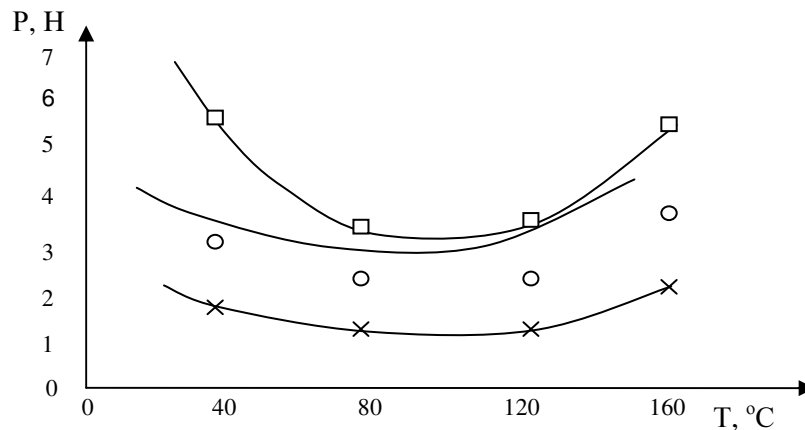


Рисунок 1. Вплив температури на силу тертя для різних матеріалів: ○ – бронзи; □ – бабіту; x – чавуну

Figure 1. Effect of temperature on the friction force for different materials: ○ – bronze; □ – babbit; x – cast iron

Поєднання цих особливостей з урахуванням значної міцності та інших, в даному конкретному випадку, позитивних властивостей створює передумови для вирішення проблеми вибору відповідної марки чавуну для використання у парі тертя.

Як правило, чавуни [2] поділяють на дві групи: 1) зносостійкий конструкційний чавун, призначений для деталей, що працюють в умовах тертя у присутності мастила при жорстких вимогах до щільності, міцності, теплостійкості й т.д. (використовується для таких деталей, як циліндри, поршні, станини, зубчасті колеса); 2) антифрикційний чавун призначений для деталей, що працюють в опорах – вузлах тертя.

Експериментальні дослідження дозволяють зробити висновок, що термітні антифрикційні чавуни можуть працювати навіть при особливо великих навантаженнях (до 1500 ... 3000 МПа), значних колових швидкостях (до 5 м/с) та підвищених температурах (до 300°C) [9]. Дослідження службових властивостей термітних антифрикційних чавунів виявило залежності не тільки сили тертя від температури, але й впливу температури (рис. 2) та швидкості обертання (рис. 3) на коефіцієнт тертя.

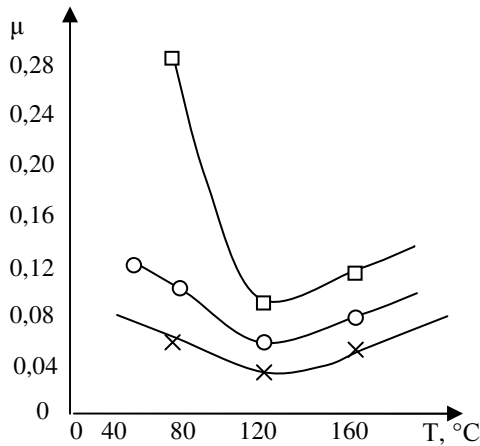


Рисунок 2. Вплив температури на коефіцієнт тертя для: ○ – бронзи; □ – бабіту; x – чавуну

Figure 2. Effect of temperature on the coefficient of friction for: ○ – bronze; □ – babbit; x – cast iron

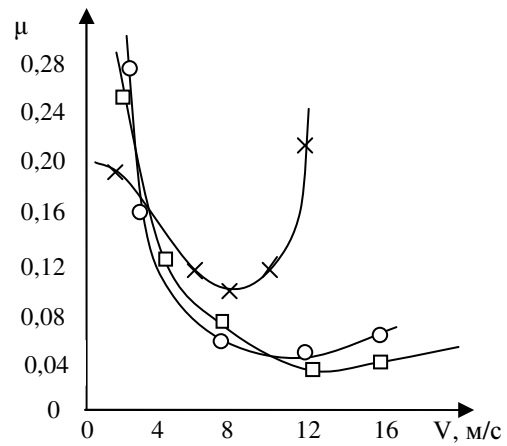


Рисунок 3. Вплив швидкості обертання на коефіцієнт тертя для: ○ – бронзи; □ – бабіту; x – чавуну

Figure 3. Effect of speed on the coefficient of friction for: ○ – bronze; □ – babbit; x – cast iron

Продовження досліджень було направлено на встановлення залежності між питомим тиском, силою тертя та коловою швидкістю у парі тертя. Отримані дані наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Режими роботи пари тертя деталей з термітного антифрикційного чавуну

