

Технические науки/8.Обработка материалов в машиностроении.

К.т.н. Афанасьєва О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

К.т.н. Дощечкіна І.В.

К.т.н. Лалазарова Н.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ЛАЗЕРНА ПОВЕРХНЕВА ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ

Лазерні технології останнім часом знаходять все більш широке застосування в промисловості, тому що розвиток сучасного виробництва обумовлює зростаюче впровадження наукоємних технологій. Використання лазерної обробки матеріалів дозволяє забезпечити високу ефективність процесу, екологічну чистоту, а також економію людських і матеріальних ресурсів. В результаті використання лазерного променя для зміцнення матеріалів з'являється можливість змінити властивості окремих ділянок деталі, виготовленої з порівняно недорогого конструкційного матеріалу, отримати сплави з унікальними характеристиками міцності, зносостійкості і корозійної стійкості.

Для термічного зміцнення використовують технологічні лазери імпульсно-періодичного і безперервного режимів генерації випромінювання. З різноманітних типів оптичних квантових генераторів для поверхневої обробки матеріалів в основному використовуються газові і твердотільні лазери. Для лазерного гартування використовують газорозрядні відпаяні СО₂-лазери безперервної дії потужністю 1-10 кВт. Знаходять використання твердотільні лазери, що працюють в безперервному та імпульсному режимах,. Всі ці установки характеризуються досить високими значеннями потужності, їх експлуатація відрізняється високими витратами електроенергії.

На сьогоднішній день найбільш перспективними технологічними інструментами є волоконні лазери, що мають досить високу ефективність (до 50 %), низьку потужність і є досить економічними. Їх недоліком є висока вартість.

Специфіка лазерної обробки полягає в тому, що температура нагрівання поверхні об'єкта визначається не одними енергетичними параметрами випромінювання, але і характеристиками самого зміцнюваного виробу, а також умовами опромінення. Наявні в літературі відомості з вибору режимів обробки часто суперечливі. Немає єдиної думки про те, в яких випадках має місце максимальний позитивний ефект: при лазерній обробці з оплавленням поверхні або коли лазерне гартування проводиться в твердому стані.

Незважаючи на переважну думку про те, що безперервний режим більш підходить для проведення термічної обробки [1, 2], використання імпульсного випромінювання дозволяє знизити потужність лазерних пристроїв для термічного зміцнення. Мала тривалість імпульсів і можливість фокусування випромінювання в пляму малого діаметра дозволяють створювати енергії потужності достатні для нагріву оброблюваної поверхні до температур вище фазових перетворень.

Метою роботи є порівняння гартування середньовуглецевої сталі 45 випромінюванням твердотільного YAG-лазера (довжина хвилі випромінювання $\lambda=1,064$ мкм) в імпульсному і безперервному режимах при однаковій тривалості обробки.

За параметр контролю властивостей зміцненого шару була обрана мікротвердість. Енергія в імпульсі визначалася фотоелектричним методом.

Проведені дослідження впливу щільності енергії (W_E) на мікротвердість сталі 45 після гартування і високого відпуску при обробці в безперервному та імпульсному режимах (рис. 1). Отримані експериментальні дані свідчать, що на структуру і твердість сталі щільність енергії випромінювання має суттєвий вплив, оскільки цей фактор визначає температуру нагрівання поверхні об'єкта.

Такий характер впливу W_E на твердість сталі пояснюється фазовими перетвореннями в зоні дії світлового променя. У початковому стані мікротвердість сталі близько 7000 МПа. В умовах гартування в безперервному режимі при щільності енергії менше 110-120 Дж/см² в зоні дії світлового променя ніяких змін в будові сталі не спостерігається (рис. 1, крива 1). При щільності енергії

120 Дж/см² в опромінену об'ємі присутня одна структура, яка формується за рахунок високошвидкісного відпуску – це відпущений мартенсит з вмістом вуглецю близько 0,2 %, що і сприяє зменшенню мікротвердості (4000 МПа).

