

СХОПЛЮВАННЯ МАРГАНЦЕВИХ ЧАВУНІВ

Колесніков В. О.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Луганськ

Наведені данні про схоплювання аустенітних марганцевих чавунів в умовах тертя ковзання. Показано, що графітна фаза має істотний вплив на інтенсивність руйнування. Наведені оптимальні параметри графітної фази, що забезпечують підвищену зносостійкість.

The data about coupler austenite manganese cast iron in conditions of friction of sliding are presented. It is shown, that graphite phase has the important influence on intensity of destruction. The optimum parameters of graphite phase which provide increasing of wear resistant are presented.

Одним з найбільш небезпечних видів зношування поверхонь тертя, що призводять до інтенсивного руйнування, є схоплювання. Найчастіше цей вид пошкоджень виникає у трибоспряженні внаслідок зникнення мастильного матеріалу. Дослідженнями в області процесів схоплювання матеріалів присвячені деякі роботи П. А. Ребіндера, Г. В. Курдюмова, В. Д. Кузнецова, І. В. Крагельського, Б. І. Костецького, В. А. Кисликова, М. М. Хрущева, Г. В. Виноградова, А. П. Семенова, С. Б. Айбіндера, Н. Л. Голего, Г. Тімлінсона, Г. Фінчема й ін. [1-7].

До обов'язкових умов виникнення заїдання [1, 7, 8] відносять руйнування проміжних мастильних шарів і взаємодія чистих (ювенільних) контактуючих поверхонь. При зближенні атомів контактуючих матеріалів на відстані міжатомних взаємодій електронний обмін призводить до утворення вузлів схоплювання, формування хімічних зв'язків. В. П. Когаєв і Ю. Н. Дроздов запропонували розрізняти "холодне" і "гаряче" заїдання. Тієї ж думки дотримується і Б. І. Костецький, який запропонував розділяти схоплювання 1-го і 2-го роду [1, 8]. Температура – головний фактор, що призводить до заїдання і катастрофічно швидкого зношування вузлів тертя [4, 9, 10].

Чавуни є поширеним конструкційним матеріалом, який застосовується для виготовлення деталей, що працюють в умовах тертя. Підвищити його властивості можна завдяки легуванню. Комплексно легований чавун є одним з найбільш складних технічних сплавів. Він є багатокомпонентним сплавом, що володіє високою гетерогенністю структури, на формування якої впливає велика кількість контрольованих і неконтрольованих факторів. Більшість властивостей Fe-C сплавів визначається структурно-фазовим складом [11, 12, 13]. На Україні існують великі родовища залізо марганцевих руд, що дозволяє отримувати сплави на базі вітчизняної сировини [14, 15]. Але для їх більш широкого використання, необхідно проведення досліджень, що стосуються вивчення

закономірностей взаємозв'язку між хімічним складом, параметрами мікроструктури та властивостями.

Зносостійкість визначали на машині тертя СМЦ 2 за схемою ролик – колодка в умовах тертя ковзання. Контртіло (ролик), виготовлене зі сталі 45Г2 (твердість 50-55 HRC), а колодка з аустенітного марганцевого чавуна. Випробування проводили в умовах сухого тертя і тертя в оливі. Як мастильний матеріал використовували оливу індустриальну И-20А. Вибір оливи И-20А обумовлений тим, що індустриальні оливи частіше рекомендуються і використовуються у вузлах тертя промислового устаткування. Величину зношування зразків визначали зважуванням до і після випробувань на мікроаналітичних вагах з точністю до 0,0001 г. Оцінюючи антизадирні властивості, зразок випробовували за ступінчастого навантаження P від 1,7 МПа, збільшуючи його на 0,7 МПа через 10 хв. Навантаження, за яких утворювався задир в парі тертя, характеризували антизадирні властивості. Перед випробуванням кожної пари необхідно проводити припрацювання зразків до повного прилягання поверхонь тертя і до сталого моменту тертя. В умовах сухого тертя інтенсивність зношування зростає у кілька разів у порівнянні з тертям у мастилі. І якщо припрацювання проводити неправильно, то можливий випадок, що в умовах сухого тертя сплав (за перевищення критичних навантажень та швидкостей) матеріал деталі буде працювати в умовах захоплення (крива В, рис. 1а). Можуть бути створені такі умови, що інтенсивність зношування також може знижуватись (крива А, період II на рис. 1а). У сплавів даного класу [16-20] може відбуватись зміцнення поверхневих шарів під дією навантаження [17], $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення [17, 18], поява вторинних структур [19]. Цікавою є поведінка метастабільних сплавів [20].

