

Дослідження характеру напружено-деформованого стану після лазерної обробки

Розглянуто модель структури ділянки матеріалу після обробки лазером, у якій між зміцненою ділянкою та матрицею є перехідна зона та проаналізовано процеси, спричинені в умовах тертя. Показано, що в результаті обробки лазером можуть бути розраховані та прогнозовані, залежно від виду навантаження, локальні напруження в матеріалі зважаючи на механічні властивості, вигляд та структуру перехідної зони.

Вступ. Для деталей, що працюють в екстремальних умовах, досить важливий фактор коректності вибору гетерогенної структури при створенні матеріалів пар тертя. Напружено-деформований стан композиційного матеріалу є найвагомішим фактором, який виникає в матеріалі під контакту в парі тертя і потребує детального вивчення.

Створення композиційних зносостійких покриттів дискретними методами є перспективним напрямком задля підвищення довговічності деталей машин та їх зміцнення. Дискретна обробка проводиться за допомогою лазерного та електронного променя та електроіскрового легування.

При лазерній обробці в безперервному і в імпульсному режимах можуть утворитися так звані «зміцнені – незміцнені ділянки» - це перехідні зони. Важко сподіватися на успішне вивчення виникнення та подальшого розвитку руйнування, яке як правило найбільш ймовірне у найслабкішому місці, допоки не буде досліджено та вивчено природу та вплив перехідних зон.

У роботі досліджувався вплив на локальний характер напружено-деформованого стану механічних характеристик і будови, а також їх природи у перехідних зонах, які утворились під час лазерної обробки між зміцненими та незміцненими ділянками [1].

Постановка завдання. Від попередньої термообробки залежить структури ділянки лазерної обробки (СДЛО). Термічній лазерній обробці піддають загартовані, відпалені або нормалізовані сталі. На рис.1 зображено структуру (СДЛО) на загартованій сталі. В структурі (СДЛО) відбувається перезагартування і утворюється відпущена зона між ним та попередньо загартованим шаром матеріалу. Вона складається з феритно-карбідної суміші різного ступеня дисперсності (мартенсито-троостіт, троостіт, троостосорбіт).

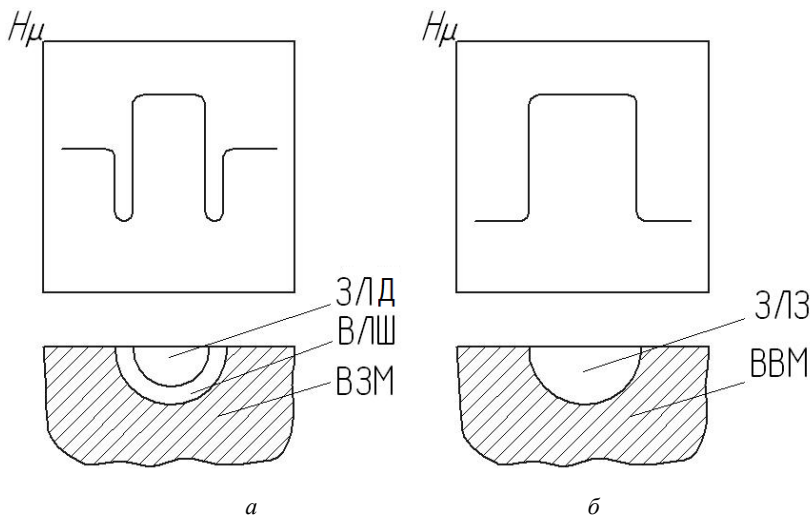


Рис. 1. Структура СДЛО і мікротвердість в перерізі залежно від попередньої обробки: *а* – попереднє гартування; *б* – попередній відпуск; 3/ЛД – загартована лазером ділянка; В/ЛШ – відпущений лазером шар; ВЗМ – вихідний загартований метал; ВВМ – вихідний відпущений метал

Під час відпалу сталі (рис.1, *б*), відпуску або нормалізованому стані досить чітко виділяється лише ділянка, загартована лазером [2]. Схожа будова СДЛО притаманна для однієї плями (при імпульсному режимі) або поперечного перерізу доріжки (при безперервному режимі). Варто зазначити, що схеми будови СДЛО на рис. 1 є узагальненими. Між ними можуть бути відмінності на практиці, зумовлені або класом сталей, попередньою обробкою (хіміко-термічною, термо-механічною та ін.), або технологією лазерного опромінення (наприклад опромінення з оплавленням поверхні).

Перехідні зони утворюються під час дискретної обробки лазером, залежно від виду вихідної структури матеріалу, режимів обробки та параметрів лазерного пучка. Вони полегшують релаксацію структурних та термічних напружень, що можуть виникати у матеріалі за імпульсних теплових навантажень і самогартування та відіграють роль демпферів.

Результати дослідження. Дослідимо вплив характеру перехідної зони та закону зміни механічних властивостей в ній на прикладі моделі композиційного середовища зі структурою, сформованою однаково направленими і випрямленими циліндричними включеннями з однаковим поперечним перерізом, з в'язким середовищем у просторі – матрицею, що має пружні характеристики, які відрізняються від включень. Включення, складаються з ізотропної гомогенної серцевини і одно- чи багатшарової перехідної зони.

