

УДК 621.793

ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ ПРОФИЛЕЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКЕ

Студент гр.10603317 Сурович П.В.

Научный руководитель – ст. преподаватель Швец И.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Одними из наиболее распространенных типовых элементов машин и механизмов являются зубчатые передачи, которые присутствуют практически во всех машинах, работают в широком диапазоне режимов и зачастую их ресурс лимитирует долговечность агрегата в целом. От качества их работы зависят такие характеристики как кинематическая точность и уровень шума. Поэтому обеспечение высокого уровня физико-механических свойств зубчатых колес во многом определяет качество работы всей машины.

Традиционно физико-механические и эксплуатационные свойства деталей обеспечиваются на операциях термической обработки, которые занимают значительную часть в структуре затрат на изготовление. Совершенствование технологии термической обработки, внедрение новых прогрессивных методов, приводящих к снижению энергоемкости производства и повышению производительности, являются актуальной задачей. Современный уровень развития лазерной техники позволяет расширить сферу ее эффективного применения в машиностроении и в частности добиться решения задачи обеспечения высокого уровня физико-механических свойств и долговечности зубчатых колес при снижении себестоимости изготовления.

Изменение геометрии эвольвентных профилей колес из стали 40Х после лазерной закалки исследовали по результатам анализа изменений толщины зубьев с помощью 3D координатно-измерительной сканирующей системы ATOSCore (<http://www.atos-core.com>). Работа сканирующей системы заключается в количественной оценке множества (порядка 10^4 – 10^5) изображений. Принцип измерения основан на проецировании интерференционных полос, гарантирующем получение точных и

прослеживаемых трехмерных координат. Результаты измерений представлены на рисунках 1 – 3. Фиксировали изменение толщин зубьев относительно эталонного образца, в качестве которого был взят неупрочненный лазером зуб каждого колеса. Изменение вычисляется как среднее значение зафиксированных отклонений в указанных точках с двух сторон зубьев. Наблюдаемая погрешность углового шага наиболее вероятно связана с процессом формообразования зубьев, и при расчете изменения толщины она не учитывалась.

При анализе изменения толщин зубьев колеса, прошедших лазерную закалку после формообразования, следует отметить, что в исследованном диапазоне скоростей перемещения луча от 500 до 1000 мм/мин наблюдается уменьшение толщины зуба. Наиболее существенное уменьшение имеет место при скоростях, соответствующих середине интервала – 750 мм/мин, и оно достигает 0,53 мм. При закалке со скоростью 500 мм/мин максимальное утоньшение зуба составляет 0,43 мм, а при 1000 мм/мин – 0,2...0,3 мм. На рисунке 1 можно проследить существенное уменьшение диаметра впадин колеса после лазерной обработки.

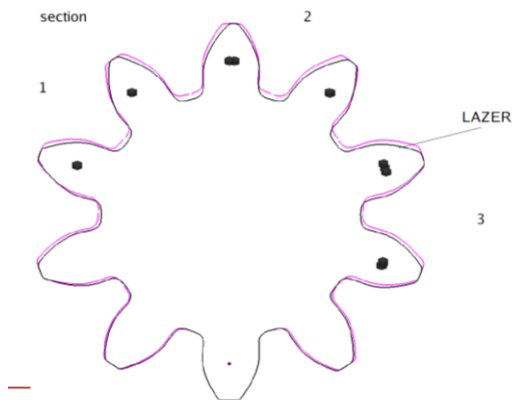


Рис.1 – Профиль сечения колеса до и после лазерной обработки пары зубьев, закаленных при перемещении луча лазера со скоростью: 1 – 500 мм/мин, 2 – 750 мм/мин, 3 – 1000 мм/мин.

Полученные результаты свидетельствуют о формировании в упрочненных зубьях напряжений сжатия, что положительно скажется на их прочности. Степень утоньшения зубьев позволяет предположить значительную величину напряжений сжатия. По визуальной оценке приведенных результатов, величина утоньшения возрастает от радиуса впадин до радиуса вершин. При этом не происходит существенного отклонения формы профиля зуба от эвольвенты. Изгиб и иные виды деформаций зубьев не отмечаются.

Известно, что на результат лазерной обработки оказывает существенное влияние состояние исходного материала [4]. Поэтому было исследовано изменение геометрии зубьев колес, прошедших предварительно объемную закалку (рисунок 2) и объемную закалку с последующим отпуском (рисунок 3).

