ЛАЗЕРНАЯ ЗАКАЛКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ СО СТРУКТУРАМИ, БЛИЗКИМИ К РАВНОВЕСНЫМ

Костромин Сергей Викторович
канд. техн. наук, доцент Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород
E-mail: mtnm@nntu.nnov.ru

LASER HARDENING TOOL STEEL WITH A STRUCTURE CLOSE TO THE EQUILIBRIUM

Sergey Kostromin
candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev

АННОТАЦИЯ

В работе исследовано лазерное упрочнение штамповых сталей, не прошедших объёмную закалку. Определены глубины упрочненных слоев. Установлено влияние химического состава стали и размеров исходной структуры на глубину упрочнения. Полученные результаты объяснены с помощью анализа процессов протекания фазовых превращений в сталях при скоростном нагреве.

ABSTRACT

We have investigated the laser-hardened die steels that have not passed through hardened. Depths of the hardened layers are defined. Influence of a chemical compound of a steel and the sizes of initial structure on depth of hardening is fixed. The results are explained by analyzing the flow of the processes of phase transformations in steels by rapid heating.

Ключевые слова: инструментальная сталь; лазерная закалка; равновесная структура.

Keywords: tool steel; laser hardening; equilibrium structure.

Лазерная закалка находит применение в промышленности для поверхностного упрочнения и повышения износостойкости прокатных валков и штампового инструмента [2]. Однако наряду с тяжелонагруженными деталями

существует большая номенклатура изделий, которые работают в условиях повышенного износа, но незначительных удельных нагрузок. При эксплуатации штампового инструмента, работающего в условиях единичного и мелкосерийного производства, на первое место выходит проблема снижения стоимости изготовления оснастки. Проблему можно решить за счет замены объёмной упрочняющей термообработки новым высокотехнологичным методом — лазерной поверхностной закалкой.

Актуальной задачей становится изучение воздействия лазерного излучения на стали со структурами, близкими равновесным [4].

В ранее выполненных исследованиях [1, 7, 8] показано действие лазерной закалки на структуру и свойства конструкционных и инструментальных сталей после различных видов объёмной термообработки. В работах [5, 3, 6] предложены методики оценки качества и работоспособности упрочненных слоев, в том числе и лежащих на «мягкой» основе.

Целью данного исследования являлось установление зависимости глубины лазерного слоя от состава инструментальной стали и дисперсности структур, близких к равновесному состоянию.

Объектом исследования служили образцы из сталей У8А, У10А, 9ХС, ХВГ, Х12Ф1, подвергнутые объёмной термообработке по режимам стандартной нормализации, стандартного отжига («отжиг 1») и отжига при температуре, превышающей стандартную на 80 ^{o}C («отжиг 2»). Лазерная обработка проводилась на установке «Латус-31» в непрерывном режиме в интервале плотностей мощности q = 2,0–7,0 кВт/см^2. Выбранные режимы соответствовали области гарантированного лазерного упрочнения для исследуемых сталей [4].

Установлено, что строение зоны лазерного воздействия не зависит от исходных структур сталей, а определяется только термодинамическими условиями ее формирования. Глубина каждого слоя зоны лазерного воздействия определяется химическим составом и видом исходной структуры

упрочняемой стали. Экспериментально определенные значения глубины упрочненного слоя для исследованных сталей представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Максимальная глубина лазерного слоя на сталях с различными исходными структурами

Сталь	Глубина лазерного слоя, мм		
	Нормализация	Отжиг 1	Отжиг 2
У8А	0,47	0,45	0,44
У10А	0,44	0,42	0,40
9ХС	0,55	0,50	0,46
ХВГ	0,60	0,56	0,52
Х12Ф1	0,65	0,64	0,60

Результаты можно объяснить различием температур, необходимых для закалки. Как известно, наиболее низкая температура — у эвтектоидной стали У8А. В результате при равном энерговкладе лазерного источника в поверхность образцов, у стали У8А до закалочных температур прогреваются более толстые слои. Температура аустенитизации заэвтектоидных сталей хотя и близка к температуре для эвтектоидной стали, но часть тепла затрачивается на растворение избыточного цементита и карбидов, в результате чего прокаливаемость стали и глубина упрочненного слоя получается меньше.