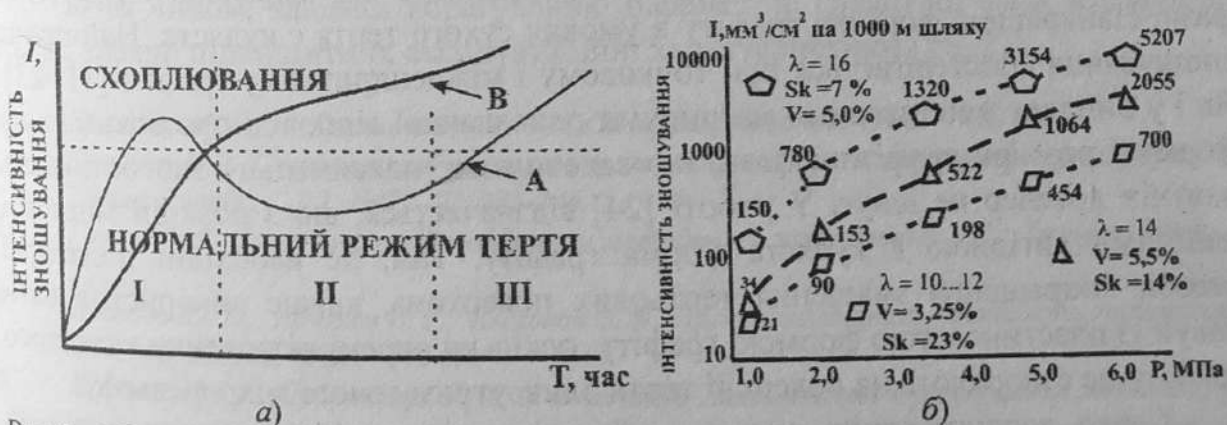


Рис. 1. а) Схема поведінки деяких сплавів в умовах сухого тертя (I – період припрацювання, II – період стабільного зношування, III – період катастрофічного зношування); б) Вплив параметрів мікроструктури в умовах сухого тертя (V – об'ємний вміст графіту, %) на інтенсивність зношування ($V_k=0,628$ м/с); – БХС+Сг=0,1%; V, Ti=0,5% (сплав № 1); Δ – БХС+Сг=0,1%; V=0,5, Ti=0,1% (сплав № 2); \square – БХС+Сг, V; Ti=0,1% (сплав № 3)

Базовий хімічний склад (БХС) чавунів становив (мас. %): 3,4...3,7 C; 3,0 Si; 12,0 Mn; 1,0 Ni; 2,5 Cu; 0,4 Al; 0,1 P; 0,02 S. Параметри мікроструктури для сплавів $\lambda = 10...16$ (відношення довжини до ширини включень графіту); $V_g = 3,25...5,5\%$ (об'ємний вміст графіту в чавунах); $S_g = 7...23\%$ (площа карбідів) наведені на рис. 1b.



Рис. 2. Еволюція пошкодження поверхні тертя (для умов сухого тертя) при збільшенні навантаження а) $P = 1,0...3,0$ МПа; б) $P = 3,0...5,0$ МПа; в) $P = 5,0...8,0$ МПа та швидкості ковзання $0,628$ м/с

Збільшення навантаження як правило призводить до зростання інтенсивності руйнування (рис. 1b) і спочатку (після припрацювання) переважає поверхневий характер руйнування (пелюстковий), про що свідчать поверхня тертя (рис. 2a) [21] і продукти зношування [22]. Далі з підвищенням навантаження руйнування чавунів носить більш катастрофічний характер і за класифікацією Костецького характеризується як „схоплювання”. Продукти зношування збільшуються за розмірами, а поверхня тертя вже має інший вигляд (рис. 2b,c).

Зносостійкість чавуна багато в чому залежить від морфології графітної фази. Найкращою формою графіту в умовах сухого тертя є куляста. Найнижче зношування спостерігається при точковому і міждендритному графіті [11, 23]. Як і у випадку з металевими матрицями однозначної відповіді про оптимальну форму і розміри графітної фази, що задовольняє максимальну зносостійкість чавунів дотепер не існує. У роботі [24] відзначається, що з позицій міцності найбільш вигідною є куляста форма графіту. Там, де необхідні додаткові засоби покращення змащення третьових поверхонь, краще використовувати чавун із пластинчастою формою графіту, оскільки окремі включення кулястого графіту не створюють на поверхні тертя оливоутримуючого мікрорельєфу.

Серед досліджуваних сплавів найкращою зносостійкістю володів сплав №1 (з $l_2 = 10...50$ мкм (довжина включень графіту) HB 250; на відміну від сплавів №2, 3 де переважаюча довжина була $l_2 = 50...100$ мкм та $50...150$ мкм, та 161 HB відповідно. На деяких етапах тертя на поверхні сплаву №1 спостерігався графіт, який значно зменшував інтенсивність зношування, одночасно припинялось схоплювання. Для інших двох сплавів поява на

поверхні вільного графіту не призводила до істотного зниження інтенсивності зношування.

Таким чином можна стверджувати, що існує оптимум для структурних параметрів чавуна, який забезпечує найкращі триботехнічні властивості. Надмірна кількість графіту (як це є в сплавах №2, 3) розпушує металеву основу і знижує зносостійкість чавуна.

При визначенні можливостей сплавів в умовах змащування для сплавів №1,2,3 встановлені такі навантаження: 11,0; 8,2 МПа відповідно.

Деякі факти не дозволяють пояснити мастильну дію графіту тільки шаруватою структурою [25]. Сила тертя при змащенні графітом у сухому повітрі вища, ніж у вологому. Сила тертя в атмосфері азоту значно більша, ніж на повітрі, причому в сухому азоті вища, ніж у вологому. Наявність вологи, оксидних плівок є необхідною умовою для прояву графітом його змащувальної дії. Волога й оксидні плівки на металевих поверхнях, утворенню яких сприяє волога, поліпшують адгезію графіту до цих шарів, без чого міцність граничного шару недостатня. Крім того, можлива інтеркаляція (введення в міжшаровий простір (Ван-дер-Вальсові щілини) інтеркалянтів: гідридних комплексів, неорганічних молекул).

