

Самостійна робота за темою 4

Тема: Втомне, корозійне, кавітаційне, ерозійне, водневе та зношування при фретінг-корозії

(Самостійно опрацювати матеріал за темою 4 згідно плану)

4.1. Класифікація видів зношування.

4.2. Абразивне зношування.

4.1. Види зношування. Класифікація видів зношування

Відповідно до ДСТУ 2823–94, усі види зношування можна поділити на чотири групи: механічне; механохімічне, фретинг-корозійне і електроерозійне (рис. 4.1).

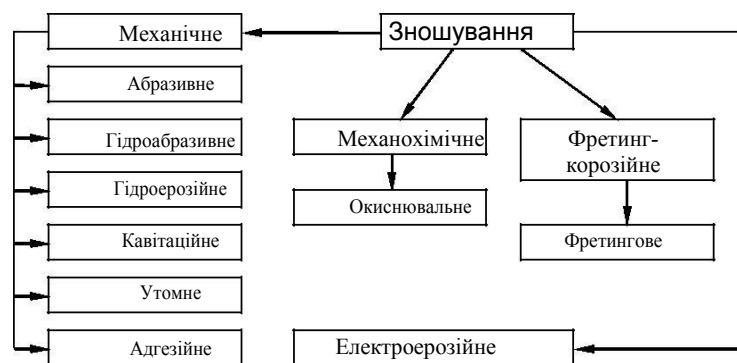


Рис. 4.1. Класифікація видів зношування згідно з ДСТУ 2823–94

4.2. Абразивне зношування

Абразивне зношування – це відділення з поверхні тертя матеріалу або його пластичне деформування під впливом твердих часток, що ріжуть чи дряпають поверхню матеріалу, які супроводжуються зміною лінійних розмірів тіла, що зношується. Цей вид зношування реалізується при наявності:

- нерухомо закріплених твердих зерен на поверхні тертя одного з тіл, що спряжуються. Це тверді структурні складового матеріалу елементів пари тертя, частки абразивної шкірки, брусків та іншого інструменту, частки на-гару на стінках циліндра двигуна внутрішнього згоряння;

- вільних часток, що потрапляють у зону контакту тертьових тіл (оксидні плівки, частки зносу, пилу);

- незакріплених часток, що передають тиск маси (абразивні частки в ґрунті, гірських породах, насипних вантажах при їх транспортуванні), що деформується.

Найбільш значні результати дослідження абразивного зношування отримані М.М. Хрущовим при випробуваннях матеріалів по корундовій полотнині. Дослідження показали, що при стиранні чистих металів у відпаленому стані при ковзанні по вільному абразиву відносна зносостійкість пропорційна твердості (рис. 2.19, а). Для термооброблених сталей зв'язок має лінійний характер (рис. 2.19, б):

$$U_0 = U_{вз} + K (HB - HB_{вс}), \quad (4.1)$$

де U_{63} – відносна зносостійкість у відпаленому стані; K – коефіцієнт; HB – твердість металів; HB_{63} – твердість у відпаленому стані.

Зносостійкість залежить від співвідношення твердості матеріалу H_M і абразиву H_A : $K_T = H_M/H_A$.

