

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАЛИ 45 ПОСЛЕ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКИ

М. Е. Козловский, В. Ю. Наскевич

*Учреждение образования «Белорусский национальный
технический университет», г. Минск*

Научный руководитель П. В. Веремей

Введение

Весьма актуальным является повышение износостойкости трущихся поверхностей путем их упрочнения. К упрочняющим технологиям относят термическую и химико-термическую обработку (ТО и ХТО), обработку поверхностным пластическим деформированием (ППД) и их комбинации. Перспективным направлением развития технологий упрочняющей обработки является использование высококонцентрированных источников энергии, в частности, волоконных лазеров для поверхностной термической обработки (закалки) металлов и сплавов. В результате лазерной закалки достигается высокая твердость поверхности, высокая дисперсность структуры, уменьшение коэффициента трения, увеличение несущей способности поверхностных слоев [1].

Лазерная закалка сталей

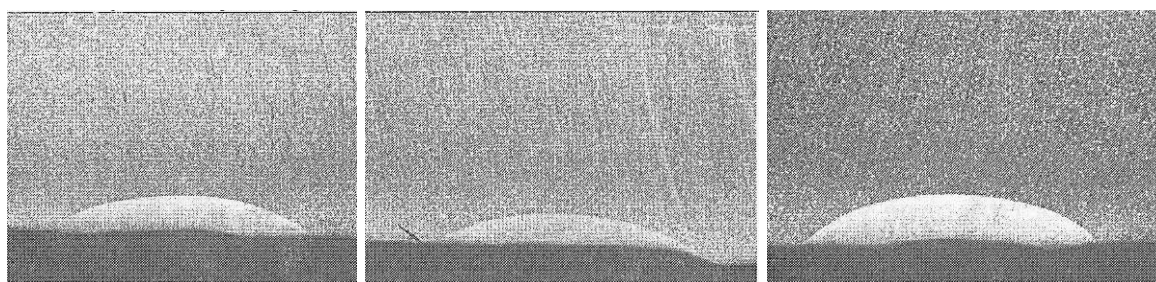
Технология поверхностной лазерной закалки основана на локальном нагреве участка поверхности под воздействием излучения и последующем охлаждении этого участка со сверхкритической скоростью в результате теплоотвода во внутренние слои металла.

В отличие от известных процессов термоупрочнения закалкой токами высокой частоты, электронагревом, закалкой из расплава и другими способами нагрев при лазерной закалке является не объемным, а поверхностным процессом. При этом время нагрева и время охлаждения незначительны, практически отсутствует выдержка при температуре нагрева. Эти условия обеспечивают высокие скорости нагрева и охлаждения обрабатываемых поверхностных участков. Вследствие указанных особенностей происходит формирование мелкодисперсной структуры, обладающей повышенной износостойкостью.

Закалка непрерывным лазером обеспечивает большую равномерность упрочнения поверхности по сравнению с импульсным воздействием, так как по длине упрочненной полосы твердость распределяется равномерно. При обработке больших поверхностей упрочненные полосы накладываются с перекрытием. Последующее выравнивание свойств упрочненной полосы и увеличение ее ширины до 20 мм достигается сканированием лазерного луча в поперечном направлении по отношению к перемещению обрабатываемой детали. При высокой частоте сканирования (200 Гц и более) обеспечивается равномерное воздействие лазерного излучения по ширине обрабатываемого участка.