Також до позитивної сторони впливу графітної фази можна віднести те, що за умов граничного тертя він може всмоктувати в себе частину мастила і підживлювати змащенням поверхні тертя в умовах "оливного голодування", відсуваючи тим самим настання катастрофічного зношування [25]. Несуча здатність оливної плівки значно підвищується з насиченням її до визначеного рівня дрібнодисперсними продуктами зношування, розклинююча – графітом, металевими милами, фосфідами [25].

Таким чином, завдяки корегуванню параметрів графітної фази в чавунах можна значно підвищити їх експлуатаційні характеристики [26, 27].

1. Крагельский Б. И. Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.
1. Семенов А. П. Схватывание металлов и методы его предотвращения при трении // Трение и износ. – Т.1, № 2. – С. 236-246.
2. Голего Н. Л. Схватывание в машинах и методы его устранения – К.: Техніка, 1965 – 230 с.
3. Дроздов Ю. Н., Арчegov В. Г., Смирнов В. И. Противозадирная стойкость трущихся тел. – М.: Наука, 1981. – 140 с.
4. Криштал М. А., Дубровский Р. И. О механизме схватывания и разрушения металлов в зоне скользящего нагруженного контакта. – В кн.: Вопросы металловедения и физики металлов. Тула: Тул. Политехн. ин-т, 1972. – С.181-195.
5. Канарчук В. Е. Адаптация материалов к динамическим воздействиям. Киев: Наук. думка, 1986. – 264 с.
6. Крагельский И. В., Добычин М. Н., Комбалов В. С. Основы расчетов на трение и износ. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.

7. Буше Н. А., Копытько В. В. Совместимость трущихся поверхностей. – М.: Наука, 1981. – 127 с.
8. Буше Н. А. Подшипниковые сплавы для подвижного состава. – М.: Транспорт, 1967. – 222 с.
9. Козаев В. П., Дроздов Ю. Н. Прочность и износостойкость деталей машин: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1991. – 319 с.: ил.
10. Справочник по чугуному литью / Под ред. д-ра техн. наук Н. Г. Гиришовича. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978. – 758 с.
11. Герек А., Байка Л. Легированный чугун – конструкционный материал: Пер. с польского / Под ред. Ю. Н. Тарана. – М.: Металлургия, 1978 – 207 с.
12. Неижко И. Г. Графитизация и свойства чугуна. – М.: Металлургия, 1989. – 208 с.
13. Балицкий О. І. Сучасні матеріали для потужних турбогенераторів. – Львів: Національна академія наук України. Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка, 1999. – 284 с.
14. Колесников В. А. Особенности износа графитизированных марганцевых чугунов в условиях сухого трения // Вісник СНУ ім. В. Даля – 2002. – №7. – С. 232-239.
15. Патент України 3671 С21В3/00, С22С37/00. Марганцевый чавун / В. О. Колесніков, О. І. Балицький (Україна). – №2004020827; заявлено 05.02.04. Опубл. 15.12.04, Бюл. № 12.
16. Балицький А. І., Колесніков В. А., Кубицькі Е. Способность к упрочнению марганцевых чугунов как резерв повышения эксплуатационной стойкости для деталей железнодорожного транспорта // Промисловий та туристичний транспорт. – Львів: Каменяр. – 2004. – Вип. 3. – С. 36-46.
17. Вольнова Т. Ф. Высокомарганцовистые стали и сплавы. – М.: Металлургия, 1988. – 343 с.
18. Колесніков В. А. Исследование интенсивности изнашивания марганцевых чугунов в зависимости от структурно-фазового состава и нагрузочно-скоростных параметров // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2004. – №6. – С. 41-52.
19. Чейлях А. П. Экономнолегированные метастабильные сплавы и упрочняющие технологии. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2003. – 212 с.
20. Колесніков В. А. Анализ разрушения поверхностных слоев аустенитных марганцевых чугунов в условиях трения скольжения // 36. наук. праць СНУ – Луганськ. – 2002. – Ч. II. – С. 64.
21. Балицький О. І., Колесніков В. О. Дослідження продуктів зношування аустенітних марганцевих чавунів // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2004. – № 1 – С. 65-69.
22. Павлов Ю. Н. Износостойкость чугуна с междендритным графитом // Литейное производство. – 1967. – № 9. – С. 6-7.
23. Асташкевич Б. М., Ларин Т. В. Влияние микроструктуры чугуна гильз и поршневых колец на их износостойкость // Литейное производство. – 1975. – №1. – С. 15-16.
24. Гаркунов Д. Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.
25. Чупрык В. М. Роль углерода в образовании эксплуатационных поверхностных слоев пар трения скольжения // Трение и износ. – 2000. Т. 21, №1. – С. 67-73.
26. Балицький О., Колесніков В., Кубицькі Є. Залізовуглецеві сплави високого легування марганцем – перспективний матеріал для деталей залізничного транспорту, що працюють в умовах зношування // Промисловий та туристичний транспорт. – Львів: Каменяр. – 2003. – Вип. 2. – С. 57-63.

