

УДК 621.833:621.785.4.52

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

С. П. РУДЕНКО, А. Л. ВАЛЬКО, О. В. КУЗЬМЕНКОВ

Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Разработана методология проектирования технологических процессов химико-термической обработки (ХТО) зубчатых колес трансмиссий энергонасыщенных машин, реализованная в виде методического и программного обеспечения расчета режимных параметров химико-термического упрочнения с учетом прокаливаемости стали, размера и формы зубчатых колес, экспериментальных данных обследования газовых режимов и охлаждающей способности закалочных баков промышленных печей.

Начальным этапом проектирования технологических процессов ХТО является определение требуемой величины микротвердости и ее распределения по упрочненному слою, обеспечивающих при оптимальной структуре заданный ресурс зубчатых колес. В основу методики определения распределения микротвердости в упрочненном слое положена экспериментально доказанная и теоретически обоснованная гипотеза о том, что критерием работоспособности высоконапряженных зубчатых колес трансмиссий энергонасыщенных машин являются глубинные контактные разрушения поверхностей зубьев. Требуемое распределение микротвердости по толщине слоя поверхностно-упрочненных зубчатых колес определяется путем расчета ресурса в каждой зоне упрочненного слоя и сравнения полученного значения с заданной величиной с использованием компьютерной программы «LongLife».

Возможность получения регламентированного распределения твердости по толщине слоя определяется распределением углерода в слое, прокаливаемостью стали, а также интенсивностью охлаждения при закалке, которая связана как с характеристиками закалочного оборудования, так и с размерами и формой деталей. Поэтому следующим этапом разработки технологического процесса ХТО является определение распределения углерода в слое, обеспечивающего требуемое распределение микротвердости после проведения полного цикла ХТО. На этом этапе определяется также прокаливаемость поставляемой стали с использованием экспериментального метода, или аналитически по разработанной программе «SteelPro».

При определении распределения углерода важными значениями приобретают результаты оценки прокаливаемости цементованных слоев, которые, как правило, получают на торцовых образцах. Кривые прокаливаемости отражают зависимость изменения твердости по толщине

упрочненного слоя от расстояния от охлаждаемого торца цементованного образца. В таком состоянии кривые прокаливаемости характеризуют свойства данной марки стали, но не позволяют непосредственно оценить прокаливаемость слоя зубчатого колеса, поскольку глубина упрочнения при закалке определяется не только прокаливаемостью самой стали, но и размером и формой изделия, а также интенсивностью охлаждения при закалке, которая характеризует охлаждающую способность закалочных агрегатов.

Для определения соответствия между распределением твердости на торцевом образце и по толщине слоя в изделии с учетом размера и формы зубчатых колес использованы экспериментально-аналитические зависимости, полученные при различной интенсивности охлаждения в закалочном устройстве.

Для учета размера и формы зубчатого колеса вводится понятие характеристический размер, эквивалентное понятию критический диаметр изделия. С использованием результатов оценки прокаливаемости цементованных слоев и зависимостей, связывающих прокаливаемость торцевого образца с прокаливаемостью зубчатого колеса конкретного типоразмера, разработана методика и программа расчета распределения углерода в слое «Carb», обеспечивающего требуемое распределение микротвердости после проведения полного цикла ХТО.

Следующим этапом проектирования технологического процесса ХТО является разработка температурно-временного режима цементации и выбор углеродного потенциала насыщающей атмосферы. Эта задача решается на основе математического моделирования процессов диффузии углерода в стали с учетом экспериментально полученных коэффициентов массопереноса и диффузии углерода, влияния легирующих элементов, величины и точности регулирования углеродного потенциала печной атмосферы. При использовании разработанной программы «RegHard» в исходных данных задают температуру и продолжительность насыщения, коэффициент диффузии углерода с учетом влияния легирующих элементов, углеродный потенциал атмосферы с учетом точности его регулирования, содержание углерода в исходном металле, коэффициент массопереноса и выполняют вычисления при изменении тех или иных технологических параметров. По результатам расчета проводят необходимую корректировку температурно-временных параметров, которые обеспечивают получение требуемого распределения углерода по толщине слоя.

Разработанный программно-методический комплекс позволяет проектировать высокоэффективные технологические процессы химико-термической обработки зубчатых колес трансмиссий энергонасыщенных машин, обеспечивающие формирование бездефектной структуры упрочненных слоев деталей с требуемыми характеристиками сопротивления усталости, обеспечивающими заданный ресурс.