

## ПІДВИЩЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНОЇ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНІВ

О.В. Сушко, к.т.н.,  
Б.С. Крамарчук, бакалавр,  
*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Зносостійкі матеріали – це конкретні матеріали, які відрізняються підвищеною зносостійкістю в конкретних експлуатаційних умовах. Окремі матеріали можуть бути вельми зносостійкими в одних умовах, але зовсім нестійкими в інших. У результаті спрацьовування деталей знижується потужність двигунів, збільшуються витрати пального, погіршуються тягові якості, затуплюються начіпні знаряддя. Знос є причиною виникнення відхилень від нормальних умов роботи, таких як виникнення ударів, вібрацій та ін., які можуть привести до руйнування. Тому дослідження питань способів підвищення конструкційної зносостійкості є вельми актуальним.

Теорію тертя та зношування досліджували такі вчені як М. В. Ломоносов, Ш. Кулон, Л. Ейлер, О. Рейнольдс та інші. Значний вклад в створення теорії тертя та зношування внесли В. Д. Кузнецов, І. В. Крагельський, Б. І. Костецький, В.Н. Ткачев, В.Є. Канарчук, В. Харді та ін. [1-3].

У багатьох випадках з підвищенням твердості матеріалу збільшується його зносостійкість. Це правило більш однозначно діє в умовах абразивного зношування; в парах тертя матеріал з меншою твердістю може мати більшу зносостійкість (наприклад, пластмаси, бабіти та ін.). Елементи вузлів тертя виготовляють зі сталей, чавунів, сплавів, композитних та неметалічних матеріалів. У багатьох випадках матеріали також наносять у вигляді покриттів, плівок, накладок [4]. Крім того, для деталей використовують методи поверхневого та об'ємного зміцнювання, а також різні види хіміко-термічної обробки (ХТО).

Природа зношування деталей двигунів включає три концепції [5]:

1. Корозійна концепція – електрохімічна (а) та хімічна (б):

а) при згорянні пального утворюються сполуки, які при взаємодії з вологою утворюють агресивні кислоти, що впливають на гільзи циліндрів через електрохімічну корозію;

б) при високих температурах агресивні сполуки, що утворюються при роботі ( $CO_2$ ,  $O_2$ ,  $SO_2$ ,  $SO_3$ ), викликають хімічну корозію, до якої схильні клапани, верхні частини циліндрів, ділянки поршнів.

2. Втоmlенісна концепція – при знакозмінних навантаженнях (гільзи циліндрів) спостерігається виникнення втоmlенісних тріщин та їх розвинення, чому сприяють адсорбційні та корозійні процеси.

3. Абразивна концепція – абразиви, які попадають у двигун, сприяють виникненню концентраторів напруження, які під впливом активних середовищ будуть сприяти руйнуванню поверхневого шару; при цьому границя втомленості  $\sigma_{-1}$  знижується на 60-70 %.

Підвищення довговічності ДВЗ може здійснюватись за рахунок таких факторів [6] :

- 1) застосування матеріалів з високою циклічною міцністю;
- 2) застосування матеріалів з високою демпфуючою здібністю;
- 3) урахування електронної будови матеріалів при виборі пар тертя;
- 4) застосування технологічних засобів підвищення зносостійкості ( $\sigma_w$ ) та границі втомленості ( $\sigma_{-1}$ ) за рахунок азотування, хромування, наплавлення та ін.

Слід зазначити, що високоміцні чавуни типу ВЧ мають більшу зносостійкість, ніж сірі звичайні типу СЧ, однак, перші мають меншу демпфуючу здібність. Механізм гасіння коливань (поглинання та розсіювання) має деформаційний характер. на границі розподілу матриця-графіт має місце мікропластична деформація металевої основи, яка є джерелом розсіювання енергії. Таким чином, більш міцні матеріали при нестабільних режимах роботи мають знижену зносостійкість у зв'язку з пониженою демпфуючою здібністю. Тому перспективним є застосування біметалевих матеріалів типу ВЧ – СЧ для гільз, в яких поєднуються висока демпфуюча здібність з високою границею втомленості.