Kasyanuk Y. 233
 Voytko M. V. 216
 Алексеенко І. І. 94
 Арендар Л. А. 388
 Бабій Л. О. 144
 Басістий П. В. 115
 Бассараб А. І. 74
 Бачинський Ю. Г. 115
 Беднарська Л. М. 139
 Берегуляк О. Р. 375
 Березовець В. В. 160
 Білан Б. С. 192
 Білий О. Л. 35, 60
 Білик Н. В. 140
 Бомба А. Я. 328
 Борисова А. Л. 137
 Бубняк М. М. 302
 Булик І. І. 184
 Василів Б. Д. 98
 Василів О. М. 388
 Васьків А. Б. 303
 Винар В. А. 27
 Власій О. Д. 316
 Герасимчук П. В. 237
 Герцик О. М. 139
 Греділь М. І. 74, 79
 Грибовська В. І. 88
 Григоренко С. Г. 94
 Д'яченко Н. М. 294

Авторський показчик

Даляк Т. М. 241
 Даньків О. О. 118
 Даревич Р. Р. 429
 Дацко Я. В. 228
 Денис Р. В. 160, 164
 Джала В. Р. 392
 Дорошенко А. В. 414
 Дронь Т. С. 418
 Євтушенко О. О. 274
 Єзерська Х. Т. 139
 Жемела Х. Р. 66
 Жовнер Б. Р. 246
 Журавель І. М. 352, 420
 Журавчак Л. М. 320
 Заводовський А. М. 242
 Засадний Т. М. 177, 180
 Іваницький Р. І. 180
 Іваночко Г. С. 201
 Іванюк В. М. 420
 Івасенко І. Б. 371
 Івасишин А. Д. 98
 Ігнатенко О. В. 188
 Ісаєв І. Ю. 345
 Кавчак Н. Р. 139
 Капко Л. І. 392
 Капшій О. В. 356
 Кіндратіва О. Р. 324
 Кіт М. Б. 49
 Климюк Ю. Є. 328
 Кобасяр М. І. 359
 Коваленко Р. В. 270
 Ковальчук І. В. 164
 Ковтун О. Р. 27
 Колесніков В. О. 102
 Колесніченко М. В. 246
 Конський Р. П. 442, 446
 Копоть Н. М. 248
 Корусь М. М. 449, 453
 Костів Р. Б. 45
 Костюк І. Ф. 31
 Кравець І. Б. 345
 Кравчишин Т. М. 107
 Кречковська Г. 152
 Кречковська Г. 156
 Кузик О. В. 122
 Кулай Т. С. 111
 Кулик В. В. 23
 Кулик О. М. 349
 Кундрат А. М. 256
 Лазурчак І. І. 324
 Лещак Р. Л. 35
 Лотоцький Ю. Л. 400
 Маковійчук М. В. 241,
 260
 Малик О. М. 270
 Марков А. Д. 148
 Махоркін М. І. 262
 Мацько І. Я. 396, 407

**ПРОБЛЕМИ
КОРОЗІЙНО-МЕХАНІЧНОГО
РУЙНУВАННЯ**



**ІНЖЕНЕРІЯ
ПОВЕРХНІ**



**ДІАГНОСТИЧНІ
СИСТЕМИ**

**Відкрита науково-технічна конференція
молодих науковців і спеціалістів
фізико-механічного інституту
ім. Г. В. Карпенка НАН України**

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ім. Г. В. КАРПЕНКА НАН УКРАЇНИ

**Проблеми
корозійно-механічного руйнування,
інженерія поверхні,
діагностичні системи**

Відкрита науково-технічна конференція
молодих науковців і спеціалістів
Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України

Львів – 2005

Юркевич Р. М. (ФМІ) "Корозійно-механічна тривкість двофазних сталей у високоагресивних корозійних середовищах"	70
Бассараб А. І., Греділь М. І., Ріпей І. В. (ФМІ) "Особливості кавітаційно-ерозійного пошкодження заірної арматури живильних трубопроводів ТЕС"	74
Греділь М. І., Тараєвський О. С.* (ФМІ, *Івано-Франківський національний університет нафти і газу) "Вплив способу електролітичного наводнювання на водневу крихкість сталі 17Г1С зі зварним з'єднанням"	79
Остаф В. Ю. (ФМІ) "Сучасні методи вимірювання електрофізичних характеристик сталей та конструкційних сплавів"	83

Розділ 2: Сучасні проблеми матеріалознавства, новітні матеріали і технології..... 88