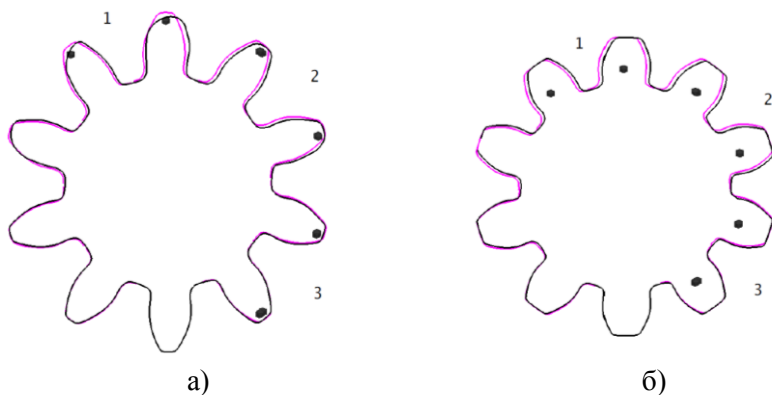


Рис. 2 – Профили сечений колеса, подверженного объемной закалке перед лазерной обработкой. Пары зубьев, закаленных при перемещении луча лазера со скоростью:
1 – 500 мм/мин, 2 – 750 мм/мин, 3 – 1000 мм/мин.

На рисунке 2 заметно, что при лазерном упрочнении предварительно закаленного колеса со скоростью 500 мм/мин имеет место существенное искажение эвольвентного профиля в верхней части зуба, что связано с плавлением поверхностного слоя. Результаты измерений показывают, что изменение толщин зубьев по сравнению с состоянием до лазерной закалки, в отличие от

колеса не прошедшего предварительную термообработку, практически не наблюдается.

Для зубьев колеса, предварительно подвергнутого объемной закалке и отпуску, также характерно искажение эвольвенты в результате плавления поверхностного слоя при скорости перемещения лазерного луча 500 мм/мин. Это не позволяет достоверно оценить изменение толщин зуба в результате фазовых превращений и появления остаточных напряжений. При скорости перемещения луча 750 мм/мин изменение толщины зубьев практически равно нулю. Для зубьев, подвергнутых лазерной обработке со скоростью 1000 мм/мин, наблюдается увеличение толщины на 0,3 мм.

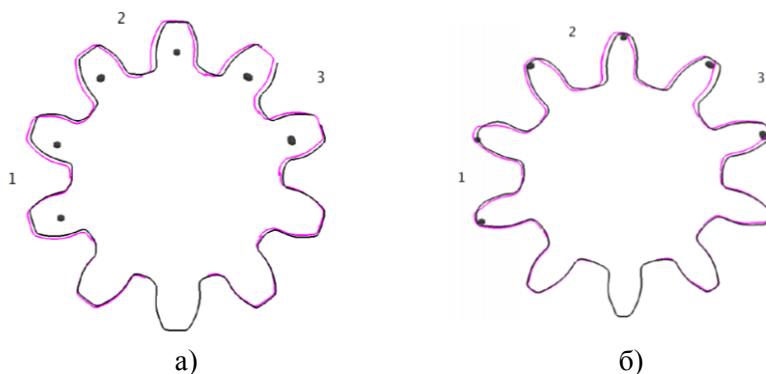


Рис. 3 – Профили сечений колеса, подверженного перед лазерной обработкой объемной закалке и отпуску. Пары зубьев, закаленных при перемещении луча лазера со скоростью:
1 – 500 мм/мин, 2 – 750 мм/мин, 3 – 1000 мм/мин.

В процессе работ установлено, что в упрочненных лазерной закалкой зубьях зубчатых колес формируются напряжения сжатия, что положительно скажется на их прочности. При этом наблюдается уменьшение толщины зуба по всей его высоте, отсутствие изгиба зубьев и сохранения эвольвентной формы профиля. Выявленная закономерность позволяет рекомендовать лазерную закалку в качестве финишной операции при изготовлении

зубчатых колес при введении коррекции геометрии зубьев в процессе их формообразования.

Литература

1. Иванов М.Н. Детали машин: Учеб. для машиностр. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1984. – 336 с.

2. 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.

3. ГОСТ 21354-87. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность, 1988.

4. Заракет, А. Технология формирования износостойких поверхностей комбинированным лазерным легированием: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.08, 05.03.07 – Мн., 1999. – 144 с.