

О. Г. ЖУРАВЕЛЬ, здобувач, Д. Ю. КРАВЦОВА, канд. фіз.-мат. наук, ст. викл.,  
У. І. ЗЮГАН, асистентка  
Криворізький національний університет

## ОГЛЯД ЗМІНИ МІКРОСТРУКТУРИ СТАЛІ ПРИ ЛАЗЕРНОМУ ГАРТУВАННІ

Лазерні технології в наш час є ефективним методом термічної обробки матеріалів. Так, наприклад, під час лазерного гартування практично відсутні деформації, що дозволяє обробляти деталі будь-якої конфігурації та розмірів.

У роботі [1] роблять оцінку мікроструктури, механічних та корозійних властивостей зразків, виготовлених зі сталі AISI 410, після опромінення імпульсним лазером Nd:YAG. Необроблений зразок має рівномірну мартенситну мікроструктуру. Зразки розподілили по серіям. Для зразків серії «F» змінювали положення фокусної точки від 22 до 28 мм, а для серії «E» – енергію імпульсу від 14,7 до 17,85 Дж.

Виявлено, що через збільшення потужності лазера і зменшення відстані зразка від фокусної точки з'являється більше мартенситної фази, що призводить до збільшення твердості. Так у зразку F4 з найменшою фокусною відстанню (22 мм) отримана найбільша серед зразків серії твердість (520 HV). Також при збільшенні енергії імпульсу збільшується глибина зміцненого шару. У зразку E1 внаслідок більшої енергії лазерного випромінювання (17,85 Дж) виявлена найменша кількість фериту (0,54 %) і найбільша однорідність мартенситу, тому він має найбільшу серед зразків серії твердість (762 HV) та глибину зміцненого шару (460 мкм). Також у мікроструктурі зразка E1 спостерігається збереження аустенітної та карбідної фаз, що зменшує його корозійну стійкість.

У роботі [2] застосовується той же лазер, досліджується легована сталь EN24. Вздовж межі зони лазерного зміцнення (за шириною) поза межами лазерного впливу виявлено однорідні зерна перліту в феритній матриці. Зі збільшенням потужності лазера спостерігаються зближення зерен перліту та наступне утворення карбідів. В зоні лазерного впливу утворився мартенсит, який межує з частково перетвореним мартенситом. При більш високих енергіях імпульсу спостерігається повне перетворення мартенситу і карбідів, які мають чіткі границі зерен. Під поверхнею лазерного зміцнення (за глибиною) в зоні лазерного впливу утворилися мартенсит та карбіди. Поза межами зміцнення виявлено дрібні карбіди та зерна перліту з чіткими межами. Завдяки дрібнозернистому мартенситу зразок отримав високу твердість (50...57 HRC). Лазерним гартуванням досягаються фазові перетворення без спотворень з точним контролем процесу.

У роботі [3] проводилось лазерне гартування сталі AISI 4130 з використанням діодного лазера. Для покращення лазерного гартування за допомогою електрофорезу було напилено деякі зразки вуглецем. Мікроструктура незагартованого зразка містить феритну фазу, розподілену в мартенситному полі. Після обробки лазером кількість феритної фази поступово зменшується, а мартенситної фази – збільшується. Зразок з вуглецевим покриттям має більше мартенситної фази, що є результатом посиленого поглинання лазерного променя внаслідок позитивного впливу чорного покриття вуглецю. Аналіз мікроструктури показує, що перетворення залишкового аустеніту на мартенсит внаслідок швидшого загартування викликає більш високу мікротвердість. Виявлено, що максимальна твердість зразка з лазерним зміцненням з вуглецевим покриттям складає 762 HV, тоді як для чистого зразка при лазерному гартуванні – 707 HV, а для загартованого у печі – 572 HV.

Отже, обробка лазером комплексно покращує зносо- і теплостійкість, триботехнічні і механічні властивості поверхневого шару за рахунок отримання оптимальної мікроструктури та практично відсутнім деформаціям поверхневих шарів. Процес є точним, повністю керованим і добре підлягає автоматизації.

### Список літератури

1. **Moradi M.** Improved Laser Surface Hardening of AISI 4130 Low Alloy Steel with Electrophoretically Deposited Carbon Coating / **M. Moradi, M. Karami Moghadam, M. Kazazi** // Journal of Alloys and Compounds. – 2019. – №795.
2. Laser Transformation Hardening of EN24 Alloy Steel / **K.Karthikeyan, T. Balasubramanian, V. Thillaiyan, G. Vasanth Jangetti** // Materials Today: Proceedings. – 2020. – №22. – С. 3048–3055.
3. **Moradi M.** Improved Laser surface hardening of AISI 4130 low alloy steel with electrophoretically deposited carbon coating / **M. Moradi, M. Karami Moghadam, M. Kazazi** // Optik. – 2018. – № 178.