

УДК 621.78
ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ
КОНТАКТНОЙ УСТАЛОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

С. П. РУДЕНКО

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси
Минск, Беларусь

Приведены результаты комплексных исследований зубчатых колес с модулем 10 мм, изготовленных из цементуемой высоколегированной стали 20X2H4A. Показано, что при стабильной работе термического оборудования, оснащенного компьютеризированными системами автоматического регулирования параметров техпроцесса химико-термической обработки, в крупномодульных зубчатых колесах из стали 20X2H4A формируется диффузионный слой с поверхностной твердостью 60...61 HRC и эффективной толщиной 0,08...0,1 мм до микротвердости 750 HV_{0,2}. На расстоянии 0,2 мм от поверхности максимальное содержание остаточного аустенита равно 36 %, а углерода – 0,9 %. Относительно невысокое содержание в диффузионном слое остаточного аустенита объясняется наличием в технологическом процессе химико-термической обработки операции высокого отпуска, при котором происходит перераспределение легирующих элементов между твердым раствором и карбидами. При нагреве для закалки часть таких карбидов не растворяется, что способствует снижению легированности аустенита и повышению точки мартенситного превращения. При закалке благодаря более полному мартенситному превращению в структуре формируется значительно меньше остаточного аустенита.

В технологическом процессе изготовления зубчатых колес финишной операцией является шлифование зубьев. В связи со снятием поверхностного «полезного» слоя при шлифовании зубьев и снижением уровня микротвердости по толщине диффузионного слоя сопротивление контактной усталости шлифованных зубчатых колес должно понижаться. Влияние на сопротивление усталости зубчатых колес величины припуска под шлифование зубьев с учетом градиента микротвердости в диффузионном слое оценивали по методике расчета ресурса зубчатых передач мобильных машин [1]. В результате расчета получено, что опасная зона зарождения трещин контактной усталости с учетом припуска под шлифование на сторону зубьев 0,4 мм находится на расстоянии от поверхности 0,7...0,8 мм, а прогнозируемый ресурс при условии равномерного снятия припуска при шлифовании всех зубьев с величиной микротвердости в данной зоне 730...740 HV_{0,2} составляет 700 ч.

Ресурсные стендовые испытания показали преждевременный выход из строя зубчатого колеса после появления прогрессирующего контактного выкрашивания на рабочей поверхности зуба испытываемого колеса при



значительно меньшей наработке (400 ч). В результате металлографических исследований установлено, что из-за неравномерного съема припуска при шлифовании величина микротвердости в опасном сечении диффузионного слоя для зуба (1) с контактным выкрашиванием (на расстоянии от поверхности $\sim 0,7$ мм) значительно ниже (690 HV_{0,2}), чем для соседнего зуба (2), для которого данная величина составляет 730 HV_{0,2} (рис. 1).

Установлено, что причиной неравномерного съема припуска при шлифовании соседних зубьев послужила повышенная величина коробления зубчатого колеса после химико-термической обработки. Получено, что основное влияние на неравномерность съема припуска при шлифовании зубьев оказывает повышенная кинематическая погрешность зубчатого колеса после химико-термической обработки, а именно: радиальное биение зубчатого венца F_r и накопленная погрешность шага зубчатого колеса F_p , величины которых после ХТО соответствуют 12-й степени точности по ГОСТ 1643–81 (рис. 2).

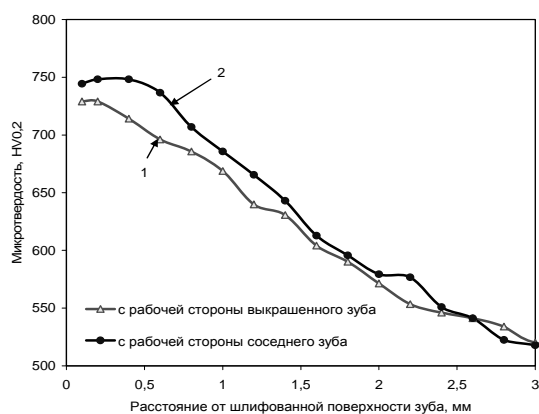


Рис. 1. Распределение микротвердости по толщине упрочненного слоя выкрашенного (1) и соседнего (2) зубьев зубчатого колеса из стали 20X2H4A

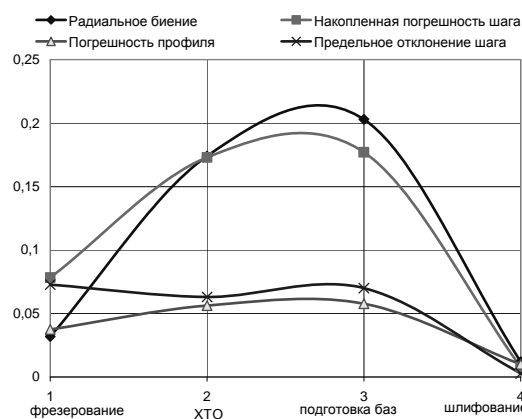


Рис. 2. Точность изготовления зубчатых колес из стали 20X2H4A на разных стадиях обработки

Таким образом, основным недостатком сложнолегированных сталей является повышенная кинематическая погрешность после химико-термической обработки, которая приводит к неравномерному съему припуска при шлифовании зубьев, что способствует снижению сопротивления контактной усталости в локальных зонах диффузионных слоев зубьев даже при гарантированном обеспечении их высоких механических характеристик при химико-термическом упрочнении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руденко, С. П. Особенности расчета зубчатых колес трансмиссий на глубинную контактную выносливость / С. П. Руденко, А. Л. Валько // Вестн. машиностроения. – 2015. – № 11. – С. 5–7.