№ з/п	Марка термітного чавуну – аналога промислового	Питомий тиск (p), МПа	Колова швидкість (V), м/с	P_v
1	АС4-1	0,6 95,0	2,5 0,2	1,5 20
2	АС4-2	1,0 60,0	3,0 0,75	3 -
3	АВ4-1	5,0 120,0	5,0 1,0	25 120
4	АК4-1	5,0 125,0	5,0 1,0	25 120

Визначені у роботі властивості та характеристики роботи термітних

антифрикційних чавунів у порівнянні з бронзою і бабітом дозволяють правильно вибирати антифрикційний матеріал, використовувати термітний антифрикційний чавун для відповідної пари тертя та отримувати найбільший економічний ефект від застосування синтезованого матеріалу.

Висновки. Розроблено технологію термітного синтезу антифрикційних чавунів, аналогів за хімічним складом промисловим маркам АС4-1, АС4-2 та АВ4-1, АК4-1. Досліджено для синтезованих антифрикційних чавунів вплив температури на силу тертя і коефіцієнт тертя, встановлено також вплив швидкості обертання на коефіцієнт тертя. Визначено хімічний склад антифрикційних чавунів та склад шихти для їх синтезу. Виявлено умови застосування термітних антифрикційних чавунів та можливість заміни ними бронз і бабітів.

Conclusions. The technology of thermite synthesis of antifriction cast irons similar in chemical composition to the industrial brands АС4-1, АС4-2 and АВ4-1, АК4-1 has been developed. The effect of temperature on the friction force and the coefficient of friction has been investigated for the synthesised antifriction cast irons. The impact of velocity on the coefficient of friction has been found. Chemical composition of the antifriction cast iron and charge for their synthesis has been determined. Conditions of application thermite antifriction cast irons and the possibility of replacing bronze and babbits by them, were identified.

Список використаної літератури

1. Крагельский, И.В. Трение и износ [Текст] / И.В. Крагельский – М.: Машиностроение. – 1968. – С. 475.
2. Фролов, К.В. Современная трибология: итоги и перспективы [Текст] / К.В. Фролов. – М.: Издательство ЛКИ. – 2008. – 480 с.
3. Пат. 2409689 Российская Федерация, МПК С22С37/08. Серый антифрикционный чугун [Текст] / Чугаева В.И.; заявитель и патентообладатель Ярославский гос. техн. ун-тет. – № 2009122540/02; заявл. 11.06.2009; опубл. 20.12.09, Бюл. № 23 (II ч.). – 3 с.
4. Zhiguts, Yu., Luthko J. Grey and white special thermite cast iron // «Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій». Збірник наук. праць. – Вип. 9. – Львів: Каменяр. – 2012. – С. 222 – 232.
5. Жигуц, Ю.Ю. Сплавы, синтезованные металотермией и СВС-процессами: монография [Текст] / Ю.Ю. Жигуц. – Ужгород: Гражда. – 2008. – 276 с.
6. Zhiguts Yu. Special thermite cast irons / Yu. Zhiguts, I. Kurytnik // Archives of foundry engineering. Polish Academy of Sciences. – 2008. – N2. – Vol. 8. – P. 162 – 166.
7. Жигуц, Ю.Ю. Технология производства термитного высокопрочного чугуна [Текст] / Ю.Ю. Жигуц // Міжн. збірн. наук. праць «Прогресивні технології і системи машинобудування. – Вип. 1, 2 (43). – Донецьк. – 2012. – С. 142 – 147.
8. Жигуц, Ю.Ю. Технология получения немагнитных термитных чугунов [Текст] / Ю.Ю. Жигуц, В.Ю. Талабичук // Комп'ютерні науки та інформаційні технології: збірник наукових праць. Вісник нац. ун-тет «Львівська політехніка». – № 713. – Львів: Вид-во Львівської політехніки. – 2011. – С. 75 – 78.
9. Жигуц, Ю.Ю. Термітний антифрикційний чавун [Текст] / Ю.Ю. Жигуц, Т.Т. Кундрік, Л.І. Косюк // Материали за 7 межд. науч. практ. конф. «Образование и наука на XXI век». – Т. 17. Технологии. – София: «Бял ГРАД-БГ» ООД. – 2011. – С. 3 – 6.
10. Жигуц, Ю.Ю. Технология получения термитных кремнистых чугунов [Текст] / Ю.Ю. Жигуц, В.Ф. Лазар, В.Ф. Теличко // Науковий вісник Мукачівського державного університету. – № 11 (6). – Мукачево. – 2011. – С. 5–9.

Отримано 16.03.2013