Грибовська В. І. (ФМІ) "Аналіз експлуатаційних недоліків та розробка сучасних проміжних рейкових скріплень"	88
Григоренко С. Г., Алексеєнко І. І. (Інститут електрозварювання ім. О. Є. Патона, Київ) "Особливості структури з'єднань, виконаних зварюванням тиском низьковуглецевої трубної сталі 10Г2ФБ класу міцності Х70"	94
Івасишин А. Д., Подгурська В. Я., Василів Б. Д. (ФМІ) "Ріст втомних тріщин у металокомпозитах систем Ni-Si-X і Ti-B-X на повітрі та у 3% водному розчині NaCl"	98
Колесніков В. О. (Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Луганськ) "Схоплення марганцевих чавунів"	102
Кравчишин Т. М. (ФМІ) "Поверхнєве зміцнення сплаву ВТ6 при комбінованому азотуванні"	107
Кулай Т. С. (ЛНУ ім. І. Франка) "Фононні спектри 4H-CdI ₂ "	111
Мохун С. В., Басістий П. В., Бачинський Ю. Г. (Тернопільський національний педагогічний університет ім. В. Гнатюка) "Вплив анізотропії на магніострикцію феромагнітних сплавів системи Fe-Co-V"	115
Пелешак Р. М., Даньків О. О., Стара О. В. (Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І. Франка) "Модель наногетеросистеми з когерентно-напруженими квантовими точками з домішками"	118
Пелешак Р. М., Кузик О. В. (Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І. Франка) "Модель явища дифузії у гетеросистемах з напруженими шарами"	122
Притула А. О. (ФМІ) "Дослідження поверхневих шарів титану після термодифузійного насичення у бор-азотомісних середовищах"	125

Колесніков В.О. Схоплювання марганцевих чавунів // Проблеми корозійно-механічного руйнування, інженерія поверхні, діагностичні системи. ХІХ відкрита науково-технічна конференція молодих науковців і спеціалістів КМН – 2005 // Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України. – Львів. – 2005. – С.102 – 106.

https://kolesnikov.ucoz.com/load/kolesnikov_v_o_skhopljuvannja_margancevikh_chavuniv/1-1-0-181

https://researchworker.ucoz.ru/load/konferencii/kolesnikov_v_o_skhopljuvannja_margancevikh_chavuniv/6-1-0-300

https://www.researchgate.net/publication/338555451_Kolesnikov_VO_Shoplivan_na_margancevih_cavuniv_Problemi_korozijno-mehanicnogo_rujnuvanna_inzeneria_poverhni_diagnosticni_sistemi_HIH_vidkrita_naukovo-tehnicna_konferencia_molodih_naukovciv_i_specialist

<https://kidkrasnodon.at.ua/index/0-34>

Колесніков В. О.

Колесніков В.О. Схоплювання марганцевих чавунів // Проблеми корозійно-механічного руйнування, інженерія поверхні, діагностичні системи. ХІХ відкрита науково-технічна конференція молодих науковців і спеціалістів КМН – 2005 // Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України. – Львів. – 2005. – С.102 – 106.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Луганськ)

Наведені данні про схоплювання аустенітних марганцевих чавунів в умовах тертя ковзання. Показано, що графітна фаза має істотний вплив на інтенсивність руйнування. Наведені оптимальні параметри графітної фази, що забезпечують підвищену зносостійкість.

The data about coupler austenite manganese cast iron in conditions of friction of sliding are presented. It is shown, that graphite phase has the important influence on intensity of destruction. The optimum parameters of graphite phase which provide increasing of wear resistant are presented.

Одним з найбільш небезпечних видів зношування поверхонь тертя, що призводять до інтенсивного руйнування, є схоплювання. Найчастіше цей вид пошкоджень виникає у трибоспряженні внаслідок зникнення мастильного матеріалу. Дослідженнями в області процесів схоплювання матеріалів присвячені деякі роботи П. А. Ребіндера, Г. В. Курдюмова, В. Д. Кузнєцова, І. В. Крагельського, Б. І. Костецького, В. А. Кисликова, М. М. Хрущева, Г. В. Виноградова, А. П. Семенова, С. Б. Айбіндера, Н. Л. Голєго, Г. Тимлінсона, Г. Фінчема й ін. [1 – 7].

До обов'язкових умов виникнення заїдання [1, 7, 8] відносять руйнування проміжних мастильних шарів і взаємодія чистих (ювенільних) контактуючих поверхонь. При зближенні атомів контактуючих матеріалів на відстані міжатомних взаємодій електронний обмін призводить до утворення вузлів схоплювання, формування хімічних зв'язків. В. П. Когаєв і Ю. Н. Дроздов запропонували розрізняти "холодне" і "гаряче" заїдання. Тієї ж думки

дотримується і Б. І. Костецький, який запропонував розділяти схоплювання 1-го і 2-го роду [1, 8]. Температура – головний фактор, що призводить до заїдання і катастрофічно швидкого зношування вузлів тертя [4, 9, 10].

Чавуни є поширеним конструкційним матеріалом, який застосовується для виготовлення деталей, що працюють в умовах тертя. Підвищити його властивості можна завдяки легуванню. Комплексно легований чавун є одним з найбільш складних технічних сплавів. Він є багатокомпонентним сплавом, що володіє високою гетерогенністю структури, на формування якої впливає велика кількість контрольованих і неконтрольованих факторів. Більшість властивостей Fe–C сплавів визначається структурно-фазовим складом [11, 12, 13]. На Україні існують великі родовища залізо марганцевих руд, що дозволяє отримувати сплави на базі вітчизняної сировини [14, 15]. Але для їх більш широкого використання, необхідно проведення досліджень, що стосуються вивчення закономірностей взаємозв'язку між хімічним складом, параметрами мікроструктури та властивостями.

