

АНАЛОГІЯ МЕХАНІЗМІВ ФОРМУВАННЯ МАРТЕНСИТНИХ СТРУКТУР В ЗОНІ ТЕРТЯ ТА ПРИ ОБРОБЦІ МАТЕРІАЛУ КОНЦЕНТРОВАНИМИ ПОТОКАМИ ЕНЕРГІЇ

Кіровоградський національний технічний університет, Україна

Фізико-хімічні процеси, що відбуваються при терті, визначаються передачею енергії і її дисипацією при контактних взаємодіях. Це обумовлює те, що у локальних ділянках робочих поверхонь деталей можуть розвиватися високі температури, аж до оплавлення тонких шарів. На тертя і зношування матеріалів, крім температури в зоні тертя, істотно впливають градієнт температур, здатність матеріалу акумулювати тепло (теплофізичні властивості матеріалу, конфігурація контакту), а також умови тепловіддачі.

Виникаючі температура, деформація і інші чинники, що діють на матеріал при терті, визначають можливість протікання в ньому ряду складних і взаємозв'язаних процесів, залежно від багатьох чинників, зокрема, від умов та режимів тертя, природи матеріалів трибоелементів (ТЕ) та робочого середовища, їх будови, структури та комплексу властивостей.

В залежності від енергії, що виділяється при терті, окрім пластичної деформації подолання сил взаємодії і власне зносу, в активних шарах матеріалу ТЕ, можуть здійснюватися дифузійні процеси, процеси рекристалізації і відпочинку, поліморфні перетворення, процеси розчинення і виділення надлишкової фази та ін.

У випадку, коли температура в зоні тертя перевершує критичні точки перетворень матеріалів ТЕ, процес тертя супроводжується його локальними структурними перетвореннями. Якщо температура нижча критичної, то в малих об'ємах загартованого матеріалу відбуваються процеси відпускання. Відмітимо, що в умовах тертя, окрім температури, на фазові і структурні перетворення одночасно впливають високий тиск в мікроконтактах та взаємодії ТЕ із зовнішнім середовищем.

Швидкості нагрівання і охолодження при терті для ділянки локального контакту можуть досягати дуже високих значень порядку $4 \cdot 10^5 \dots 10^4 \text{ } ^\circ\text{C/s}$ і $10^3 \dots 10^4 \text{ } ^\circ\text{C/s}$.

Швидкість переходу дрібнодисперсних карбідів і мартенситу в аустеніт значно збільшується внаслідок наявності зародків аустеніту, якими є ділянки залишкового аустеніту.

Особливістю термічного циклу при впливі концентрованими потоками енергії (КПЕ) є відсутність витримування металу при сталій температурі, а також спостерігається миттєве охолодження. Це обумовлює відмінність характеру протікання теплофізичних процесів, наприклад при лазерному гартуванні, від аналогічних процесів при традиційних нагріванні і охолодженні.

При лазерному гартуванні, як і при інших способах обробки конструкційних матеріалів КПЕ, на етапі нагрівання проходить формування аустенітної структури, а потім на етапі охолодження спостерігається перетворення її в мартенсит. Процес перетворення перліту в аустеніт при лазерному гартуванні відбувається з великими швидкостями нагрівання металу. Практично це перетворення реалізується при нагріванні вище температури аустенізації. Зауважимо, що при різних швидкостях нагрівання спостерігаються різні температури початку і кінця процесу аустенізації.

Для утворення мартенситу при інтенсивному охолодженні необхідно знижувати температуру зі швидкістю, що нижча критичної для сплаву з певним вмістом вуглецю.

На сьогодні зроблені спроби опису формування просторово-неоднорідних структур, отриманих в полі лазерного випромінювання, на основі теорії фазових переходів Гінзбурга – Ландау (термодинамічний підхід). Утворення "твидових" структур при температурах вище критичної, коли в кристалі формується повномасштабна мартенситна структура, пов'язано з виникненням зародків мартенситу в результаті гетерофазних флуктуацій.

Формування мартенситних структур з синергетичної точки зору можна трактувати як результат процесу самоорганізації елементарних об'ємів перетворення, що пов'язані з рухом дислокацій перетворення вздовж міжфазних границь. Цей підхід відрізняється від термодинамічного тим, що дозволяє вибрати правильний фізичний масштаб явища і керувати процесом впливу на параметри переходу структурних факторів.

Щоб перейти до реальної картини мартенситного перетворення під дією КПЕ слід врахувати нелінійний характер дисипативного процесу, у ході якого тривалість релаксації набуває диспергуючого характеру, що зростає зі збільшенням спонтанної деформації.

Теоретично обґрунтовано, що в локальній області поверхневого шару деталей під дією КПЕ, на прикладі лазерної обробки, виникає скорельоване формування мартенситної структури. Показано, що синергетичний підхід з використанням кінетичних методів статистичної фізики дає можливість пояснити специфічні властивості і структуру мартенситу під дією КПЕ. Про це свідчать розв'язки кінетичного рівняння та зміна характеру потенціального рельєфу мартенситного перетворення матеріалу в полі лазерного впливу.

Визначено і специфіку дисипативних процесів в матеріалі з проявом негативного та позитивного зворотних зв'язків, а також спонтанного переходу матеріалу в упорядкований стан.

Проведені дослідження свідчать, що умови формування мартенситу в поверхневому шарі матеріалу при терті і КПЕ мають локальний характер, а структури мартенситу аналогічні. Це дозволяє попередньо КПЕ формувати на поверхнях тертя структури, які формуються при терті, що обумовить мінімальну інтенсивність зношування і оптимальний коефіцієнт тертя.

Аулін В.В., (к.ф.-м.н., професор Кіровоградського національного технічного університету (КНТУ)), *Кузик О.В.*, (к.т.н., КНТУ), **Аналогія механізмів формування мартенситних структур в зоні тертя та при обробці матеріалу концентрованими потоками енергії**