

УДК 621.891

М.Ф. Дмитриченко, д.т.н., проф.
А.О. Глухонець, магістр
Національний транспортний університет

СТРУКТУРНІ ЗМІНИ ПОВЕРХНЕВИХ І ПРИПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ МЕТАЛУ ПРИ ТЕРТІ

Наведено результати структурних змін поверхневих та приповерхневих шарів металу при терті.

Вступ. Постановка проблеми. Тертя є дисипативним процесом, у якому основна частина роботи зовнішніх сил затрачується на поглинання енергії матеріалом поверхневих шарів і утворення теплоти. Процес дисипації реалізується пружно-пластичною деформацією поверхневих шарів металів. Фізико-механічні й хімічні властивості цих шарів, що істотно впливають на взаємодію твердих тіл при зовнішньому терті та їх зношування, відрізняються від аналогічних властивостей основного матеріалу – внаслідок надлишку потенційної енергії поверхневі шари проявляють високу адсорбційну активність. При цьому напружено-деформований стан поверхневих шарів при терті, який обумовлений дискретністю контакту й виникненням максимальних напружень у мікрооб'ємах поверхневого шару, визначає механізм пластичної деформації.

Мета роботи – оцінка стану твердого тіла за ступенем деструкції при деформації, яка розвивається в матеріалі.

Основна частина. Фундаментальні уявлення про правила вибору матеріалів триботехнічного призначення, розроблені І.В. Крагельським і його школою, лежать в основі матеріалознавчого аспекту зниження тертя і зношування, пов'язаного, передусім, з оптимальним структурним станом сплавів, наявністю в них гетерофазних структур, що забезпечують високу зносостійкість. Підбираючи поєднання конструкційних і мастильних матеріалів, необхідно передбачати умови для реалізації позитивного градієнта механічних властивостей по нормалі до поверхні тертя. В цьому випадку зсувні деформації концентруються в тонкому приповерхневому шарі матеріалу, що забезпечує мінімальну інтенсивність зношування сполучення [1].

Протікання процесу мікропластичної деформації у приповерхневих шарах характеризується такими формами:

- в напрямку руху контактних пар у поверхневих шарах (100–1000 Å) відбувається інтенсивна й направлена пластична деформація, що приводить до аморфізації поверхневих шарів металу;
- прояв бар'єрного ефекту поверхні – утворення “*derbis-шару*” з підвищеною густиною дислокацій, який перешкоджає виходу площин ковзання на поверхню і гальмує розвиток об'ємної деформації;
- в нижче розташованих шарах (до 100 мкм) має місце хвильовий процес розповсюдження пружних деформацій, пов'язаний з відносним переміщенням поверхонь [2].

Пластична деформація, з погляду теорії недосконалих кристалів, є рухом, розмноженням і розрядкою дислокацій і має подвійний характер, який обумовлюється двома процесами – зміцненням і розміцненням. Структурні зміни відбуваються в основному в найтонших поверхневих шарах, де пластична деформація максимальна. При пластичних деформаціях у зонах контакту товщина шарів, що залучаються до деформації, становить 17–78 мкм, що відповідає товщині поверхневих шарів, які мають відмінні від основного матеріалу механічні властивості. Згідно з іншими даними, при терті в поверхнево-активному маслі деформація охоплює шар 20–30 мкм, у чистому вазеліновому маслі – 130–160 мкм, без масла – 200–250 мкм [3].

Пластична деформація істотно збільшує фізико-хімічну активність поверхневих шарів, від якої залежать будова і властивості граничних шарів масла, кінетика фізичної і хімічної адсорбції. За наявності в змащувальному матеріалі ПАР проявляються ефекти Ребіндера – адсорбційне пластифікування (полегшення пластичних деформацій під дією поверхнево-активних речовин) і адсорбційне пониження міцності (виникнення крихкого руйнування при низьких напругах аж до самовільного диспергування). Пластифікуюча дія масла полягає в полегшенні виходу дислокацій, що генеруються підповерхневими джерелами, на поверхню.

Полімолекулярні шари, чинячи опір потоншенню, проявляють розклинювальну дію (ефект Дерягіна). Розклинювальний тиск залежить від природи ПАР і поверхні твердого тіла. У розчинів жирних кислот товщина граничного шару й розклинювальний ефект – лінійна функція вуглеводного радикала.