Вибір пар тертя з урахуванням електронної будови металів. За концепцією академіка В.Є. Канарчука в процесі тертя завдяки значному питомому тиску число локалізованих електронів може зростати, а колективізованих – зменшуватись. Обмін електронами в парі тертя (ефект дисгрегації) сприяє тому, що для ковалентного зв'язку може збільшуватись і перебільшувати долю металевого зв'язку. Цей процес може приводити до утворення вторинних структур типу сполук  $FeB$ ,  $FeAl$  та ін. [7].

В залежності від донорсько-акцепторних властивостей матеріалів пари, на поверхнях тертя проходять складні процеси електронної взаємодії та утворення складних конфігурацій ( $d^5$ ,  $d^{10}$ ). Оптимальною гетерогенною структурою є така, яка швидко та зворотно змінюється при зміні режиму тертя системи тіло – контртіло – мастило. Наприклад, при стрибкоподібній зміні параметрів  $h$ ,  $v$ ,  $\theta$  змінюється структура сталі: з аустеніту або мартенситу виділяються (або розчиняються) карбіди; при цьому може виникнути явище над пластичності та, як наслідок цього, збільшується зносостійкість [4, 8].

При підбиранні пар тертя слід сполучати метали неперехідні ( $B$ ,  $Cu$ ,  $K$ ,  $Ca$ ,  $Na$ ,  $Zn$ ,  $Al$ ) та перехідні ( $Cr$ ,  $Mn$ ,  $Fe$ ,  $Ni$ ,  $V$ ,  $Ti$ ), які можуть утворювати сполуки з ковалентними зв'язками типу  $FeB$ ,  $FeAl$ . Виникнення електронного «змащування» забезпечується при умові

того, що поверхні тертя мають достатню кількість елементів-донорів, які можуть утворювати сполуки вищенаведеного типу.

Оскільки доля нелокалізованих електронів у сплавах на основі заліза незначна (до 24 %) [9], то вони мають акцепторні здібності та легко вступають у взаємодію зі сплавами, які мають донорські здібності (наприклад, у парах алюмінієвий сплав *AK-4* – чавун). Аналогічна картина спостерігається при терті підшипникових сплавів, які мають значні донорські здібності.

Таким чином, мінімальне зношування при терті може бути наслідком передачі нелокалізованих електронів від одного елемента до іншого та утворення шару «електронного мастила», який розділяє поверхні тертя та забезпечує мінімальне зношування пар тертя та їх кращу адаптацію до зовнішніх умов.

### ***Список літератури.***

1. Тененбаум М.М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин при абразивном изнашивании. М.: Машиностроение, 1986. 271 с.

2. Ткачев В.Н. Методы повышения долговечности деталей машин. М.: Машиностроение, 1971. 272 с.

3. Канарчук В.Є., Шевченко В.І. Зносостійкі матеріали: Навчальний посібник. К.: НТУ, 2001. 100 с.

4. Сушко О.В., Голяк О.Л. Визначення витрат на усунення наслідків відмов вузлів і деталей двигунів у процесі експлуатації. *Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju pojazdow samochodowych i maszyn roboczych samojednych*: матеріали XVIII між нар. конференції: RZESZOW, 26-29 wrzesien, 2007. P. 293-296.

5. Сушко О.В. Компоненти змащувальних масел та вплив фракційного складу на їх фізико-хімічні і триботехнічні показники. *Праці ТДАТУ*. 2008. Вип. 8, т. 9, С.145 – 153.

6. Сушко О.В. Корозійно-механічне зношування циліндро-поршневої групи двигунів внутрішнього згоряння. *Праці ТДАТУ*. 2009 Вип. 9, т. 4. С.47-50.

7. Сушко О.В. Поліпшення механічних характеристик традиційних сталей. *Праці ТДАТУ*. 2010. Вип. 9, т. 4. С. 77-81.

8. Посвятенко Е.К., Сушко О.В., Д.П. Журавель. До прогнозування ресурсу мобільної техніки. Збірник тез доповідей LXIV наукової конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та працівників відокремлених структурних підрозділів НТУ. К.: НТУ, 2013. 9 с.

9. Тарасенко В.В., Сушко О.В. Аналіз існуючих теорій руйнування крихких матеріалів. *Праці ТДАТУ*. 2016. Вип. 16, Т.2. С.132-139.