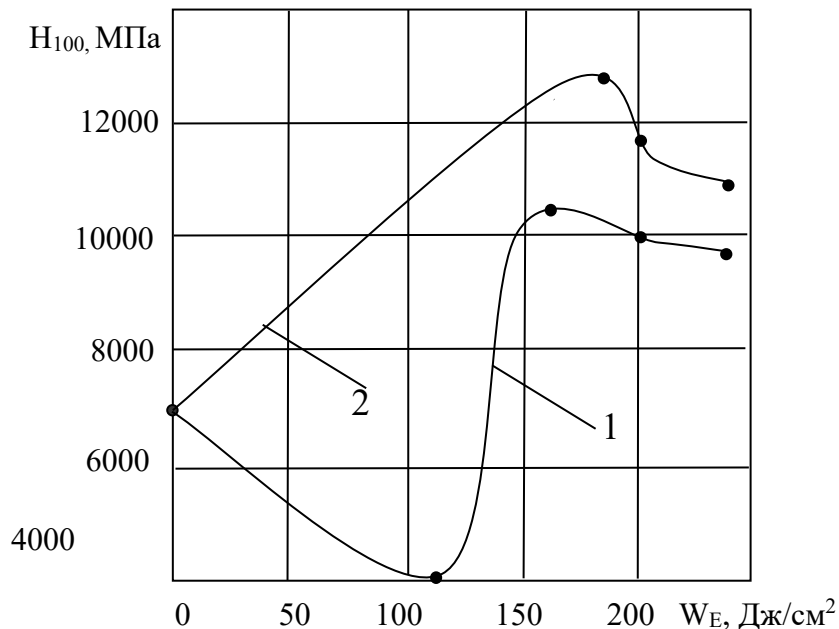


Рис. 1. Залежність мікротвердості сталі 45 від щільності енергії:
а – обробка в безперервному режимі, б – обробка в імпульсному режимі

З підвищенням щільності енергії випромінювання до 160 МПа твердість збільшується до 8000 МПа, що обумовлено вторинним лазерним гартуванням. При цьому досягається максимальна товщина загартованої зони.

Зниження твердості при подальшому зростанні W_E обумовлено плавленням поверхні і утворенням менш твердих структурних складових. Обробка з оплавленням також порушує геометрію поверхні.

При імпульсному зміцненні YAG-лазером має місце лазерна обробка з оплавлення поверхні, характер зміни мікротвердості від щільності енергії в імпульсі трохи інший (рис. 1, крива 2). Відсутня ділянка відпуску, максимум мікротвердості відповідає щільності енергії 180 Дж/см². В цьому випадку отримані більш високі значення мікротвердості (12600 МПа), чим при зміцненні у безперервному режимі (10200 МПа).

На структуру і мікротвердість сталі впливає також тривалість імпульсу випромінювання. При обробці в режимі імпульсного випромінювання був отриманий максимум мікротвердості при довжині імпульсу 0,2 мс.

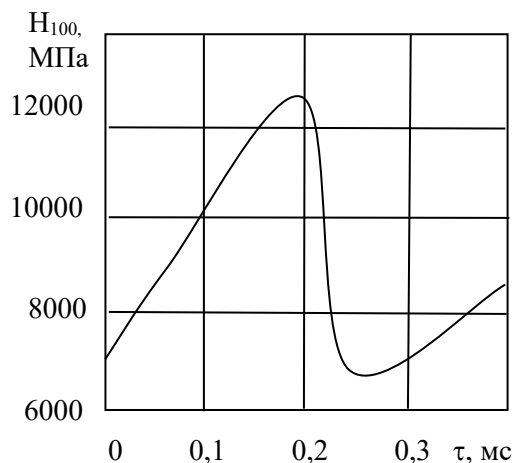


Рис. 1. Залежність мікротвердості сталі 45 від тривалості імпульсу

Твердотільний YAG-лазер дозволяє отримувати імпульси дуже малої тривалості і щільність потужності, що забезпечує температуру вище T_c . Розміри області опромінення дуже малі, тому відбувається надшвидкісне охолодження металу. В таких умовах процеси, пов'язані з фазовими перетвореннями і розплавленням сталі, розчиненням карбідів, затвердінням, не встигають завершитися в повному об'ємі, що і дозволяє отримувати більш високу твердість при обробці з оплавленням в імпульсному режимі.

Литература

1. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки.: учеб. пособие для вузов / под ред. А.Г. Григорьянца. М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 664 с.
2. Дьяченко В.С., Кирчатый В.И. Оптимизация режимов лазерной обработки конструкционных сталей // Сборник «Импульсные процессы в механике сплошных сред», Николаев, 2002.