

Студ. А.В. Яворский
Науч. рук. ассист. А.М. Лось
(кафедра материаловедения и проектирования технических систем, БГТУ)

МАТЕРИАЛЫ И СПОСОБЫ УПРОЧНЕНИЯ ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Выбор материалов и способов термической обработки зубчатых колес учитывает такие критерии как надежность, долговечность, масса и габаритные размеры передачи, а также требования технологии и экономии изготовления. Для изготовления зубчатых колес наиболее часто используют следующие материалы: сталь, чугун, бронза и латунь. Стали для зубчатых колес, подвергаемые термообработке до нарезания зубьев, имеют твердость 250 – 330 НВ единиц по Бринеллю.

Для общей термообработки колес при диаметрах до 200 мм применяют такие марки сталей, как 35Х, 40Х, 45Х, 30ХГТ, 5ХГМ, 38ХМ, а свыше 200 мм: 40ХН, 30ХГСА, 38ХГН, 40ХН2МА, 38ХН3МА. Последние марки обеспечивают более глубокую прокаливаемость и твердость в пределах от 260 до 331 единицы по Бринеллю.

При изготовлении литых зубчатых колес используют литые марки стали третьей группы (для особо ответственного назначения) по ГОСТ 977-75, наиболее часто применяют стали марок: 35Л, 40Л, 35ХМЛ, 5ХГСЛ. Широко используют поверхностное упрочнение ТВЧ зубьев и впадин зубьев колес из конструкционных сталей марок: 35, 40, 50, 40Х, 45Х, 38ХГН, 38ХМ, 38ХНМА. Поверхностное упрочнение ТВЧ дает значительную деформацию зубьев вследствие нагрева поверхности до высокой температуры. Шаговые и профильные отклонения бывают настолько значительны, что точность зацепления снижается на две степени, по сравнению с полученной после нарезания зубьев. Поскольку при закалке ТВЧ без последующей механической обработки снижается точность зубчатых колес – рекомендуется применять их при окружных скоростях не свыше 8 м/с (при ширине венца $b = 0,25a_w$), а с большей шириной – при скорости не свыше 5 м/с. Дальнейшее повышение окружной скорости приведет к шуму выше санитарных норм, высоким вибрациям и снижению срока работы.

При использовании после ТВЧ механической обработки (шлифовка, обработка лезвийным инструментом) рабочую окружную скорость можно увеличить. При динамических нагрузках (в экскаваторах, механизмах прокатных станов, в дробильно-размольном оборудовании) может иметь место разрушение зубьев, закаленных ТВЧ. В таких случаях рекомендуется снижать допускаемые напряжения по изгибной прочности на 20...30% по сравнению с общей термообработкой.

Цементационные стали. Цементация и последующая термическая закалка поверхности зубьев являются одними из основных методов химико-термической обработки металлов, которые дают возможность повышать контактно-усталостную прочность в 3...4 раза, по сравнению с общей термообработкой, и увеличивать изгибную прочность в 1,5 раза при получении поверхностей твердости 55...60 HRC и твердости сердцевины 10...45 HRC.

Нитроцементация повышает износоустойчивость поверхности зубьев на 20...30% по сравнению с цементацией и обладает высокой питтингоустойчивостью.

В соответствии с ГОСТ 4543-71 используются легированные конструкционные стали, воспринимающие цементацию: 12ХН3А, 12Х2Н4А, 20ХН3А, 20ХН2М, 20Х2Н4А, 18Х2Н4МА, 18Х2Н4ВА.

Цементованные стали с содержанием углерода больше 0,2% обеспечивают большую усталостную прочность зубьев, чем стали с меньшим содержанием углерода.

При нитроцементации рекомендуются стали марок: 20ХН3А, 25ХГМ, 30ХГТ.

Азотирование – эффективный метод упрочнения поверхностей деталей, работающих на трение, с полутрением поверхностной твердости 600...800 НV при глубине твердого слоя 0,2–0,8 мм. Азотирование поверхности зубьев зубчатых колес используется реже, чем цементация. Это объясняется тем, что при резкоударных длительных нагрузках азотированный слой металла отслаивается в виде тонкой пленки с толщиной, близкой к глубине твердого слоя.

При азотировании изделий применяют стали марок: 38Х2Ю, 38Х2МЮА, 40Х, 40ХФА. Для тяжело нагруженных деталей машин, работающих в условиях циклических изгибающих и контактных напряжений, применяют стали марок: 38ХН3МА, 30ХЗМ, 38ХГМ.

Технологический процесс азотирования весьма длительный, так, например, для получения твердого слоя 0,8 мм требуется около 100 ч.

Глубину азотированного слоя на рабочей поверхности зубьев зубчатых колес принимают в зависимости от величины модуля.

Поверхностно-пластическое деформирование повышает контактную и изгибную выносливость зубьев зубчатых колес так же, как и при общей термической закалке, закалке ТВЧ, цементации и азотировании. Исследование и практика эксплуатации показывает, что зубчатые колеса с обкаткой роликами переходной кривой поверхности от профиля ко впадине зуба, закаленных ТВЧ по профилю и впадине при модуле $m = 26$ мм имеют двух-трехкратное увеличение изгибной долговечности.