

поверхневому шарі. Це, у свою чергу, призводить до розвитку вихрової мезоструктури, що має інший масштаб.

Таким чином, визначено, що фізична мезомеханіка зношування безпосередньо пов'язана з характером деформації матеріалу деталей спряжень в процесі експлуатації. При цьому частинки зносу спричиняють мезовихори деформації і руйнування в приповерхневих шарах зони тертя. Визначено, що фрагментація мезовихорів на більш дрібні мезооб'єми визначає дискретні розміри частинок зносу і інтенсифікує процес зношування. Результати досліджень свідчать, що для зниження швидкості зношування потрібно блокувати виникнення мезовихорів в приповерхневих шарах зони тертя спряжень деталей. Зазначене підтверджує, що усім відомим випадкам беззносного тертя характерним є блокування мезовихорових структур, які виникають в приповерхневих шарах матеріалів деталей трибоспрямлень систем і агрегатів МСГТ і АТТ.

УДК 621.891

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРНО-ФАЗОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ В МАТЕРІАЛАХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТА МЕХАНІЗМІВ ПРИ ТЕРТІ

Аулін В.В., д.т.н., професор;

Кузик О.В., к.т.н., доцент;

Лисенко С.В., к.т.н., доцент;

Вербицький О.В., аспірант

Центральноукраїнський національний технічний університет

Виявлено, що структурно-фазові перетворення в матеріалах деталей при терті реалізуються завдяки наступним умовам:

- нагрівання ділянок мікроконтакту спряжень деталей до температур вище критичної і охолодження до кімнатних температур з великою швидкістю;
- значення критичних точок фазових перетворень матеріалів поверхневих шарів деталей можуть істотно знижуватися під дією деформації;
- дрібнодисперсна структура поверхневих шарів матеріалу деталей полегшує наступні структурні перетворення: гомогенізацію аустеніту, розчинення і виділення карбідів, які можуть відбуватися в результаті інтенсивної дифузії в мікрооб'ємах матеріалів поверхневих шарів.

При цьому швидкість переходу дрібнодисперсних карбідів і мартенситу в аустеніт значно збільшується внаслідок наявності готових зародків аустеніту в локальних областях, які характерні для багатьох загартованих сталей.

Перетворенню в сталевих матеріалах деталей α -Fe фази на γ -Fe фазу в процесі тертя сприяє велика поверхня стикання фаз. Аустеніт тертя при наступному швидкому охолодженні перетворюється на аустеніт – мартенситну структуру з великим вмістом аустеніту.

Визначено, що властивості нової структури матеріалу зони тертя залежать від властивостей вихідної структури в локальних контактних областей поверхні деталей і від умов тертя в їх спряженнях. ДюрOMETричними дослідженнями встановлено, що мікротвердість аустеніту тертя, як правило, вище за мікротвердість початкового (залишкового) аустеніту. Підвищену стійкість аустеніту тертя матеріалу деталей трибоспрямлень можна обґрунтувати мікродифузійними перетвореннями аустеніту, що утворився з початкового мартенситу, збагачений вуглецем і карбідами; розчинністю дрібнодисперсних карбідів в γ -фазі та гальмуванням перетворення аустеніту на мартенсит в умовах пластичної деформації на ділянках поверхні. Металографічним аналізом виявлено відмінність мартенситу тертя від вихідного мартенситу ступенем травлення.

Показано, що існує деяке граничне навантаження на трибоспряження деталей, нижче якого аустеніт тертя не утворюється. Процес стабілізації $A \rightarrow M$ перетворень залежить і від таких факторів, як призупинення процесу охолодження нижче температури M_n ; низькотемпературне відпускання; витримка матеріалу при температурі вищій за M_n ; попередня деформація; фазове наклепування та ін.

Деформація аустеніту в процесі зовнішньої дії на трибоспряження, а також в результаті фазового наклепування може викликати прискорення або гальмування мартенситного перетворення. Як правило, при малих деформаціях переважають прискорюючі мартенситні перетворення, а при великих – гальмуючі дії. При цьому максимум вмісту мартенситу зміщується у бік менших деформацій.

Можна виділити механічний та термічний типи процесів стабілізації аустеніту. Механічна стабілізація пов'язана з наклепуванням в результаті прямого і зворотного мартенситного перетворення (фазове наклепування) і пластичної деформації під дією зовнішніх сил (механічне наклепування). Термічна стабілізація полягає в уповільненні мартенситного перетворення при малих швидкостях охолодження в зоні температур M_n і дещо нижче її. Якщо вважати, що термічна стабілізація пов'язана з релаксацією напружень, і виникає в результаті фазового перетворення $A \rightarrow M$, то чим більша тривалість витримки при цій температурі, тим сильніше релаксують напруження і тим більше потрібно охолоджувати матеріал, щоб знову накопичити напруження необхідні для подальшого фазового перетворення. Отже ступінь термічної стабілізації збільшується як з підвищенням температури, так і зі збільшенням тривалості витримки матеріалу деталі при температурі фазового перетворення.

Виявлено, що в процесі тертя утворення мартенситу в сталях і нікелевих сплавах супроводжується спонтанною деформацією поверхневого шару матеріалу, спотворення якого веде до гальмування подальшого $A \rightarrow M$ перетворення в ньому. Це відповідає встановленому положенню, згідно якого значний вплив на подальші фазові перетворення в матеріалі при охолодженні здійснює пластична деформація.

