

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 тяжело нагруженных 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 тяжело нагруженной 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