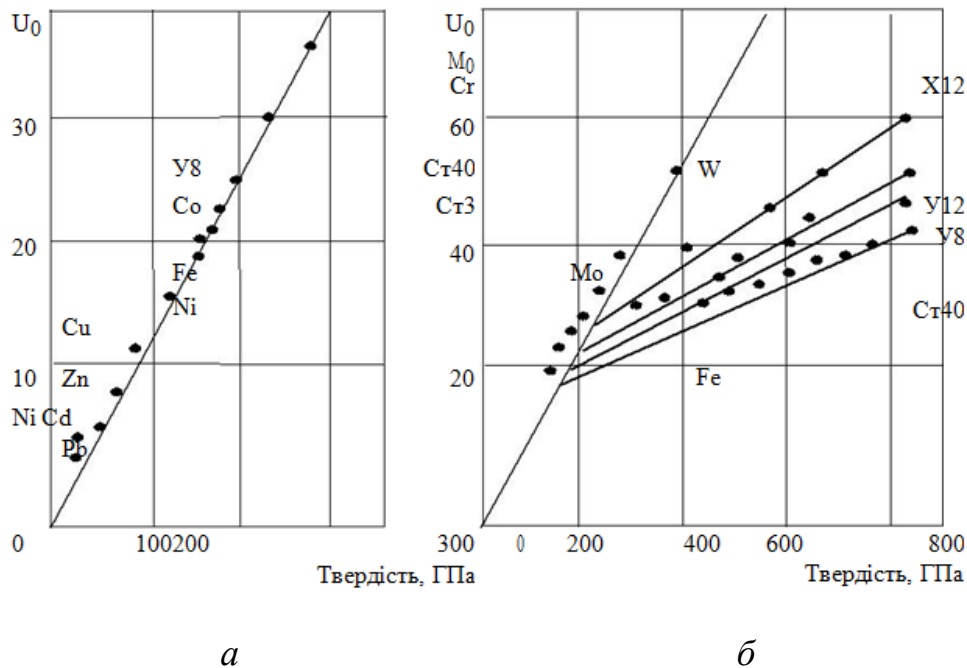


Рис. 4.2. Залежність відносної зносостійкості від твердості матеріалу

Якщо $K_T < 0,7$, то відбувається руйнування при однократному проході (мікрорізанні). Якщо $K_T > 0,7$, процес переходить в багатоциклічний. Твердість різних матеріалів за шкалою Мооса показана на рис. 4.2. Шкала побудована з таких міркувань: твердість м'якого мінералу тальку – прийнята за одиницю, а твердість алмаза прирівняна до 10 балів.



Рис. 4.3 Твердість матеріалів за шкалою Мооса

Абразивне зношування закріпленими частками. Спостерігається при обробці матеріалів абразивним інструментом хонінгування (огранювання каменів, виготовлення лінз і виробів з деревини, обробка металів без застосування мастильно-охолодних рідин).

Міцність абразивних часток зростає зі зменшенням розмірів. Чим менший розмір, тим менше дефектів і нижча імовірність руйнування. Чим жорсткіше закріплена частка, тим вища імовірність багатоциклічного зносу.

При зношуванні металів твердими закріпленими абразивними частками можлива одночасна реалізація двох механізмів руйнування поверхні тертя. Перший – мікрорізання – спостерігається при однократному навантаженні з утворенням стружки перед гранню частки, що ріже. На поверхні тертя виникають канавки, орієнтовані уздовж вектора швидкості ковзання. У більшій мірі цей механізм проявляється при зношуванні крихких матеріалів. При реалізації другого механізму руйнування частки зносу утворюються в результаті багаторазового пластичного деформування зношуваного тіла абразивною часткою. Багаторазове передеформування матеріалу в результаті наступних проходів часток призведе до втоми і відділення цього матеріалу від поверхні тертя. Звичайно перший механізм вносить незначний вклад у процес зношування в порівнянні з другим.

Поверхня металів, що піддаються абразивному зношуванню, покриваються безліччю паралельно розташованих канавок, орієнтованих у напрямку відносного переміщення тіл, що спряжуються. В окремих випадках, особливо коли домінуючим є другий механізм зношування, дно канавок покривається мікротріщинами, площина яких перпендикулярна вектору швидкості V . При абразивному зношуванні частки, що утворюються, можуть набувати форму стружки, якщо переважає перший механізм зношування. Однак найбільш ймовірна поява абразивних часток у вигляді багатогранника. При важких режимах навантаження можливе утворення сферичних часток зносу розміром до 30 мкм.

Інтенсивність абразивного зношування залежить від ряду факторів. Найбільш істотними з них є номінальний тиск p_a на контакті і твердість матеріалу HV або HB , що зношується:

$$I h \cong k \frac{p_a}{HV} \quad , \quad (4.2)$$

де k – коефіцієнт пропорційності.

При зношуванні по закріпленому абразиву відносна зносостійкість ϵ_0 технічно чистих металів і відпаленої сталі прямо пропорційна їхній твердості. Це обумовлене зменшенням глибини проникнення абразивних часток в об'єм тіла, що зношується. Зі збільшенням твердості сталей шляхом термообробки їх відносна зносостійкість також зростає. Причому ця залежність є лінійною. Підвищення твердості сталі методом попереднього деформаційного зміцнення не викликає істотної зміни (рис. 4.4)

