

временно с остановкой инструмента. В этом случае для любой точки пластической области по ее положению после каждого этапа строится траектория движения и определяется величина последовательных перемещений. На каждом этапе время перемещения точки равно времени перемещения инструмента и известно из диаграммы "путь - время". Отсюда кинематические параметры точек пластической области определяются в любой момент времени и при любых значениях пути, пройденного инструментом.

Деформируемый металл может получить дополнительное перемещение под действием инерционных сил после резкой остановки инструмента. Поскольку в процессе закрытого высокоскоростного выдавливания полости это перемещение незначительно, то уместно предположить, что траектории точек пластической области и синхронность их взаимного движения на этом перемещении остаются такими же, какими бы они были при непрерывном движении инструмента. Данное предположение позволяет рассматривать получаемые изображения координатных сеток как мгновенные изображения непрерывного процесса выдавливания. Таким образом, и в этом случае его можно разбить на последовательные этапы и при определении кинематических параметров точек воспользоваться диаграммой "путь - время". При этом положение инструмента в конце каждого этапа должно оцениваться не по ограничительному упору, а по контакту с деформированным образцом.

Изложенная методика позволяет получить данные для расчета деформирующих усилий и работ деформации, определения напряженно-деформированного состояния процессов высокоскоростного выдавливания полостей.

УДК 621.983.44

И.Г. Добровольский, канд. техн. наук,
В.И. Шаповалов, В.Г. Шелканов

ПОЛУЧЕНИЕ ГИБКИХ КОЛЕС ВОЛНОВЫХ ПЕРЕДАЧ МЕТОДОМ РОТАЦИОННОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

Целью работы являлось исследование возможности изготовления заготовки гибкого колеса пластическим деформированием для получения повышенных показателей циклопрочности волновой передачи при условии обеспечения жестких требований точности геометрических размеров колеса.

Экспериментальной проверке подвергались три метода изготовления заготовок колец: вытяжка колпачков из листа с последующим ротационным выдавливанием; гибка полуколец, сварка их вдоль образующей цилиндра с последующей раскаткой; механическая обработка из трубы в сочетании с ротационным выдавливанием.

При выборе исходной толщины листа по первому методу определяющим размером являлась величина утолщения для зубчатого венца колеса. Маршрут утонения стенки от исходной (2,5 мм) до конечной толщины стакана (0,6 мм) потребовал шести раскатных переходов с промежуточными отжигами и травлениями (материал 3БНХТЮ). При этом необходимость обеспечения точности внутреннего диаметра стакана в пределах 0,03 мм при номинальном размере \varnothing 80 мм и перпендикулярности дна относительно оси детали потребовали ужесточения требований к исходному колпачку-заготовке и специального корригирования инструмента. Все это, а также сложность обеспечения требуемой длины стакана от торца до утолщения зубчатого венца и вынужденное введение дополнительной операции торцевой калибровки дна стакана роликом для обеспечения необходимой перпендикулярности заставили отказаться от цельнотянутых заготовок.

Сварная заготовка получалась из двух полуколец, согнутых из листа (сталь 30 ХГСА, толщина 2,5 мм). Исходя из свойств материала и требований, предъявляемых к полученному шву, были рассмотрены два вида сварки: аргоно-дуговая сварка вольфрамовым неплавящимся электродом и электронно-лучевая. Осуществление процесса ротационного выдавливания в части режимов, последовательности и количества переходов, оснастки и инструмента полностью соответствовали обработке колпачков-заготовок с глухим дном, вытянутым из листа.

При обработке сварных заготовок отсутствовали трудности, определяемые наличием дна. Точностные характеристики были такого же порядка, как и для стаканов, полученных из цельнотянутых колпачков. Имели место трещины и следы необработанной поверхности, вызванные неравномерностью структуры металла по сечению толщины стенки в зоне шва. Все это потребовало серьезного ужесточения требований к сварной заготовке.

Технико-экономическое обоснование исследованных методов получения заготовки гибкого колеса показало, что из сравниваемых вариантов технологического процесса наиболее целесо-

образным является сочетание механической обработки заготовки колеса из исходной трубы (85 х 3,5 х 5000 мм, сталь 30 ХГСА) с последующим ротационным выдавливанием. Два других варианта, хотя и обеспечивали более высокий коэффициент использования металла, но для обеспечения необходимой геометрической точности требовали больших трудозатрат.

По принятому методу изготовления заготовки, получаемые из исходной трубы на обрешном круглопильном полуавтомате, с целью получения мелкозернистой равномерной структуры подвергались отжигу в вакууме (температура нагрева 860–880^oС, время выдержки 1,5 ч, охлаждение с печью до 150^oС). После термообработки осуществлялась подрезка торцов с двух сторон заготовки, обеспечивающая необходимый ее размер (с учетом удлинения при пластической деформации и припусков на окончательную подрезку торцов), и растачивалось классное отверстие для посадки стакана на пуансон при дальнейшем его ротационном выдавливании. Здесь же осуществлялась проточка наружной поверхности под окончательную раскатку шариками.

Диаметр базового отверстия (79,96 мм), несколько меньший его окончательного размера по чертежу, учитывал последующее незначительное его увеличение при раскатке наружной поверхности. Диаметр последней обеспечивался с учетом припуска (0,4 мм на диаметр) под раскатку.

Ротационное выдавливание венца, а затем и самого стакана проводили при смазке оправки и заготовки касторовым маслом и охлаждении эмульсолом. Режимы раскатки: число оборотов оправки – 270 об/мин; подача – 0,31 мм/об. Причем при обработке венца использовались шары \varnothing 18 мм, а стакана – \varnothing 8 мм.

Эксплуатационная стойкость гибких колес, изготовленных из заготовок, полученных сочетанием механической обработки и ротационного выдавливания (как показали последующие комплексные испытания) значительно превышает параметры колес, полученных традиционными способами. Работоспособность волновых передач при этом возрастает за счет уплотнения металла заготовки гибкого колеса в процессе ее холодного пластического деформирования, уменьшения остаточных напряжений и формирования благоприятной макроструктуры (отсутствие перерезания волокон и устранение гребешков обработки на поверхности).