

розвитку процесів пластичного плину в поверхневих шарах, які фактично навантажені вище за їх межу текучості. Змінюючи стан поверхневого шару деталі, можна істотно змінювати межу текучості його матеріалу, опір деформації, пластичність матеріалу втомну міцність та зносостійкість в трибоспряженнях.

Аналіз результатів досліджень процесу зношування, показує, що процеси деформації поверхневих шарів при терті розвиваються на мезомасштабному рівні. Ці дослідження підтверджують висловлене припущення Рігні Д.А. про те, що висока міра деформації, пов'язана з масопереносом на поверхні, обумовлена ротаційним характером деформації з відносним розворотом фрагментів структури переважно довкола осі, перпендикулярної напрямку тертя і паралельної поверхні ковзання.

На основі уявлень фізичної мезомеханіки, можливе розроблення ряду зміцнюючих технологій нових поколінь, які забезпечують високу стійкість матеріалів до зношування як в абразивному середовищі, так і в трибоспряженнях деталей з робочими, технологічними, в т.ч. і мастильному середовищі. При цьому досягається необхідна зносостійкість і довговічність у поєднанні з високою конструкційною і втомною міцністю.

При проведенні комплексних досліджень визначено структурний стан, фазовий склад і властивості модифікованих поверхневих шарів зразків і деталей з градієнтними структурами. Виявлено вплив градієнтних структур, сформованих в результаті високоенергетичних дій, на процеси утворення ієрархічних фрактальних структур в приповерхневих шарах на мікро-, мезо- і макромасштабних рівнях в умовах зовнішніх статичних і динамічних навантажень. Отримані результати дозволяють обґрунтувати можливість застосування фізичної мезомеханіки до опису процесів деградації робочої поверхні спряжень деталей при їх контактній взаємодії, які мають місце при терті ковзання і кочення, абразивному зношуванні і високотемпературній ерозії. Спираючись на експериментальні і теоретичні дослідження, які проводилися в межах фізичної мезомеханіки, запропоновано нові технологічні вирішення створення перспективних матеріалів і покриттів для деталей спряжень систем і агрегатів МСГТ і АТТ, що працюють в складно напружених умовах експлуатації.

Список літератури

1. Панин В.Е., Витязь П.А. Физическая мезомеханика разрушения и износа на поверхностях трения твердых тел // Физ.мезомех.-2002.-Т.5.-№1.- С. 5-13.
2. Ригни Д.А. Физические аспекты трения и изнашивания // Трибология, исследования и приложения: опыт США и стран СНГ. - М.: Машиностроение, 1993. - С. 52-66.
3. Панин В.Е. Синергетические принципы физической мезомеханики// Физ. мезомех. - 2000. - Т. 3. - № 6. - С. 5-36.
4. Аулін В.В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах [Текст]: [монографія] / Аулін В. В. - Кіровоград: Лисенко В. Ф. [вид.], 2014. - 369 с.
5. Антони К.-Х. Термодинамика процесса трения и лагранжев формализм: вклад в мезоскопический подход в теории пластичности // Физ. мезомех. - 2001. - Т. 4. - № 4. - С. 33-46.
6. Дмитриев А.И., Зольников К.П., Псахье С.Г., Гольдин С.В., Ляхов Н.З., Фомин В.М., Панин В.Е. Физическая мезомеханика фрагментации и массопереноса при высокоэнергетическом контактном взаимодействии // Физ. мезомех. - 2001. - Т. 4. - № 6. -С. 57-66.
7. Панин В.Е. Поверхностные слои нагруженных твердых тел как мезоскопический структурный уровень деформации // Физ. мезо- мех. - 2001. - Т. 4. - № 3. - С. 5-22.

УДК 531.43

ВИЯВЛЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛУ ДЕТАЛІ З ЇЇГО ТЕМПЕРАТУРОЮ ДЕБАЯ

**В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук,
В.М. Лисенко, ас.**

Відомо, що на трибохімічні характеристики поверхонь тертя трибоспрями деталей (коефіцієнт тертя, інтенсивність зношування, температури в зоні тертя) впливають різноманітні фізико-хімічні фактори. При дослідженні матеріалів в зоні тертя представляється важливим встановлення кореляції коефіцієнта тертя з фундаментальними показниками фізики твердого тіла. Одним з таких показників є характеристична температура Дебая. З цим показником зв'язані такі параметри матеріалів деталей, як густина, температура плавлення і кипіння, ентальпія плавлення і випаровування, теплоємність, енергія зв'язку хімічних елементів, коефіцієнт лінійного теплового розширення, стискуваність, об'ємний модуль пружності, параметр кристалічної ґратки, робота виходу електронів, енергія Фермі та ін.

В даній роботі з точки зору фізики твердого тіла, на основі теоретичних досліджень, проаналізовано зв'язок коефіцієнта тертя з температурою Дебая матеріалу деталі (металів). Розглянуті однотипні *d*-елементи (залізо, нікель, мідь, срібло) і *p*-елементи (алюміній, свинець, вісмут, олово). Ці хімічні елементи відносяться до різних періодів системи Менделєєва.

Виявлено, що зі зростанням температури Дебая коефіцієнт тертя для *d*-елементів спадає, а для *p*-елементів зростає, що слід враховувати при теоретичній оцінці коефіцієнта тертя, як чистих матеріалів, так і їх композиції. Коефіцієнт кореляції при дослідженні матеріалів *d*-елементів становить 0,95, а при *p*-елементів – дорівнює 0,90.

Відомо, що коефіцієнт тертя ковзання за своїм фізичним змістом має складові:

$$f_{mp} = f_{mpa} + f_{mpd},$$

де f_{mpa} – адгезійна складова;

f_{mpd} – деформаційна складова.

Міцність адгезійного зв'язку описується з рівнянням:

$$\tau = \tau_0 + \beta p,$$

де p – тиск, що приходить на фрикційний контакт;

τ_0 , β – параметри зв'язані з властивостями матеріалу приповерхневого шару.

В роботі на основі зсуву адгезійного зв'язку спряжень матеріалів деталей при терті по сталі ШХ-15 отримано залежність параметру τ_0 від температури Дебая для ряду *d*-металів, яка є прямопропорційна. Прямопропорційний зв'язок спостерігається і для міцності адгезійного зв'язку ряду *p*-металів.

Показано, що температура Дебая металевих елементів, як складна хвильова структура, є носієм інформації. В якості важливого фундаментального показника твердого тіла, тісно зв'язаного з коефіцієнтом тертя, запропоновано температуру Дебая, що дає можливість теоретично оцінити рівень коефіцієнта тертя, а також розрахувати його для композиційного матеріалу. В роботі розглянуто вплив температури Дебая і на інші триботехнічні характеристики матеріалів деталей.

УДК 621.9

3-D ТЕХНОЛОГІЇ ЛАЗЕРНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В.Ю. Мірний, ст. гр. МЗ-16МН,