

В.В.БАБУК, канд. техн. наук (БПИ),
А.Л.ЛАПИДУС (ВНИИСМИ),
В.А.НОСАЧ (г. Конотоп)

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА МЕТОДОМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ

На кафедре „Технология машиностроения“ Белорусского политехнического института проведено исследование высокотемпературной термомеханической поверхностной обработки (ВТМПО), последовательно включающей на основных этапах аустенизацию поверхности, деформирование последней в аустенитном диапазоне нагрева и закалку на мартенсит. В частности, исследована возможность придания этапу деформирования формообразующей функции применительно к формообразованию зубчатого венца.

Лабораторные исследования проводились на деформирующем приспособлении, устанавливаемом на токарном станке взамен малого поперечного суппорта. Нагрев проводился двухвитковым кольцевым индуктором посредством машинного генератора токов высокой частоты (мощностью 63 кВт, частотой 8 кГц), охлаждение – эмульсией с помощью кольцевого спрейера. Индуктор, накатные валки приспособления и спрейер последовательно обеспечивали зоны нагрева, деформирования и охлаждения, соответствующие схеме ВТМПО.

Исследования проводились также на трехвалковом накатном стане вертикальной компоновки. При этом базовой явилась технология формообразования зубчатого венца, принятая на Конотопском электромеханическом заводе „Красный металлист“, которая включает горячее пластическое деформирование и последующую индукционную закалку.

Объектом исследований явились образцы цилиндрических зубчатых колес различных типоразмеров (модули 1...2 мм; количество зубьев 35...44) из различных марок сталей (45, 40Х) с прямым и наклонным зубом (12°). Деформирование производилось по схеме поперечной прокатки с осевой подачей заготовки.

Поскольку прокатный нагрев значительно превосходит нагрев для закалки (для стали 40Х соответственно 1000...1100 °С и 880...920 °С), приведение его величины в соответствие с условиями прокатки и закалки одновременно представляет известную трудность. В частности, при отработке режима нагрева ставилась задача уравнивать потери тепла за период между окончанием нагрева и началом охлаждения (включающий этап профильного деформирования) и вышеуказанную разность между прокатным нагревом и нагревом для закалки (оба значения нагрева для условий ВТМПО должны находиться в температурной области устойчивого аустенита).

Контроль нагрева обрабатываемой поверхности производился оптическим пирометром и по режимам работы генератора токов высокой частоты.

Для исследования влияния режимов деформирования на точностные параметры получаемого зубчатого венца были опробованы различные сочетания

ния скоростей вращения накатных валков и осевых подач заготовки во всем технологически реализуемом диапазоне данных параметров (подача изменялась от 3 до 12 мм/с, скорость накатных валков — от 0,2 до 0,8 м/с). Для приведенных условий измерялось радиальное биение зубчатого венца у обрабатываемых деталей. Технологически реализуемый диапазон режимов получен экспериментально.

В результате опытов установлено, что с учетом требований производительности оптимальным является следующее сочетание режимов: осевая подача 7,2 мм/с, скорость накатных валков 0,5 м/с.

Важным фактором процесса является стабильность закалки, ее равномерность, что в значительной степени определяется параметрами струи: напором и расходом эмульсии в различных зонах закаливаемой поверхности.

Примененная сборная конструкция спрейера облегчила подбор оптимальных параметров охлаждения (интенсивности и равномерности распределения, продолжительности нахождения детали под струей). Первые два параметра обеспечивались подбором кольца спрейера (с определенными частотой, диаметром и распределением отверстий), третий параметр — подбором корпуса (различной высоты).

Цикл подачи эмульсии автоматизирован посредством реле времени. Постоянный подпор эмульсии создавался электронасосом К8/14, а управление подачей — нормально закрытым клапаном СВМ-25. Реле времени включалось одновременно с нагревом и было настроено таким образом, что подача эмульсии начиналась по окончании нагрева первой детали в пакете и заканчивалась после выхода последней детали из зоны охлаждения.

Вертикальная компоновка зон нагрева, деформирования и охлаждения, расположенных в перечисленной последовательности снизу вверх, позволила уравнивать условия охлаждения деталей (в пределах пакета) и использовать режим самоотпуска.

Результаты опытов показали реализуемость ВТМПО как способа формообразования зубчатого венца. В частности, установлена возможность получения стабильной закалки при условии подавления рекристаллизационных процессов.

