

УДК 621.793

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ УПРОЧНЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКОЙ СКАНИРУЮЩИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Швец И.В., Девойно О.Г., Кардаполова М.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Возможность упрочнения и модифицирования поверхностей широчайшей номенклатуры материалов сканирующим лучом лазера с повышением их эксплуатационных характеристик требует оптимизации режимов упрочнения при разработке технологии для конкретных условий нагружения упрочняемой пары зубчатых колес.

Сканирующая лазерная обработка позволяет за счет высокой частоты развертки и возможности управления при этом мощностью излучения получать так называемое «псевдопятно» лазерного воздействия с заданным распределением энергии по сечению лазерного пятна.

Достигнутые в настоящий момент результаты позволили формировать прямоугольное пятно с градиентами плотности мощности как в поперечном, так и продольном направлении. Это позволяет значительно расширить технологические возможности лазерной обработки. Исходя из особенностей адаптивной оптической системы, обеспечивающей реализацию сканирующей обработки и полученных экспериментальных результатов, можно сделать следующие выводы по применению поверхностной лазерной закалки сканирующим лучом.

1. Использование адаптивной оптической системы, обеспечивающей реализацию сканирующей обработки, возможно с источниками лазерного излучения, обеспечивающими скорость изменения мощности излучения с частотой не менее 2 кГц.

2. Использование лазерной сканирующей обработки для закалки металлических поверхностей может быть рекомендовано для обработки рабочих поверхностей деталей в качестве чистовой обработки. Это обусловлено возможностью корректировки плотности мощности в зонах псевдопятна лазерного воздействия, где возникает микропроплавление поверхности. Это позволяет расширить область применения лазерной закалки на высокоточные детали сложной формы.

3. При обработке высокоточных деталей следует учитывать изменение геометрических размеров за счет фазовых превращений в поверхностном слое и

формирования полей остаточных напряжений. Указанный фактор учитывается коррекцией размера чистовой обработки относительно номинального размера.

4. Учитывая высокую чувствительность лазерной обработки к структурному состоянию исходной заготовки и стабильности химического состава для каждой новой партии деталей при высокоточной обработке, необходимо производить упрочнение образца-свидетеля, а, при необходимости, упрочнение пробной детали.

5. При лазерной закалке сканирующим лазерным излучением исходная шероховатость не должна превышать $Ra10$. При таком значении шероховатости может быть достигнут эффект ее снижения за счет подплавления гребешков. При больших значениях исходной шероховатости после лазерной обработки имеет место ее увеличение и снижение глубины термообработки за счет рассеяния лазерного излучения.

6. При закалке боковых поверхностей зубчатых колес выбор режимов лазерной закалки необходимо производить по критерию обеспечения требуемой толщины закаленного слоя и распределения микротвердости по глубине. Распределение после лазерной обработки должно быть таким, чтобы обеспечивалось превышение твердости материала над величинами напряжений, возникающих в материале зубьев в процессе работы передачи.

7. При выборе толщины упрочняемого слоя для стали 40X следует руководствоваться приведенной зависимостью расчетной глубины упрочнения от модуля. Режимы закалки деталей из стали 40X приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Глубина закаленного слоя на боковых поверхностях зубьев зубчатых колес из стали 40X при закалке сканирующим излучением на различных режимах на оптоволоконном иттербиевом лазере максимальной мощностью 2 кВт

№ п/п	Мощность обработки P, кВт	Ширина обработки b, мм		
		4	6	8
1	0,8	0,60	0,45	0,30
2	1	0,85	0,64	0,43
3	1,2	1,10	0,83	0,55
4	1,4	1,35	1,01	0,68
5	1,6	1,60	1,20	0,80

1. Скойбеда А.Т. Детали машин и основы конструирования: учебник / А.Т. Скойбеда, А.В. Кузьмин, Н.Н. Макейчик; под общ. ред. А.Т. Скойбеда. – 2-е изд., перераб. – Мн., 2006. – 560 с.

2. Девойно О.Г. и др. Эффективность использования лазерной закалки для увеличения прочности зубчатых колес. Сб. трудов восьмой международной конференции «Лучевые технологии в сварке и обработке материалов», 11-15 сентября 2017 г., Одесса, Украина. Киев: Международная Ассоциация «Сварка», с. 83-86.
3. Ерицян, С.Л. Разработка методики оценки свойств сталей после лазерной поверхностной закалки. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.03.07 / М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 18 с.

УДК 621.77

ПОСТРОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАСТИЧНОСТИ СПЛАВА Cr20Ni50Mo3 В ОБЛАСТИ ПАРАМЕТРОВ ГОРЯЧЕГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ

Щукин В.Я.¹, Кожевникова Г.В.^{1,2}, Дубенец С.С.^{1,2}

- 1) Белорусский национальный технический университет;
- 2) Минск, Республика Беларусь
- 2) Физико-технический институт НАН Беларуси
- Минск, Республика Беларусь

Поверхность пластичности [1] жаропрочного сплава Cr20Ni50Mo3 при температуре $T=1100^{\circ}\text{C}$ строилась экспериментально горячей поперечной прокаткой при плоско-деформированном состоянии и последующей холодной прокаткой дискообразного образца. Известно [2], что диаграмма пластичности при заданном постоянном значении параметра третьего инварианта тензора напряжений $\sqrt[3]{J_3(T_{\sigma})}/K$ с достаточной точностью описывается зависимостью:

$$\Lambda_{\text{ПР}} = \frac{A}{-(\sigma/K)_{\infty} + \sigma/K}, \quad (1)$$

где $\Lambda_{\text{ПР}}$ – предельная степень деформации сдвига; A – постоянная при определенном значении $\sqrt[3]{J_3(T_{\sigma})}/K$; $(\sigma/K)_{\infty}$ – среднее напряжение при $\Lambda_{\text{ПР}} = \infty$; K – пластическая постоянная материала.

Поверхность пластичности может строиться двумя способами:

– методом планирования эксперимента определяется математическая модель поверхности пластичности по экспериментам с варьированием параметров σ/K и $\sqrt[3]{J_3(T_{\sigma})}/K$;

– используя закономерность (1) строится набор диаграмма пластичности, сумма которых представляет собой поверхность пластичности; при этом поверхность пластичности строится в координатах $(\sigma/K)_{\text{ср}}$ и $(\sqrt[3]{J_3(T_{\sigma})}/K)_{\text{ср}}$.