Глубина упрочненного слоя у легированных сталей больше по сравнению с углеродистыми. Известно, что Cr, Si, V уменьшают теплопроводность стали. Вероятно, при лазерной закалке сталей, содержащих эти легирующие элементы, тепло вглубь металла рассеивается в меньшей степени, чем в углеродистых сталях. Поэтому тепловая энергия, необходимая и достаточная для α–γ — превращения, аккумулируется в более толстом поверхностном слое, что даёт при последующем охлаждении более глубокий слой. Различие в глубине упрочненных слоев у сталей 9ХС и ХВГ объясняется, по-видимому, неодинаковым влиянием легирующих элементов или их комбинаций на теплопроводность. Наиболее глубокие упрочненные слои были получены на высоколегированной стали Х12Ф1.

Градиент температур (тепловой поток) при лазерной закалке существует в металле 10^{-3}—10^{-6} секунд. За этот промежуток времени в поверхностных слоях должны успеть пройти процессы, обеспечивающие аустенитизацию, растворение избыточных фаз и частичную диффузию. Для инициирования фазовых превращений в исходной неравновесной структуре требуется значительно меньше энергии по сравнению со структурами, близкими к равновесным. Для превращения крупнозернистой структуры, а также грубых выделений избыточных фаз требуется значительно больше энергии, чем для мелкозернистой исходной структуры. Энергия лазерного излучения рассеивается на крупных зернах и расходуется не столько на продвижение фронта фазового превращения вглубь от зерна к зерну, сколько на довершение перестройки грубой структуры.

Таким образом, для штамповых сталей со структурами, близкими к равновесным, упрочненный слой максимальной глубины возможно получить при лазерной закалке легированной стали с наиболее дисперсной структурой.

Список литературы:

1. Борозинец В.Э. Костромин С.В. Исследование структуры и свойств инструментальных сталей после лазерного упрочнения // Современные инновации в науке и технике: Материалы 3-й Международной научно-практической конференции (17 апреля 2013 г.) Курск: Юго-Западный государственный университет, 2013. —С. 28—31.
2. Гаврилов Г.Н., Костромин С.В., Калинин А.Б., Пейганович В.Н., Ермаков Д.Ю. Лазерные технологии повышения стойкости прокатных валков // Современные проблемы науки и образования. — 2013. — № 4; [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://www.science-education.ru/110-9861 (дата обращения: 19.10.2013).
3. Костромин С.В. Влияние исходной структуры стали на несущую способность поверхностных слоев после лазерной обработки // Сборник

научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. — 2013. — Том 6. — № 1. — С. 37—40.

4. Костромин С.В. Закономерности формирования и изменения свойств поверхностных слоев сталей при лазерной термической обработке: Автореф. дис. канд. техн. наук. Нижний Новгород, 1997. — 16 с.
5. Костромин С.В. Оценка несущей способности поверхностных слоев стали после лазерной обработки // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Том 10. — № 3. — С. 20—23.
6. Костромин С.В. Оценка относительной износостойкости поверхностного слоя конструкционной стали после лазерного упрочнения // Современные материалы, техника и технология: Материалы 2-й Международной научно-практической конференции (25 декабря 2012 года). Курск: Юго-Западный государственный университет, 2012. — С. 153—156.
7. Костромин С.В., Борозинец В.Э. Лазерное упрочнение быстрорежущей стали с различной исходной структурой // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Том 9. — № 4. — С. 23—27.
8. Шатиков И.Р., Костромин С.В. Влияние исходной структуры стали 30ХГСА на строение и свойства поверхностного слоя после лазерного термоупрочнения //Фундаментальные и прикладные науки сегодня: Материалы Международной научно-практической конференции (Москва, 25—26 июля 2013 г.) — Т. 1. North Charleston: CreateSpace, 2013. — С. 117—120.