УДК 621.375.826:621

Романенко М.В., аспірант
Кагляк О.Д., канд. техн. наук, доцент
Романенко В.В., канд. техн. наук, доцент
Блощицин М.С.. канд.техн. наук, доцент
КПІ ім. Ігоря Сікорського, romvvv@gmail.com

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГЛАДЖУВАННЯ ПОВЕРХНІ ЛАЗЕРНИХ РІЗІВ ПОВЕРХНЕВИМ ДЕФОРМУВАННЯМ

Поверхня різу, утворена після обробки матеріалу методом лазерного різання, має характерну рельєфну структуру у вигляді періодичних напівциліндричних нерівностей (борозен), що зумовлені специфікою фокусування лазерного пучка, режимами та швидкістю різання, а також механізмом виведення розплавленого металу з різу. Загалом поверхня різу може бути умовно поділена на дві зони: верхню (з шириною борозен 0,1–0,2 мм у зоні входу променя) та нижню, яка, окрім борозен, містить відкладення шлаку та застиглого металу. Висота мікронерівностей змінюється залежно від розташування ділянки щодо верхньої поверхні заготовки.

Одним із перспективних методів поліпшення якості таких поверхонь є кулькове вигладжування. Для вивчення ефективності цього методу було проведено експериментальне дослідження впливу кулькової обробки на фізико-механічні характеристики поверхневого шару виробів із вуглецевої сталі, виготовлених лазерною різкою. Цей тип сталі активно застосовується у виробництві середньо-навантажених машинобудівних компонентів, що обумовлює актуальність вдосконалення її обробки.

Зразки, отримані внаслідок лазерного різання, піддавалися кульковому вигладжуванню на вертикально-фрезерному верстаті із застосуванням спеціального інструмента, що складався з корпуса, гвинтової пружини та чотирьох сталевих кульок діаметром 8 мм (рис. 1). Пружинний механізм забезпечував постійне притискання кульок до оброблюваної поверхні. Інструмент був закріплений у шпинделі фрезерного верстата.

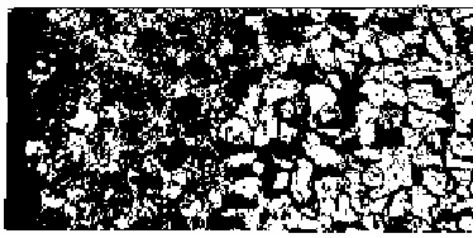
Рис. 1 – Кульковий інструмент для вигладжування поверхонь після лазерного різання.

У процесі експерименту особливу увагу приділяли впливу сили притиску кульок на шорсткість поверхні після її обробки. Параметри шорсткості Ra (середнє арифметичне відхилення профілю) та Rz (середня висота нерівностей десяти профілів) визначались за допомогою профілометра з цифровою реєстрацією результатів. Було виявлено суттєве зменшення обох параметрів після вигладжування порівняно з необробленими лазерними різами.

Дослідження мікроструктури різів здійснювалося із застосуванням металографічного мікроскопа. Визначення мікротвердості проводилось за методом Віккерса. Для проведення досліджень використовувалися металографічні зразки, підготовлені згідно зі стандартними методиками. Зокрема, мікротвердість вимірювали за допомогою мікротвердоміра, використовуючи навантаження на індентор у 50 грамів.

Отримані результати вимірювань дали змогу визначити мікротвердість HV0,05 на крайках лазерних розрізів, а також провести оцінку приросту мікротвердості ΔHV після обробки лазерних розрізів кульковим вигладжуванням при різних параметрах цієї обробки. Додатково було досліджено глибину зміцненого шару як на необроблених лазерних різах, так і на тих, що пройшли кулькове вигладжування. У випадку з вуглецевою сталлю мікроструктурні зміни чітко помітні на верхній поверхні розрізу завдяки зміні кольорів мінливості (рис. 2, а). Під час вивчення структурних перетворень у зоні термічного впливу спостерігалася наявність мартенситних голок, а також структур фериту й мартенситу (рис. 2, б).

а)



б)

Рис.2 – Видимий слід ЗТВ на крайках лазерного різу а) та мікроструктура вуглецевої сталі в цій зоні б).

Ширина зони зміненої мікротвердості становила близько 0,3 мм, з максимальним значенням 330 HV0,05 на крайках обробленої поверхні. Ці параметри поступово зменшувалося в напрямку до серцевини матеріалу. Порівняльний аналіз даних, отриманих після кулькового вигладжування, засвідчив підвищення мікротвердості поверхневого шару до 20% залежно від параметрів обробки. Результати вивчення впливу кулькового вигладжування на мікроструктуру крайок лазерних різів свідчать про те, що процес вигладжування призводить лише до невеликого підвищення мікротвердості та глибини зміцненого шару.

Для визначення залишкових напружень було застосовано традиційний механічний підхід. Напруження, що залишилися в поверхневому шарі зразків, встановлювали на основі деформацій, які виникали в процесі поступового видалення металевих шарів методом хімічного травлення. Після обробки лазерного різу вигладжуванням на його поверхні зафіксовано залишкові стискаючі напруження, тоді як на крайках, отриманих після лазерного різання, спостерігались виключно розтягуючі напруження. При цьому з’ясовано, що після проведення лазерного різання розтягувальні залишкові напруження локалізуються на глибині близько 0,05 мм від поверхні розрізу. Водночас, у разі кулькового вигладжування поверхні різу, у приповерхневому шарі формуються стискаючі залишкові напруження, розмір і глибина яких залежать від параметрів технологічного процесу вигладжування. Поява стискаючих напружень у поверхневому шарі має важливе значення для експлуатаційних характеристик деталей, зокрема, для підвищення їх втомної міцності.

Отже, в результаті експериментів із вигладжуванням кульками різів, виготовлених лазерним методом з вуглецевої сталі, виявлено, що кулькове вигладжування спричинило зменшення параметрів шорсткості поверхні *Ra* і *Rz* відповідно на 20% та 60% порівняно зі значеннями лише для лазерного різання. Кулькове вигладжування також викликало структурні зміни в матеріалі крайок різу при збільшенні мікротвердості поверхневого шару не більшим 20%. Крім того, на поверхні, після вигладжування лазерного різу, виявлено стискаючі залишкові напруження величиною до -350 МПа на глибині до 0,35 мм. Тому кулькове вигладжування поверхонь лазерних різів можна рекомендувати як фінішну операцію після виконання лазерної різки, що дає можливість значно покращити експлуатаційні характеристики виготовлених в такий спосіб деталей.