Экспериментальная часть

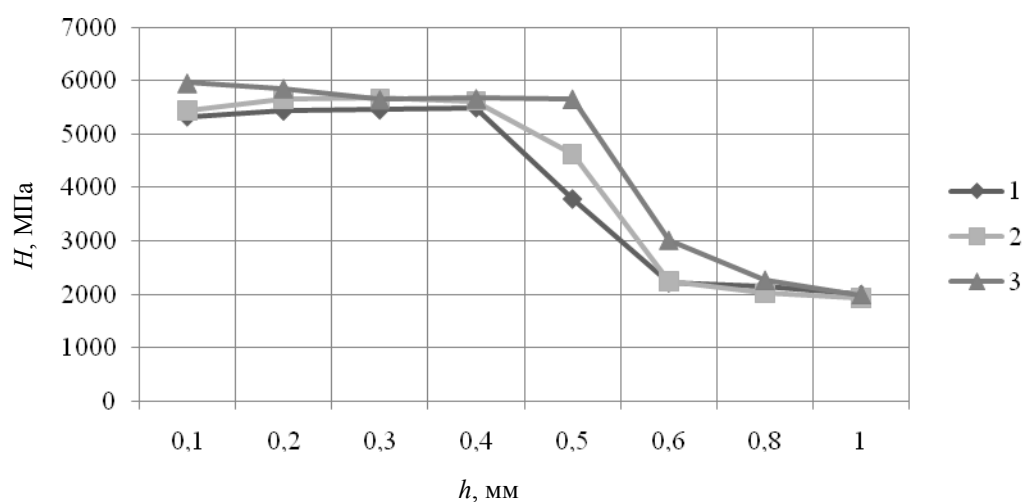
В ходе выполнения работы исследовались триботехнические характеристики стали 45 после лазерной закалки, а также микроструктура упрочненного слоя. Образцы (80 × 30 × 10 мм, исходная шероховатость Ra 5, исходная микротвердость 188–205 НВ (1850–2100 МПа), микроструктура в состоянии поставки – перлито-ферритная смесь) подвергались лазерной закалке сканирующим излучением иттербиевого лазера (мощность – 1,5 кВт) шириной 8 мм. На рис. 1 изображены примеры микроструктуры дорожек закалки на стали 45 и графики изменения микротвердости по глубине. Данные о дорожках закалки приведены в таблице.



a)

б)

в)



г)

Рис. 1. Лазерная закалка стали 45, поперечное сечение: а-в – микрошлифы дорожек закалки на стали 45, увеличение $\times 25$; г – распределение микротвердости по глубине

Распределение микротвердости и микроструктур по глубине закаленных дорожек

Глубина, мм	№ дорожки закалки, режимы					
	1, скорость 800 мм/мин		2, скорость 750 мм/мин		3, скорость 700 мм/мин	
	Н, МПа	Микроструктура	Н, МПа	Микроструктура	Н, МПа	Микроструктура
0,1	5330	Мартенсит средне-игольчатый по баллу 5	5440	Мартенсит средне-игольчатый по баллу 7-8	5960	Мартенсит средне-игольчатый по баллу 7-8
0,2	5440		5650		5860	
0,3	5460		5670		5650	
0,4	5500		5620		5670	
0,5	3790		4630		5660	
0,6	2220	Перлит, феррит	2240	Перлит, феррит	3010	Перлит, феррит
0,8	2160		2020		2260	
1	2000		1940		1990	

В ходе исследования было установлено, что наибольшее влияние на глубину и микротвердость упрочненного слоя оказывают скорость и мощность излучения. Низкая частота сканирования (до 70 Гц) ухудшает качество обработанной поверхности, при 180–220 Гц исходная микрогеометрия не нарушается.

Заключение

1. При увеличении глубины упрочненного слоя (за счет снижения скорости обработки, увеличения мощности излучения) наблюдается постепенное укрупнение зерен мартенсита (от зерен по баллу 3–4 для глубины упрочненного слоя 0,2–0,25 мм до зерен по баллу 9 для глубины 1,1–1,15 мм).

2. Наибольшую микротвердость и, соответственно, износостойкость имеют слои со структурой мартенсита среднеигльчатого и зернами по баллу 6–7 (6300–6400 МПа). Это объясняется тем, что зерна имеют большую протяженность границ, чем зерна по баллу 8–9, а границы – это более твердая фаза.

Литература

1. Григорьянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 663 с.