Зносостійкість визначали на машині тертя СМЦ 2 за схемою ролик – колодка в умовах тертя ковзання. Контртіло (ролик), виготовлене зі сталі 45Г2 (твердість 50-55 HRC), а колодка з аустенітного марганцевого чавуна. Випробування проводили в умовах сухого тертя і тертя в оливі. Як мастильний матеріал використовували оливу індустриальну И-20А. Вибір оливи И-20А обумовлений тим, що індустриальні оливи частіше рекомендуються і використовуються у вузлах тертя промислового устаткування. Величину зношування зразків визначали зважуванням до і після випробувань на мікроаналітичних вагах з точністю до 0,0001 г. Оцінюючи антизадирні властивості, зразок випробовували за ступінчастого навантаження P від 1,7 МПа, збільшуючи його на 0,7 МПа через 10 хв. Навантаження, за яких утворювався задир в парі тертя, характеризували антизадирні властивості. Перед випробуванням кожної пари необхідно проводити припрацювання зразків до повного прилягання поверхонь тертя і до сталого моменту тертя. В умовах сухого тертя інтенсивність зношування зростає у кілька разів у порівнянні з тертям у мастилі. І якщо припрацювання проводити неправильно, то можливий випадок, що в умовах сухого тертя сплав (за перевищення критичних навантажень та швидкостей) матеріал деталі буде працювати в умовах схоплювання (крива В, рис. 1а). Можуть бути створені такі умови, що інтенсивність зношування також може знижуватись (крива А, період II на рис. 1а). У сплавів даного класу [16 - 20] може відбуватись зміцнення поверхневих шарів під дією навантаження [17] $\gamma \rightarrow \alpha$ перетворення [17, 18], поява вторинних структур [19]. Цікавою є поведінка метастабільних сплавів [20].

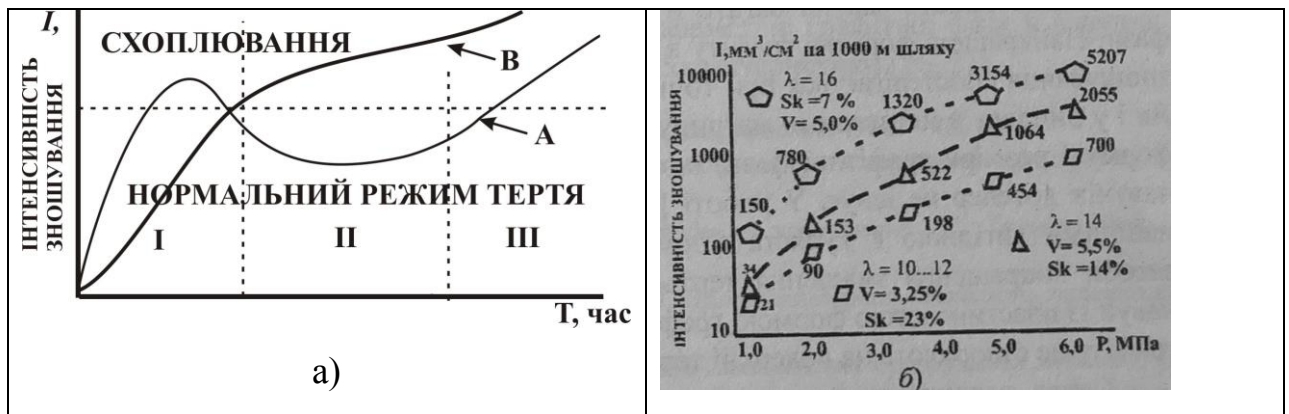


Рис. 1. Схема поведінки деяких сплавів в умовах сухого тертя (I – період припрацювання, II – період стабільного зношування, III – період катастрофічного зношування) (а); Вплив параметрів мікроструктури в умовах сухого тертя (V – об’ємний вміст графіту, %;) на інтенсивність зношування ($V_k = 0,628$ м/с) (— БХС + Cr = 0,1%; V, Ti = 0,5% (сплав № 1); — БХС + Cr = 0,1%; V = 0,5, Ti = 0,1% (сплав № 2); — БХС + Cr; V; Ti = 0,1% (сплав № 3)) (б).

Базовий хімічний склад (БХС) чавунів становив (мас. %): 3,4...3,7 C; 3,0 Si; 12,0 Mn; 1,0 Ni; 2,5 Cu; 0,4 Al; 0,1 P; 0,02 S. Параметри мікроструктури для сплавів $\lambda = 10...16$ (відношення довжини до ширини включень графіту); $V_c = 3,25...5,5$ % (об’ємний вміст графіту в чавунах); $S_k = 7...23$ % (площа карбідів) наведені на рис. 1 б.

