

кількість тепла, яке виділяється на межі «аустеніт - компакне графітне включення» складає 15,39 кДж на 1 кг розплав. Такий характер розподілу ділянок виділення тепла визначає, що оточуюча включення компактного графіту тверда аустенітна фаза буде мати суттєво вищу температуру ніж у розплав.

Показано, що існування суцільної перегрітої аустенітної оболонки можливе за рахунок зниженого вмісту в ній вуглецю і відповідно підвищення температури солідусу, що створює умови для інтенсивної дифузії вуглецю через аустеніт з розплав евтектичного складу до поверхні графітних включень. Особливі теплофізичні умови формування аустенітних оболонок приводить до підвищеного вмісту у них кремнію та пониженого марганцю, наслідком чого є формування феритних оболонок навколо включень компактного графіту.

Таким чином, встановлено залежності теплових ефектів за теплою утворення від температурного фактору та обґрунтовано роль теплофізичних процесів у формуванні включень вермикулярного та кулястого графіту, із забезпеченням їх росту за рахунок дифузії вуглецю з розплав через аустенітну оболонку, що безумовно є важливим у виробництві високоміцних чавунів та виготовленні деталей МСГТ і АТТ підвищених ресурсів.

УДК 621.89

ФІЗИЧНА МЕЗОМЕХАНІКА ЗНОШУВАННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ МОБІЛЬНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ І АВТОТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ

Аулін В.В., д.т.н., професор;

Лисенко С.В., к.т.н., доцент;

Жилова І.В., аспірант;

Лисенко В.М., асистент

Центральноукраїнський національний технічний університет,

Один з найбільш поширених і в той же час найбільш складних видів руйнування робочих поверхонь деталей мобільної сільськогосподарської (МСГТ) та автотранспортної техніки (АТТ) при експлуатації, є зношування їх матеріалів. З трибології відомо, що локальне руйнування в зоні фрикційного контакту зразків деталей розвивається в сильно нерівноважних умовах, з підвищенням температури, схоплюванням, окисленням та багатьма іншими процесами.

При розробці матеріалів трибоспряжень деталей систем і агрегатів використовують критерії міцності і зносостійкості, які пов'язані з механікою локального руйнування і утворенням вільних частинок зносу. Аналізом трибофізичних методів дослідження процесів тертя та зношування виявлено, що найбільш ефективними є методи фізичної мезомеханіки, які розглядають поверхневий шар деталі, як багаторівневу самоузгоджену систему. Цей підхід до проблем тертя та зношування деталей машин є особливо перспективним, оскільки для підвищення зносостійкості матеріали деталей піддаються поверхневому зміцненню або нанесенню на їх робочі поверхні високоміцних покриттів. При цьому поверхневий шар деталі можна розглядати як багаторівневе неоднорідне конденсоване середовище.

Механіка контактної взаємодії описує матеріал поверхневого шару деталей на макромасштабному рівні, не враховуючи його внутрішньої структури. В той час фізика пластичності і міцності твердих тіл враховує внутрішню структуру матеріалу, але описати поведінку ансамблів 10^8 - 10^{12} дислокацій на мікромасштабному рівні математично проблематично. Тому для пояснення поведінки неоднорідного середовища поверхневого шару матеріалу деталей під навантаженням можна використати фізичну мезомеханіку

матеріалів, яка вводить в розгляд проміжний масштабний рівень – мезоскопічний. Це дозволяє розкрити принципово нові механізми поведінки навантаженої деталі у трибоспряженні систем і агрегатів МСГТ і АТТ.

В основі фізичної мезомеханіки матеріалів лежить опис руху на мезорівні тривимірних структурних елементів (мезооб'ємів) за схемою "зсув+поворот". Їх число невелике і може бути описано рівняннями звичайної механіки. Процеси на мікрорівні враховуються, як акомодатії на основі континуальної теорії дислокацій. Усереднювання руху кінцевого числа мезооб'ємів дозволяє отримати макроопис робочої поверхні деталі, що деформується, з врахуванням складної внутрішньої структури поверхневого шару.

У основі методології фізичної мезомеханіки матеріалів поверхневого шару деталей лежать синергетичні уявлення. Будь-які пластичні зсуви у навантаженому поверхневому шарі матеріалу деталі розглядаються, як втрата зсувної стійкості матеріалу в локальних областях концентраторів напружень. Зазначимо, що найменшу зсувну стійкість в матеріалі деталей має їх вільна поверхня. Первинні зсуви пружнопластичності в структурно-однорідному конденсованому середовищі поверхневого шару деталей завжди розвиваються в поверхневих шарах навантаженого матеріалу. Саме тому в реальних матеріалах немає різко вираженої межі текучості. Втомне руйнування при циклічному навантаженні нижче умовної межі текучості, починається з 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.

Відповідно до уявлень мезомеханіки незалежно від умов тертя і конкретних механізмів зношування базова модель повинна відображати зародження, еволюцію і механізм відриву дискретних частинок зносу від поверхні тертя у контактній локальній області. Вона враховує виникнення в навантаженому матеріалі локальних концентраторів напружень, пов'язаних з ними миттєвих напружень та вихровий характер руху мезооб'ємів. Останнє супроводжується виникненням на першій стадії локальних несущільностей і мікротріщин, а завершується розвитком магістральної тріщини і руйнуванням матеріалу деталі. Ця схема в фізичній мезомеханіці лежить в основі формування і відриву будь-яких дискретних частинок зносу. Звісно, що специфіку конкретних умов тертя слід враховувати при побудові тієї або іншої моделі.

Механізм формування і відриву дискретної частинки зносу за своєю суттю пов'язаний з вихровим характером пластичного плину матеріалу у приповерхневих шарах тертя. Цей процес повинен розвиватися самоузгоджено в ієрархії мікро- і мезомасштабних рівнів. Тому щоб побудувати моделі зношування на основі фізичної мезомеханіки, то необхідно:

- ідентифікувати масштабні рівні самоузгодженої пластичної деформації в приповерхневих шарах зони тертя деталей;
- кількісно охарактеризувати вихровий характер деформації в ієрархії самоузгоджених мікро- і мезомасштабних рівнів деформації;
- розкрити механізм формування і відриву дискретних частинок зносу в умовах вихрового характеру деформації в приповерхневих шарах матеріалу деталі.

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

Виявлено, що такий механізм ротаційної пластичності, пов'язаний з можливістю прослизання ультрадисперсних фрагментів один відносно одного. З одного боку, забезпечуючи в поверхневих шарах зразків деталей, надзвичайно великі пластичні деформації в процесі тертя, а з іншого - викликає локалізацію напружень різного знаку в шарах, що пролягають нижче, масштаб яких збігається з масштабом мезовихорів у

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 мезовихоревих 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.