

## **ОСОБЛИВОСТІ ЛАЗЕРНОГО ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ СТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ**

### **FEATURES OF LASER SURFACE STRENGTHENING OF STEEL PARTS**

Науковий керівник – каф. «Матеріалознавства та технологій матеріалів»,

докт. техн. наук. Лебедєв В.Г.

Воронов Р.В.

The scientific supervisor – a cafe «Materials Science and Materials Technologies»,

doc. tech. sciences Lebedev V.G.

Voronov R.V.

Анотація: Лазерне випромінювання є ефективним інструментом в інженерії поверхні, який дозволяє значно розширити можливості керування якістю поверхневих шарів різних конструкційних матеріалів, створювати на їхніх поверхнях нові композиційні матеріали з наперед заданими властивостями, проводити формоутворення виробів складної просторової форми шляхом пошарового їх вирощування з порошкових матеріалів, згинати, витягувати тонколистові матеріали за рахунок локального змінювання їх напруженого стану та інше.

Ключові слова: лазерне випромінювання, зміцнення, інженерія поверхні, сталеві деталі.

Annotation: Laser radiation is an effective tool in surface engineering, which allows to significantly expand the possibilities of controlling the quality of the surface layers of various structural materials, to create new composite materials with their predetermined properties on their surfaces, to make shaping of products of a complex spatial shape by means of their level of growing from powder materials, bending, to extract thin sheet materials due to local change of their stressed state, and so on.

Key words: laser radiation, hardening, surface engineering, steel parts.

Стрімкого розвитку в останні роки набула технологія зміцнення поверхонь лазерним променем. Ця технологія заснована на локальному нагріванні ділянки поверхні під дією лазерного випромінювання і охолодження цієї ділянки із надкритичною швидкістю, за рахунок тепловідводу у внутрішні шари металу. Нагрівання при лазерному зміцненні не є об'ємним процесом, а здійснюється з поверхні.

Лазерне зміцнення матеріалів має низку переваг, які відрізняють його від інших методів поверхневого зміцнення, а саме: можливість за допомогою лазерного випромінювання проводити як зміцнення, так і розміцнення поверхні деталі керування процесами нагрівання і охолодження матеріалу; економія енергії за рахунок локальності зміцнення, яка дозволяє досягнути високої твердості приповерхневого шару на строго визначених ділянках, зберігаючи високі динамічні характеристики основного матеріалу; висока продуктивність процесу; можливість зміни властивостей поверхні матеріалу в труднодоступних місцях; безконтактність методу тощо.

Проте цьому прогресивному методу притаманні і певні недоліки. Основними з яких є: висока вартість потужного лазерного технологічного обладнання; недовговічність і велика вартість матеріалів лінз і дзеркал, які застосовуються для керування лазерним випромінюванням у просторі; необхідність застосування спеціальних покриттів для збільшення поглинаючої здатності опромінюваних поверхонь; необхідність захисту обслуговуючого персоналу від розсіяного лазерного випромінювання; мала продуктивність процесів під час обробки поверхонь, які мають велику протяжність; великі габарити лазерного технологічного обладнання.

Залежно від режимів лазерного оброблення глибина зміцненого шару може становити 0,05–3 мм, а мікротвердість підвищується в 1,5–5 разів.

Лазерне загартування ефективно там, де потрібні високі твердість і зносостійкість окремих найбільш навантажених ділянок поверхонь деталей. Ці якості забезпечуються за рахунок створення на поверхні виробу шару із загартованою структурою, що відрізняється від отриманої при звичайних способах об'ємного загартування. При лазерному загартуванні відбувається надшвидкісне нагрівання матеріалу до температур, що перевищують критичні точки. Завдяки локальності процесу нагрівання окремих об'ємів виробу, які оточені холодним металом з високою теплопровідністю, відбувається інтенсивне відведення тепла з швидкостями  $10^4$ - $10^5$  °C/с, які набагато перевищують критичні. Внаслідок цього в зоні опромінення відбуваються фазові й структурні зміни: при нагріванні –

утворення аустеніту та розчинення карбідних фаз, при охолодженні - перетворення аустеніту в мартенсит.

Іншим надзвичайно цікавим напрямком використання унікальних властивостей таких структур є інтенсифікація процесів хіміко-термічної обробки, таких як азотування, борування, цементация й ін. Інтенсифікувати процес хіміко-термічної обробки можна за рахунок збільшення дефектності кристалічної будови матеріалу, тобто збільшення густини дислокацій й ускладнення їхньої просторової конфігурації, що пов'язане зі здрібнюванням зерен і збільшенням протяжності їхніх границь, утворенням так званих «дислокаційних трубок». Оскільки структури, що утворюються після лазерної обробки, саме й мають такі особливості, то це й стало основою розробки нового способу комбінованої лазерної хіміко-термічної обробки, метою якої є істотне зменшення тривалості й енергоємності процесу, можливість селективної обробки окремих ділянок поверхні деталей при одночасному збільшенні товщини зміцненого шару й виключення деформації виробу. Сутність способу полягає в тім, що поверхня деталі, яку треба азотувати, попередньо піддається лазерному загартуванню, а потім проводиться хіміко-термічна обробка. Так, попереднє загартування вуглецевої сталі з наступним азотуванням у середовищі аміаку при температурі 800-860°C сприяє збільшенню глибини азотованого шару в зоні термічного впливу лазерного випромінювання в 3-4 рази (з 0,1мм до 0,46мм). При цьому значно підвищується дисперсність і мікротвердість структури. В азотованому шарі у вуглецевій сталі без попередньої лазерної обробки мікротвердість структури становить 3,5 ГПа, у шарі з лазерною обробкою - 8 ГПа.

#### Література

1. Якимов А.А., Лебедев В.Г., Бовнегра Л.В., Клименко Н.Н., Безнос С.В. Формирование свойств поверхностных слоев деталей при термоциклической обработке, реализуемой на операции шлифования прерывистыми кругами // Резание и инструменты в технологических системах: Междунар.науч.-техн. сб./ редкол.: А.И.Грабченко. – Харьков: НТУ "ХПИ", 2018. – Вып. 88. - С. 257-263.
2. Лебедев В.Г., Клименко Н.Н., Урядникова И.В., Чумаченко Т.В., Овчаренко А.В. Определение количества теплоты, выделяющегося при резании металла абразивным зерном, и контактной температуры шлифуемой поверхности // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харків, 2016.– Выпуск №5/7(83) 2016. – С. 43-50.
3. Лебедев В.Г., Клименко Н.Н., Луговская Е.А. Методика экспериментального исследования температуры шлифования непосредственно при обработке детали // Физические и компьютерные технологии (Труды 20-й

- Международной научно-практической конференции, 23-24 декабря 2014). □  
Д: ЛИРА.– Харків, 2015.– С. 34-38.
4. Лебедев В.Г., Клименко Н.Н. Некоторые особенности шлифования деталей оборудования атомной энергетики // Сучасні системи технологій у машинобудуванні. Збірник наукових праць, присвячений 90-річчю з дня народження професора ОНПУ Якимова О.В. □ Д: ЛІРА. – Одеса ОНПУ, 2015.– С. 78-85.
  5. Лебедев В.Г., Клименко Н.Н., Луговская Е.А. Обобщенные зависимости мощности и температуры резания абразивным зерном//Физические и компьютерные технологии (Труды 21-й Международной научно-практической конференции, 24-25 декабря 2015). □ Д: ЛИРА.– Харків, 2015.– С. 136-143.