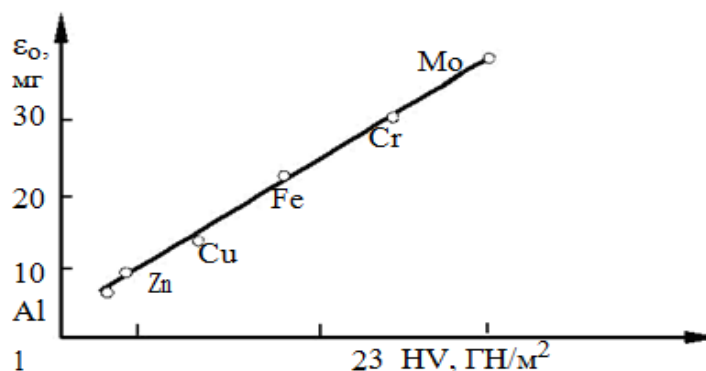


Рис. 4.4. Вплив твердості на зносостійкість технічно чистих металів

Інтенсивність зношування металів залежить також від твердості часток абразиву HV_a . Якщо HV_a значно перевищує твердість металу HV , що зношується, то інтенсивність зношування останнього порівняно слабо залежить від різниці твердостей абразиву і металу. Так, зміна відношення HV_a/HV від 25 до 200 викликає зниження опору чистих металів зношуванню тільки в 4...8 разів. Якщо твердість металу перевищує на 60% твердість абразиву, то зносостійкість металу різко зростає, а залежність ε_0 (HV_a/HV) стає більш яскраво вираженою. В інтервалі зміни HV_a/HV від 3 до 25 залежність I_h від співвідношення твердостей тіл, що спряжуються, відображається нелінійною функцією.

Вплив швидкості ковзання на I_h металів при абразивному зношуванні неоднозначний. Характер залежності $I_h(V)$ є досить складним і визначається структурою металу і рівнем нормального навантаження. При $V > 2$ м/с спостерігається тенденція до зменшення I_h зі збільшенням швидкості ковзання.

Механізм абразивного зношування високоеластичних матеріалів полягає в такому. При проникненні абразивного зерна в поверхневий шар матеріалу і прикладання до нього дотичного навантаження перед плямою контакту утворюються зона деформацій стискування, а позаду матеріал піддається розтягуванню. Багаторазові деформації розтягання викликають утворення на поверхні тертя мікророзривів, площа яких перпендикулярна напрямку ковзання одного з тіл пари тертя. При великій глибині проникнення частки мікророзриви можуть утворюватися після однократного навантаження. Мікророзриви утворюються на поверхні тертя періодично, що вказує на стрибкоподібне ковзання абразиву по поверхні еластомеру. При додатку дотичної сили до частки, що впровадилася, еластомер, маючи високу еластичність, розтягується доти, поки пружна сила, що відновлюється, не перевищить силу тертя (силу зчеплення абразивної частки з еластомером). Після цього розтягнута ділянка еластомеру, відновлюючи свою форму, відскакує у напрямку, протилежному вектору швидкості V , і в контакт вступає нова ділянка поверхні тертя, що значно віддалена від попередньої.

Подальше навантаження призводить до появи нових і розвинення раніше утворених мікророзривів. При високій їх щільності матеріал, обмежений з усіх боків мікророзривами, відривається від основного матеріалу і видаляється з зони тертя. Згодом руйнування локалізується на тих ділянках поверхні тертя, що мають більш високу щільність мікророзривів.

Зношування полімерів у склоподібному стані обумовлене сукупністю фізико-хімічних процесів у контакті, що призводять в основному до двох видів руйнування: мікрорізанню і утомі поверхневого шару при багаторазовому деформуванні абразивними частками.

Контактно-абразивне зношування вільними частками. Абразивне зношування вільними частками спостерігається у трібосистемах двигунів внутрішнього згоряння (циліндр – поршневе кільце), транспорту (колесо – рейка, п'ята – підп'ятник поворотного механізму вагонів, у парах вал – втулка, палець – вушко гусениці) та інших пристроїв.

Для тяжконавантажених трібосистем (зубчасті передачі, підшипники кочення) найбільш імовірним є процес дроблення абразиву. Потрапляючи в

зону контакту частки абразиву не встигають проникнути в об'єм одного з третьових тіл на необхідну для мікрорізання глибину ($h/R > 0,1$) і руйнуються.

При навантаженнях, які менші зусилля руйнування часток, відбувається їхнє проникнення в менш твердий матеріал (шаржування), і процес зношування визначається умовами шаржування і властивостями того тіла, твердість якого вища. При цьому можливі два типи руйнування поверхонь спряжених тіл. При першому типі зусилля, яке зсовує частку, що проникла, менше критичного, при якому було б можливе переміщення цієї частки в поверхневому шарі м'якого матеріалу. У таких умовах має місце тертя закріпленого абразиву по більш твердому матеріалі, що зношується в більшій мірі. Так, знос шийок загартованих колінчатих валів автомобілів найчастіше виявляється вище, ніж вкладишів з м'якого металу. При другому типі руйнування зусилля, що зрушує частку абразиву, більше критичного, тому відбувається переміщення часток абразиву в більш м'якому матеріалі, і він піддається інтенсивному зносу.