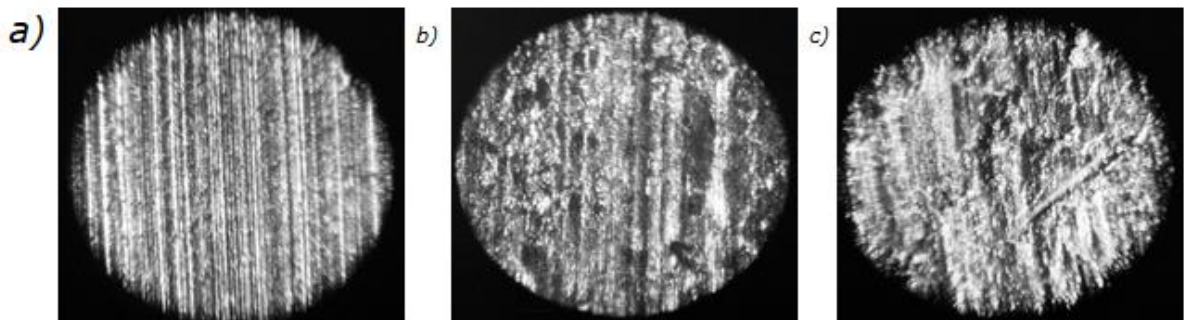


Рис. 2. Еволюція пошкодження поверхні тертя (для умов сухого тертя) при збільшенні навантаження а) $P = 1,0...3,0$ МПа; б) $P = 3,0...5,0$ МПа; в) $P = 5,0...8,0$ МПа та швидкості ковзання 0,628 м/с.

Збільшення навантаження як правило призводить до зростання інтенсивності руйнування (рис 1б) і спочатку (після припрацювання) переважає поверхневий характер руйнування (пелюстковий), про що свідчать поверхня тертя (рис. 2 а) [21] і продукти зношування [22]. Далі з підвищенням навантаження руйнування чавунів носить більш

катастрофічний характер і за класифікацією Костецького характеризується як „схоплювання”. Продукти зношування збільшуються за розмірами, а поверхня тертя вже має інший вигляд (рис. 2 *b, c*).

Зносостійкість чавуна багато в чому залежить від морфології графітної фази. Найкращою формою графіту в умовах сухого тертя є куляста. Найнижче зношування спостерігається при точковому і міждендритному графіті [11, 23]. Як і у випадку з металевими матрицями однозначної відповіді про оптимальну форму і розміри графітної фази, що задовольняє максимальну зносостійкість чавунів дотепер не існує. У роботі [24] відзначається, що з позицій міцності найбільш вигідною є куляста форма графіту. Там, де необхідні додаткові засоби покращення змащення третьових поверхонь, краще використовувати чавун із пластинчастою формою графіту, оскільки окремі включення кулястого графіту не створюють на поверхні тертя оливоутримуючого мікрорельєфу.

Серед досліджуваних сплавів найкращою зносостійкістю володів сплав № 1 (з $l_2 = 10...50 \mu\text{m}$ (довжина включень графіту) НВ 250; на відміну від сплавів № 2, 3 де переважаюча довжина була $l_2 = 50...100 \mu\text{m}$ та $50...150 \mu\text{m}$, та 161 НВ відповідно. На деяких етапах тертя на поверхні сплаву № 1 спостерігався графіт, який значно зменшував інтенсивність зношування, одночасно припинялось схоплювання. Для інших двох сплавів поява на поверхні вільного графіту не призводила до істотного зниження інтенсивності зношування.

Таким чином можна стверджувати, що існує оптимум для параметрів чавуна, який забезпечує найкращі триботехнічні властивості. Надмірна кількість графіту (як це є в сплавах № 2, 3) розпушує металеву основу і знижує зносостійкість чавуна.

При визначенні можливостей сплавів в умовах змащування для сплавів № 1,2,3, встановлені такі навантаження: 11,0; 8,2 МПа відповідно.

Деякі факти не дозволяють пояснити мастильну дію графіту тільки шаруватою структурою [25]. Сила тертя при змащенні графітом у сухому повітрі вища, ніж у вологому. Сила тертя в атмосфері азоту значно більша, ніж на повітрі, причому в сухому азоті вища, ніж у вологому. Наявність вологи, окисних плівок є необхідною умовою для прояву графітом його змащувальної дії. Волога й окисні плівки на металевих поверхнях, утворенню яких сприяє волога, поліпшують адгезію графіту до цих шарів, без чого міцність граничного шару недостатня. Крім того, можлива інтеркаляція (введення в міжшаровий простір (Ван – дер – Вальсові щілини) інтеркалянтів: гідридних комплексів, неорганічних молекул).

Також до позитивної сторони впливу графітної фази можна віднести те, що за умов граничного тертя він може всмоктувати в себе частину мастила і

підживлювати змащенням поверхні тертя в умовах "оливного голодування", відсуваючи тим самим настання катастрофічного зношування [25]. Несуча здатність оливної плівки значно підвищується з насиченням її до визначеного рівня дрібнодисперсними продуктами зношування, розклинююча - графітом, металевими милами, фосфідами [25].