Задаючи певну кількість шарів, характеристики та їх товщину можна моделювати будь-який закон зміни властивостей в перехідній зоні [3].

Вплив перехідної зони та її величини, закон зміни її механічних властивостей досліджували на зразках після дискретної обробки, які мають зазначену структуру, перехідна зона якої утворена елементарними концентрично розташованими прошарками, фізико-хімічні і механічні властивості яких відмінні від таких у матриці, і включення тільки в напрямі радіус-вектора R_i (рис.2). В той же час дозволяється подвійне періодичне розміщення включень, для спрощення завдання і вивчення поведінки елементарного об'єму, який містить одне включення, оскільки суміжні з ним об'єми при цьому перебувають в еквівалентному напруженому стані. Кожний i -й шар перехідної зони має свої механічні властивості (модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона) і свої розміри ($R_i - R_{i-1}$). У першому наближенні припускаємо, що елементарний об'єм має коловий поперечний переріз, радіус якого – R_m .

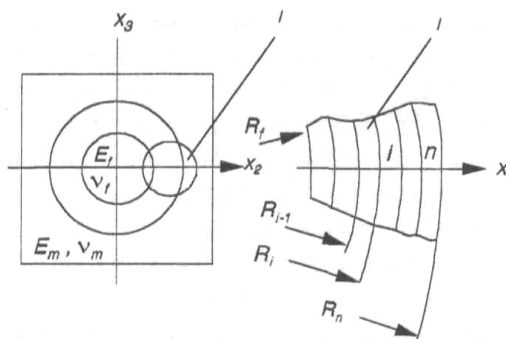


Рис. 2. Схема поперечного перерізу елементарного об'єму досліджуваного середовища

Змінюючи кількість елементарних шарів, їх товщину і механічні властивості, можна моделювати будь-який закон зміни властивостей в перехідній зоні між включенням і матрицею. За довільного розміщення включень відносно поверхні тертя трибоконтакту в елементарному об'ємі реалізується загальний випадок просторового напруженого стану, який за допущення про пружний характер деформування можна розділити на складові: зсування в площині, паралельній осі вкраплення, – поздовжнє зсування; розтягнення вздовж осі вкраплення – поздовжнє розтягнення (стискання); розтягнення – стискання у площині, перпендикулярній до осі вкраплення, – поперечне стиснення – розтягнення з поперечним зсувом.

Локальні поля напружень суттєво залежать від закону змінювання властивостей в перехідній зоні. За умов, що в перехідній зоні модуль пружності не змінюється за товщиною і значно перевищує модуль включення (загартована зона), напруження в останній суттєво змінюються. Однак,

перехідна зона створюється місцем найбільшої концентрації локальних напружень в структурі, до того ж максимум розподілу зміщується на межу з матрицею. Із збільшенням товщини перехідної зони рівень концентрації напружень різко знижується.

За відсутності перехідної зони між матрицею і включенням, то концентрація напружень у загартованій зоні максимальна, а в матриці вони зосереджені на межі розділу.

Наявність перехідної зони, що характеризується плавною (лінійною) зміною в ній міцнісних властивостей, концентрація напружень у включеннях знижується і якомога плавніше переходить в матрицю, поступово зменшуючись до рівня напружень в матриці.

Висновки. Дослідженнями встановлено характер напружено-деформованого стану, який виникає в умовах навантаження силами тертя матеріалу з дискретною обробкою, саме у кільцевій перехідній зоні між вкрапленнями і матрицею, через зміну в ній механічних властивостей.

Міцність перехідної зони має лінійну залежність і концентрація напружень у ділянці після лазерної обробки знижується та плавно переходить у матрицю, в подальшому вона зменшується до показника напружень у матриці, що дає перевагу дискретній лазерній обробці загартованої сталі. В результаті відпуску в бік від загартованої ділянки лазером композиція перехідної зони змінюється наступним чином: тросто-мартенсит, троостит, сорбіт.

Список літератури

1. Кіндрачук М. В. Формування дискретної структури азотованих покриттів рівної зносостійкості/ В.В. Харченко, О.І. Духота, І.А. Гуменюк // Проблеми тертя та зношування - 2022. - №4 (97). С. 4-9.
2. Кіндрачук М. В. Дослідження напружено-деформованого стану, структури та зносостійкості композиційних покриттів різним розміром наповнювача/ М. В. Кіндрачук, А. О. Корнієнко, С. В. Федорчук, Н. О. Рибасова, А. Л. Гловин// Проблеми тертя та зношування.- 2020.- №4. С. 37 – 46.
3. Rol stroeniya i svoystv perekhodnoi zoni «matritsa-napolnitel» v napryazhenom sostoyanii kompozitsionnikh materialov tribotekhnicheskogo naznacheniya / M. V. Luchka, Yu. Ya. Dushek, M. V. Kindrachuk, N. A. Uskova / Poroshkovaya metallurgiya. – 1998. – №3, 4. – S. 86 – 93.