В результате анализа изломов зубьев (в плоскостях, перпендикулярной и параллельной оси колеса), микроструктуры (шлифы в тех же плоскостях), а также рентгеновского исследования тонкой кристаллической структуры установлено измельчение последней и возникновение своеобразной текстурной картины поверхностных слоев зубчатого венца (рис. 1, 2).

Об измельчении структуры свидетельствовали характер изломов, результаты анализа микроструктуры, уменьшение областей когерентного рассеяния и значительное увеличение плотности дислокаций. Возникновение текстуры, в свою очередь, взаимно подтверждалось видами изломов, исследованием микроструктуры и изменением интегральной интенсивности линий (110) и (211).

На рис. 2 представлена текстурная картина поверхностных слоев. На передней боковой поверхности зуба (по направлению вращения заготовки) и во впадине зерна ориентированы по наружному контуру, а на тыльной боковой поверхности направленность носит спиралевидный характер. Данная текстурная картина устойчиво повторялась при анализе микроструктуры мате-

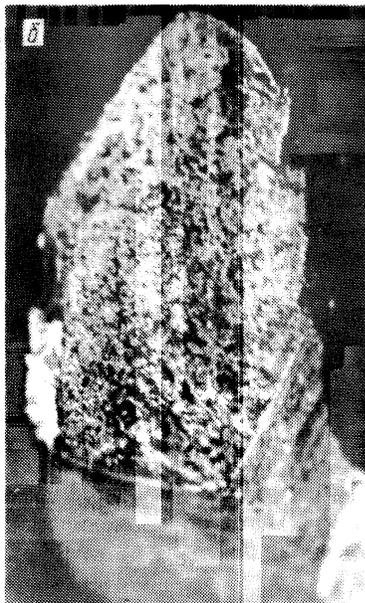
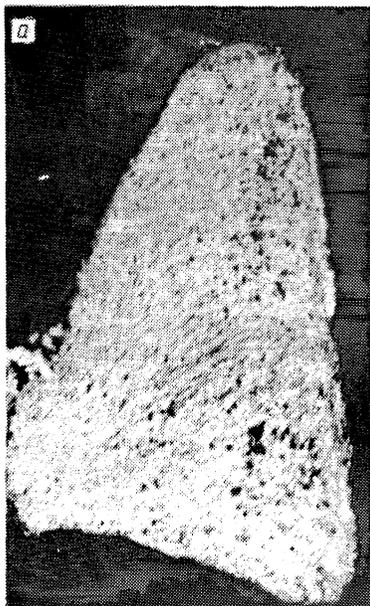


Рис. 1. Изломы зуба в плоскости, перпендикулярной оси колеса:
а — ВТМПО, б — базовый вариант

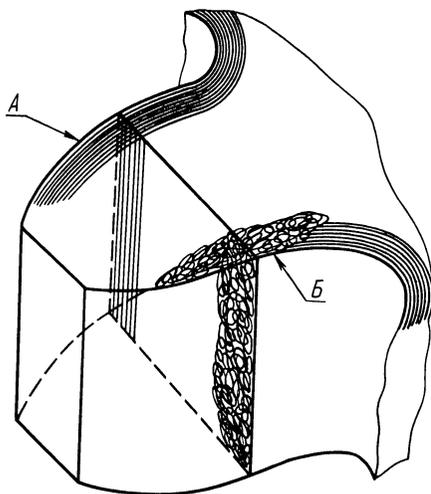


Рис. 2. Пространственная текстурная картина поверхностных слоев зубчатого венца (ВТМПО):

А — передняя поверхность, Б — тыльная поверхность

риала незакаленных зубчатых колес, а также аустенитного зерна и микроструктуры материала колес, полученных ВТМПО. Какая-либо направленность слоев у зубчатых колес, изготовленных по базовому варианту технологии, отсутствовала. Это свидетельствует о том, что возникшая при деформировании текстура в условиях ВТМПО наследуется аустенитным зерном и затем мартенситом, а при базовом варианте — исчезает (вследствие перестройки структуры, вызванной термической обработкой).

С учетом полученной оптимизации процесса на заводе „Красный металлист“ проведена работа по внедрению формообразования методом ВТМПО венца редукторных зубчатых колес для серийно выпускающихся сверл СЭР-19М и буров ЭБГП-1.