Таким чином, завдяки корегуванню параметрів графітної фази в чавунах можна значно підвищити їх експлуатаційні характеристики [26, 27].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Крагельский Б. И. Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.
2. Семенов А. П. Схватывание металлов и методы его предотвращения при трении // Трение и износ. – Т.1, № 2. – С. 236–246.
3. Голего Н. Л. Схватывание в машинах и методы его устранения – К.: Техніка, 1965 – 230 с.
4. Дроздов Ю. Н., Арчegov В. Г., Смирнов В. И. Противозадирная стойкость трущихся тел.– М.: Наука, 1981.– 140 с.
5. Криштал М. А., Дубровский Р. И. О механизме схватывания и разрушения металлов в зоне скользящего нагруженного контакта. – В кн.: Вопросы металловедения и физики металлов. Тула: Тул. Политехн. ин-т, 1972.– С.181–195.
6. Канарчук В. Е. Адаптация материалов к динамическим воздействиям. Киев: Наук. думка, 1986. – 264 с.
7. Крагельский И. В., Добычин М. Н., Комбалов В. С. Основы расчетов на трение и износ.– М.: Машиностроение, 1977.– 526с.
8. Буше Н. А., Копытько В. В. Совместимость трущихся поверхностей. – М.: Наука, 1981.–127 с
9. Буше Н. А. Подшипниковые сплавы для подвижного состава.– М.: Транспорт, 1967.– 222 с.
10. Когаев В.П., Дроздов Ю. Н. Прочность и износостойкость деталей машин: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1991.– 319с.: ил.
11. Справочник по чугуному литью / Под ред. д-ра техн. наук Н. Г. Гириовича. –3-е изд., перераб. и доп. –Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978.– 758 с.
12. Герек А., Байка Л. Легированный чугун – конструкционный материал: Пер. с польского / Под ред. Ю. Н. Тарана. – М.: Металлургия, 1978 – 207с.

13. Неижко И. Г. Графитизация и свойства чугуна./АН УССР. Ин-т пробл. литья. – Киев: Наук. Думка, 1989. – 208 с.
14. Балицький О. І. Сучасні матеріали для потужних турбогенераторів.– Львів: Національна академія наук України. Фізико–механічний інститут ім. Г. В. Карпенка, 1999. – 284 с.
15. Колесников В. А. Особенности износа графитизированных марганцевых чугунов в условиях сухого трения // Вісник СХУ ім. В. Даля – 2002. – №7. – С. 232–239.
16. Патент України 3671 С21В3/00, С22С37/00. Марганцевий чавун / В.О. Колесніков, О.І. Балицький (Україна). – №2004020827; заявлено 05.02.04. Опубл. 15.12.04, Бюл. № 12.
17. Балицький А. І., Колесников В. А., Кубицьки Е. Способность к упрочнению марганцевых чугунов как резерв повышения эксплуатационной стойкости для деталей железнодорожного транспорта // Промисловий та туристичний транспорт. – Львів: Каменяр. – 2004. – Вип. 3. – С. 36–46.
18. Волынова Т. Ф. Высокомарганцовистые стали и сплавы.– М.: Металлургия, 1988.– 343с.
19. Колесников В. А. Исследование интенсивности изнашивания марганцевых чугунов в зависимости от структурно-фазового состава и нагрузочно-скоростных параметров // Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2004. – №6. – С. 41–52.
20. Чейлях А. П. Экономнолегированные метастабильные сплавы и упрочняющие технологии. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2003. – 212 с.
21. Колесников В. А. Анализ разрушения поверхностных слоев аустенитных марганцевых чугунов в условиях трения скольжения // Зб. наук. праць СХУ – Луганськ. – 2002. – Ч. II. – С. 64.
22. Балицький О. І., Колесніков В. О. Дослідження продуктів зношування аустенітних марганцевих чавунів // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2004. – № 1 – С. 65–69.
23. Павлов Ю. Н. Износостойкость чугуна с междендритным графитом // Литейное производство.– 1967. – № 9. – С. 6–7.
24. Асташкевич Б. М., Ларин Т. В. Влияние микроструктуры чугуна гильз и поршневых колец на их износостойкость // Литейное производство. – 1975.– №1.– С. 15–16.
25. Гаркунов Д. Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.
26. Чупрык В. М. Роль углерода в образовании эксплуатационных поверхностных слоев пар трения скольжения // Трение и износ. – 2000. Т. 21, №1. – С. 67 – 73.
27. Балицький О., Колесніков В., Кубицьки Є. Залізовуглецеві сплави високого легування марганцем – перспективний матеріал для деталей залізничного транспорту, що працюють в умовах зношування // Промисловий та туристичний транспорт. – Львів: Каменяр. – 2003. – Вип. 2. – С. 57–63.

Колесніков В.О. Схоплювання марганцевих чавунів // Проблеми корозійно-механічного руйнування, інженерія поверхні, діагностичні системи. ХІХ відкрита науково-технічна конференція молодих науковців і спеціалістів КМН – 2005 // Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України. – Львів. – 2005. – С.102 – 106.

https://kolesnikov.ucoz.com/load/kolesnikov_v_o_skhopljuvannja_margancevikh_chavuniv/1-1-0-181

https://researchworker.ucoz.ru/load/konferencii/kolesnikov_v_o_skhopljuvannja_margancevikh_chavuniv/6-1-0-300

https://www.researchgate.net/publication/338555451_Kolesnikov_VO_Shoplivan_na_margancevih_cavuniv_Problemi_korozijno-mehanicnogo_rujnuvanna_inzeneria_poverhni_diagnosticni_sistemi_HIH_vidkrita_naukovo-tehnicna_konferencia_molodih_naukovciv_i_specialist

<https://kidkrasnodon.at.ua/index/0-34>