

# **Раздел 4**

## **РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

---

---

М. Ю. Большакова

### **ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ ЗАЦЕПЛЕНИЯ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ**

В связи с ужесточением режимов и повышением ресурса работы оборудования немалое количество дефектов и поломок приходится на долю тяжело нагруженных зубчатых передач. Условия работы зубчатых передач становятся более напряженными, как по передаваемым нагрузкам и окружным скоростям, так и по температурному режиму, это приводит к тому, что зубчатые колеса испытывают значительные контактные нагрузки. Вследствие этого происходит нарушение геометрии контактной поверхности зубчатого зацепления и разрушение поверхности контакта, что может привести не только к ухудшению работоспособности передачи, но и к разрушению колеса.

Решение проблемы надежности трибосопряжения требует использования всего арсенала технологических средств с целью обеспечения высокого качества рабочих поверхностей, так как именно поверхностный слой оказывает большое влияние на эксплуатационные характеристики пар трения. Технологическое обеспечение контактной выносливости в значительной степени связано с формированием в тонких поверхностных слоях специфических свойств, благодаря направленным способам их обработки. При этом, как при образовании в поверхностном слое мартенсита, так и при диффундировании в решетку поверхностного слоя элемента, например азота, в нем происходит увеличение объема, создающее в этих областях напряжения сжатия, которые несут с собой повышение контактной выносливости.

Повышение прочности рабочих поверхностей деталей при сохранении относительной пластичности их сердцевины достигается путем ло-

кальной термической или химико-термической обработки. Способ поверхностного упрочнения деталей трибосопряжения выбирается в зависимости от размеров зубчатых колес, величины модуля зуба, а также от технических требований, предъявляемых по условиям эксплуатации.

С целью определения влияния геометрии зацепления на триботехнические свойства тяжело нагруженных зубчатых передач были проведены стендовые испытания по оценке контактной выносливости рабочих профилей зубьев. В качестве опытных образцов использовались зубчатые колеса из стали 34ХН1М, подвергнутые цементации с последующей термической обработкой [1]; колеса, подвергнутые индукционному нагреву с охлаждением 33% водным раствором глицерина и интенсивным отводом тепла с обода колеса [2]; а также зубчатые колеса, азотированные в плазме тлеющего разряда [3]. Параметры опытных зубчатых колес: модуль  $m = 5$  мм, число зубьев  $z = 34$  и ширина венца  $b_{\omega} = 25$  мм. Испытания рабочих поверхностей зубьев проводили на стенде, действующем по схеме замкнутого силового контура [3]. Оценку контактной выносливости производили путем визуального осмотра рабочих поверхностей зубьев через каждые  $10^6$  циклов нагружения до появления на поверхности видимых дефектов.

В ходе исследований было установлено, что индукционный нагрев зубчатых колес обеспечивает необходимые параметры по твердости ( $46 \div 48$  HRC) и толщине ( $2,5 \div 3,5$  мм) закаленного слоя при отсутствии закалочных трещин.

Оптимальную эксплуатационную долговечность цементованных зубчатых передач можно достичь при значении твердости диффузионного слоя  $58 \div 60$  HRC и концентрации углерода не свыше  $1,0 \div 1,2\%$  в поверхностном слое толщиной  $1,2 \div 1,5$  мм. Дальнейшее увеличение концентрации углерода в диффузионном слое ведет к повышению контактной выносливости колес, однако в этом случае происходит ухудшение механических свойств изделия за счет охрупчивания цементованного слоя.

У азотированных деталей наблюдается значительное повышение контактной выносливости, которое достигается при общей толщине диффузионного слоя равной  $0,3 \div 0,4$  мм и твердости поверхности  $71 \div 72$  HRC. Сохранению твердости поверхностного слоя способствуют содержащиеся в азотированной стали нитриды специальных элементов. По сравнению с другими способами поверхностного упрочнения ионное азотирование отличается особенно высокой стойкостью против деформации деталей в про-

цессе эксплуатации. Поэтому его можно рекомендовать для поверхностного упрочнения зубчатых колес, используемых в тяжелонагруженных зубчатых передачах, работающих в условиях повышенного износа.

Таким образом, в ходе стендовых испытаний было установлено, что методы поверхностного упрочнения значительно повышают контактную выносливость деталей, испытывающих во время эксплуатации различные контактные динамические взаимодействия, тем самым значительно увеличивая их ресурс.

### Библиографический список

1. *Большакова, М. Ю.* Влияние соотношения поверхностной твердости контактной пары тяжелонагруженной зубчатой передачи на сопротивление усталостному износу // Теория и технология металлургического производства / под ред. В. М. Колокольцева. Вып. 9. Магнитогорск: Изд-во ГОУ ВПО «МГТУ», 2009. С. 226–230.

2. *Гузанов, Б. Н.* Определение оптимальных условий для проведения закалки при индукционном нагреве крупномодульных зубчатых колес / Б. Н. Гузанов, М. Ю. Большакова, Г. Н. Мигачева // Вестник машиностроения. 2006. С. 38–42.

3. *Гузанов, Б. Н.* Оценка контактной выносливости азотированных зубчатых колес / Б. Н. Гузанов, М. Ю. Большакова, Г. Н. Мигачева // Проблемы электроэнергетики, машиностроения и образования / под ред. Г. К. Смолина. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2006. С. 67–74.

С. А. Гой, А. А. Галамай,  
М. И. Козлова, С. Д. Футорянский

## **АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ И ТЕПЛОЕМКОСТИ ВЕЩЕСТВ**

В лаборатории теплофизики при ФГАОУ ВПО РГППУ осуществляются исследования теплофизических свойств веществ и материалов методом температурных волн с использованием радиационного нагрева. Для создания температурной волны использовалось излучение непрерывного