Інтенсивність зношування металів залежить в основному від твердості третьових тіл і абразиву, а також від властивостей міцності і структури металу, що зношується. Зі збільшенням міцності, твердості і вмісту вуглецю в сталі її опір абразивному зношуванню росте.

У значно меншій мірі, ніж метали, піддаються абразивному зношуванню еластомери. Їхня здатність до великих пружних деформацій не дозволяє створювати високий тиск на контакті абразивної частки з тілом, що зношується. Полімерні матеріали мають більш високу зносостійкість, ніж метали, що особливо характерно для низьких навантажень.

Гідроабразивне (газоабразивне) зношування. Цей вид зношування має місце у трібосистемах, коли абразивні частинки рухаються в потоці рідини (газу) або іншого середовища, наприклад, ґрунту.

Механізм зношування матеріалів у масі абразивних часток змінюється в залежності від співвідношення твердості часток і матеріалу, що зношується. Якщо при зношуванні твердість часток абразиву вища за твердість матеріалу, то руйнування його поверхні тертя відбувається внаслідок мікрорізання (відділення часток зносу у вигляді стружки при однократному проході абразивної частки) або в результаті багатоциклічного руйнування пластичних ділянок, що деформуються. Якщо твердість часток абразиву нижче, ніж матеріалу, що спряжується з ними, зношування металу відбувається з таких причин:

- через фрикційне нагрівання поверхневого шару, яке викликає зменшення твердості окремих ділянок поверхні металу при терті;
- завдяки підвищенню інтенсивності окиснювання металу при нагріванні в точках контакту, руйнування продуктів окиснювання і видалення їх із зони тертя у вигляді часток зносу.

На інтенсивність зношування металів впливає ряд факторів: твердість металу і абразивних часток, форма, розміри і вміст абразивних часток, тиск на плямах контакту і швидкість переміщення тіла, яке зношується.

Як впливає твердість третьових тіл на опір зношуванню металу, видно

з наведених залежностей

на рис. 4.5 результатів випробувань чистих металів. При зношуванні корундовим піском зносостійкість металів ϵ_M

підвищується зі зростанням їхньої твердості (крива 1), а залежність $\varepsilon_M(HV)$ є, лінійною. Ця крива відповідає зношуванню в режимі мікрорізання, тому що твердість корунду значно перевищує твердість металу.

При терті по кварцу (крива 2), твердість якого нижча, ніж корунду, реалізується змішаний механізм зношування. Утворення часток зносу відбувається в результаті мікрорізання і багаторазового пластичного деформування.

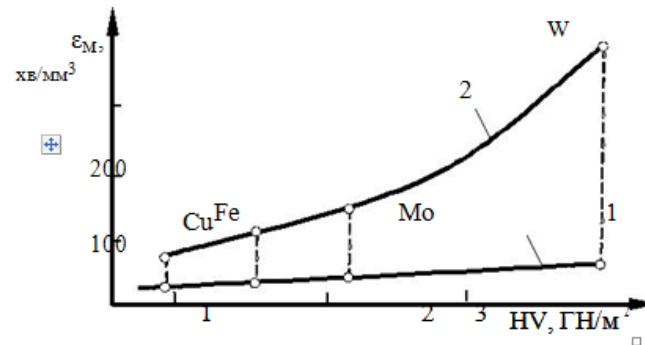


Рис. 2.5. Залежність зносостійкості технічно чистих металів від твердості

при терті в масі абразивних часток: 1 – корунд; 2 – кварц

Для полімерних матеріалів не виявлено кореляції між зносостійкістю і твердістю. Установлено, що в зоні малих навантажень існує кореляція між зносостійкістю полімерів та їх модулем пружності (рис. 4.6). З підвищенням навантаження крива $\varepsilon_M(E)$ повинна бути більш пологою, тобто зменшення модуля пружності повинно викликати менш істотне зростання ε_M . Це підтверджується результатами порівняльних випробувань сталі (Ст.3) і еластомеру вулколана. При малих навантаженнях опір вулколана зносу в 2 рази вище, ніж ε_M сталі. Зі збільшенням навантаження значення цих характеристик зближуються, а в зоні високих навантажень ε_M сталі стає вище майже на порядок.

о



Рис. 4.6. Залежність зносостійкості полімерних матеріалів від модуля пружності