Показано, що розвиток мартенситного перетворення може залежати від гальмівної дії пластичної деформації і впливу на зародження нових кристалів мартенситу пружних напружень в локальних областях мартенситу, що утворюється на межах з первинними кристалами. Відповідно до цього стабілізацію матеріалу в зоні тертя можна уявити як результат релаксації пружних напружень і зменшення числа локальних областей зародження мартенситу. Встановлено, що стабілізація аустеніту може відбуватися і при збільшенні швидкості деформації.

Підвищення стійкості аустеніту, на відмінну від мартенситного перетворення, при терті спостерігається при імпульсній (одноразовій або циклічній) дії температури, тобто при різко нестаціонарному тепловому режимі тертя або в умовах порушення стаціонарності теплового режиму з певних причин.

Результатами досліджень виявлено, що варіюючи швидкістю охолодження можна отримати в поверхневих шарах матеріалів деталей структури як гартування, так і відпускання. Зазначимо, що структури швидкісного відпускання, отримані в процесі тертя мають наступні особливості: α -фаза, що утвориться при розпаді мартенситу, відрізняється більш дисперсною і напруженою субструктурою і має підвищену мікротвердість; гальмуються розпад залишкового аустеніту та коалесценція карбідних частинок; зберігається орієнтація вихідної мікроструктури. Стабілізація аустеніту в цих умовах може відбуватися внаслідок уповільнення швидкості охолодження в околі температури початку мартенситного перетворення. Характерним є те, що після припинення процесу тертя аустеніт, як правило не утворюється.

Визначено, що особливістю мартенситу тертя є його дрібнодисперсна структура, більш розвинута субструктура та більша величина загальної напруженості. У результаті подрібнення зерен високотемпературного аустеніту під час тертя знижується температура початку мартенситного фазового перетворення й у структурі вторинного гартування фіксується підвищена кількість залишкового аустеніту.

Таким чином, в процесі тертя спостерігається різна поведінка локальних контактних областей вихідної і вторинної структури матеріалу поверхні тертя. Динаміку структурних і фазових перетворень в процесі тертя більш точно можна дослідити методами безперервного їх фіксування і контролю. В зв'язку з цим слід розробити та удосконалити фізичні та фізико-хімічні методи та методи рентгенівського безперервного структурно і фазового аналізів на основі виявлення закономірностей перетворень матеріалів трибоспряжень зразків та деталей.

УДК 621.891

ТРИБОФІЗИКОМАТЕРІАЛОЗНАВЧИЙ ПІДХІД ПРИ ОЦІНЦІ РЕСУРСУ ДЕТАЛЕЙ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Аулін В.В., д.т.н., професор;

Кузик О.В., к.т.н., доцент;

Жилова І.В., аспірант;

Лукашук А.П., аспірант

Центральноукраїнський національний технічний університет

При оцінці ресурсу деталей систем і агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки (МСГТ) необхідно передбачувати зміни стану поверхневих шарів їх матеріалів, які відбуваються в процесі тертя і зношування. В процесі тертя деталей машин виникають суттєві зміни в матеріалах їх поверхневих робочих шарів під впливом пружно-пластичної деформації і теплоти в процесі роботи сил тертя і переході механічної енергії в теплову, а також протіканні ряду інших процесів. Ці зміни можна розглядати як на макроскопічному, так і мікроскопічному рівнях. До макроскопічних слід віднести зміни мікрогеометрії і рельєфу взаємодіючих спряжених поверхонь, утворені нарости, викришування дрібних і великих частинок та знос матеріалу зон тертя, як поступове видалення тонкого поверхневого шару трибоелементу. Мікроскопічні зміни складають зміни структури і субструктури (кількості і характеру розподілення дефектів кристалічної ґратки та ін.).

Однією з головних причин зміни фізико-механічних властивостей поверхневого шару є нерівномірна пластична деформація, енергія якої витрачається на формуванні залишкових напружень. Із зростанням питомих тисків і швидкостей частка глибинної пластичної деформації зменшується через значну частину витрат роботи сил тертя на пружні і пластичні деформації в місцях контактів, а також на процес зношування. Виникаючі поля температур, напружень та деформацій в матеріалі деталей при терті, обумовлюють можливість протікання в них ряду складних і взаємозв'язаних процесів. Зміна стану поверхонь тертя деталей матеріалів істотно залежить від динаміки зміни комплексу властивостей і структури, тобто визначається закономірностями динамічного трибоматеріалознавства поверхневих шарів деталей машин. Ефективне виявлення цих закономірностей можна здійснити на основі фізичного підходу у цій проблемі, який вимагає вивчення процесу тертя на мікроскопічному рівні.

Процеси, що призводять до зміни структури і властивостей матеріалу поверхневих шарів деталей трибоспряжень, можуть відбуватися як в результаті фазових перетворень, так і без них. При зміні стану без фазових перетворень матеріалу під дією сил тертя і реакцій, що викликаються ними, може спостерігатися прискорена еволюція зміни станів матеріалів деталей до самої деградації їх (руйнування). При цьому, можуть мати місце і процеси, тривалий період які намагаються перешкоджати процесам деградації та руйнуванню матеріалів деталей.

В процесі експлуатації матеріали деталей проходить через серію станів, одні з яких