Механізм пластичної деформації поверхневих шарів при контактній взаємодії, обумовлений процесом зародження, руху й перерозподілу дефектів кристалічних решіток, приводить до тих або інших особливостей механізму тертя і зношування. На основі аналізу зміни структури дислокацій при зовнішньому терті кристалічних матеріалів сформульована гіпотеза, що сила тертя пов'язана зі змінами

структури дислокацій, яка виникає на поверхнях тертя, причому зовнішня робота при терті відповідає внутрішній роботі зі зміни структури дислокації. Залежність сили й коефіцієнта тертя від густини дислокацій представлена співвідношеннями [4]:

$$F = 6,28(1 - \delta)N \frac{\sigma_T}{G} \sqrt{\frac{Q_1}{Q}} \sin \alpha, \quad (1)$$

$$f = 6,28(1 - \delta)N \frac{\sigma_T}{G} \sqrt{\frac{Q_1}{Q}} \sin \alpha, \quad (2)$$

де δ – коефіцієнт Пуассона; σ_T – межа текучості; G – модуль зсуву; N – нормальне навантаження; Q_1 , Q – густина дислокацій при терті й початкова відповідно; $\sin \alpha$ – орієнтаційний чинник, що враховує напрям площин ковзання.

Зовнішнє тертя здійснюється тільки в тих випадках, коли виконуються такі умови:

- наявність стійкого граничного шару мастильного матеріалу;
- локалізація пластичної деформації і фізико-хімічних перетворень у мінімально можливому поверхневому шарі твердого тіла;
- метастабільний стан поверхонь як наслідок динамічної рівноваги процесів руйнування і відновлення;
- виконання правила позитивного градієнта механічних властивостей за глибиною.

Висновок. 80–90 % випадків руйнування металу відбувається внаслідок втомленості, оскільки метал піддається дії циклічно змінних напруг. У зв'язку з цим необхідно розглядати співвідношення напруг і деформацій з позицій виявлення і оцінки порушень початкової цільності матеріалу при знакозмінній деформації. Такий підхід дозволяє оцінити стан твердого тіла за ступенем деструкції при деформації, яка розвивається в матеріалі, – чинника, що обумовлює його надійність і довговічність.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Крагельский И.В. Трение и износ / И.В. Крагельский. — М. : Машиностроение, 1968.
2. Куксенова Л.И. Задачи инженерии поверхности при формировании износостойкого структурного состояния металлических материалов / Л.И. Куксенова, Л.М. Рыбакова, В.Г. Лаптева // Материаловедение и термическая обработка металлов. — 1999.
3. Методы испытаний на трение и износ : справ. изд. / Л.И. Куксенова, В.Г. Лаптева, А.Г. Колмаков, Л.М. Рыбакова. — М. : Интермет Инжиниринг, 2001.
4. Свойства металлических поверхностей : сб. сокращений переводов / под общ. ред. П.Е. Дьяченко. — М. : Машиностроение, 1976.

ДМИТРИЧЕНКО Микола Федорович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри “Виробництво, ремонт та матеріалознавство” Національного транспортного університету.

Наукові інтереси:

- покращання показників триботехнічних систем використанням олів з добавками.

ГЛУХОНЕЦЬ Андрій Олексійович – магістр кафедри “Виробництво, ремонт та матеріалознавство”, Національного транспортного університету.

Наукові інтереси:

- покращання показників триботехнічних систем використанням олів з добавками

Подано 04.05.2010

Дмитриченко М.Ф., Глухонець А.О. Структурні зміни поверхневих і при поверхневих шарів металу при терті

Дмитриченко М.Ф., Глухонець А.О. Структурные изменения поверхностных и приповерхностных слоев металла при трении

Dmitrichenko M.F., Gluhonets` A.O. Структурні зміни поверхневих і при поверхневих шарів металу при терті

УДК 621.891

Структурные изменения поверхностных и приповерхностных слоев металла при трении / М.Ф. Дмитриченко, А.О. Глухонец

Приведены результаты структурных изменений поверхностных и приповерхностных шаров металла при трении.

УДК 621.891

Структурні зміни поверхневих і при поверхневих шарів металу при терті / М.Ф. Дмитриченко, А.О. Глухонец`

Resulted results of structural changes of superficial and at superficial layers of metal at a friction.