

Для  $R_1 = 14$  мм при  $\bar{\sigma}_n = 4$ ,  $R_3 = 1,75$  мм  $2b = 0,32$  мм,  $P = 133$  Н, для  $R_1 = 56$  мм  $2b = 0,35$  мм,  $P = 170$  Н.

Как видно из таблиц, изменение профильного радиуса  $R_3$  в несколько раз приводит к изменению ширины площадки  $2b$  во столько же раз, изменение же радиуса ролика в плоскости качения практически не влияет на этот параметр.

На усилие обкатки рассмотренные параметры воздействуют согласно уравнению (3). Поскольку влияние на усилие обкатки  $P$  профильного радиуса  $R_3$  (через  $\rho$ ) проявляется в квадратичной зависимости, а  $\bar{\sigma}_n$  — в кубической, их несложно разделить и по измеренной ширине полос качения, полученных при соответствующем усилии обкатки, проверить правильность расчета. Такие проверочные эксперименты проводились на сплаве Д1 и показали хорошую сходимость с расчетом (отклонение не более 5...6 %).

Объективная оценка роли упомянутых параметров в формировании площадки контакта, накоплении деформаций и упрочнении, а также в создании эпюры остаточных напряжений, влияние на которую параметра  $\bar{\sigma}_n$  является решающим, позволяет подойти к оптимизации процесса ППД с позиции заданной цели (долговечность детали, оптимальная глубина наклепанного слоя, величина и знак остаточных напряжений в приповерхностном слое и т.п.).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теоретические основы процессов поверхностного пластического деформирования / Е.М. Макушок и др. — Мн., 1988.

УДК 621.77.04

Г.В. АНДРЕЕВ, В.В. ХАРЧЕНКО (ФТИ),  
В.Е. КИСЕЛЕВ (РостНИИТМ, Ростов), кандидаты техн. наук,  
В.М. СМЛЛЕР (Комбайновый з-д, Таганрог)

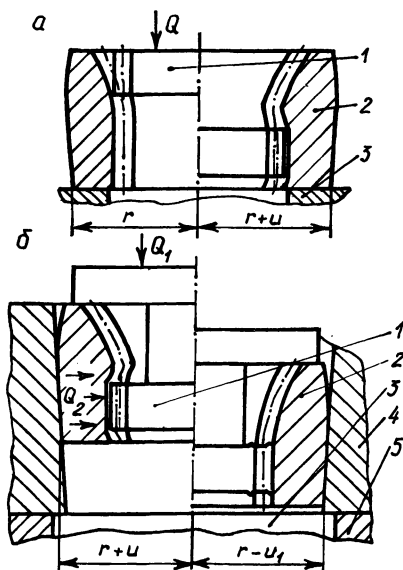
### РАДИАЛЬНАЯ КАЛИБРОВКА СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ УПРУГОДЕФОРМИРУЕМЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

В последние десятилетия широкое распространение на предприятиях отечественной и зарубежной промышленности нашли методы изготовления изделий пластическим формообразованием. Однако до настоящего времени преобладающая часть получаемых деталей требует дополнительной обработки из-за неудовлетворительных точностных параметров, например при получении зубчатых колес. Такое положение обусловлено ограниченным использованием методов холодного пластического формообразования при деформациях, превышающих упругие, как правило, на два и более порядков, и необходимостью применения методов горячей обработки.

В связи с этим все больше используются многопереходные процессы деформирования. Одним из них является технологический процесс, включающий горячее деформирование изделия и последующую холодную его калибровку. Подобная технология, внедренная на ПО "Ижсталь" для изготовления матриц и волок, позволила получить годовой экономической эффект более

Рис. 1. Схемы упругой раздачи матрицы (а) и пластического деформирования заготовки (б) :

1 – заготовка; 2 – матрица; 3 – плита; 4 – контейнер; 5 – пуансон;  $Q$  – усилие вдавливания заготовки в матрицу;  $Q_1$  – усилие вдавливания матрицы в контейнер;  $Q_2$  – усилие радиального обжатия;  $u$  – радиальное перемещение внешних точек матрицы при ее растяжении;  $u_1$  – радиальное перемещение внешних точек матрицы при ее сжатии



17 тыс. руб. лишь только за счет использования способа калибровки [ 1 ] вместо слесарной доработки. Калибровка указанного инструмента заключается в получении требуемых размеров рабочего канала радиальным обжатием заготовки с предварительно отформованным отверстием на пуансоне в конической матрице.

Калибровку боковой поверхности заготовок без полостей предложено осуществлять радиально обжимаемым упругодеформируемым инструментом [ 2 ]. При этом заготовку помещают в полость матрицы, последнюю радиально обжимают. Исправляющая способность при такой калибровке изделий ограничена упругими деформациями сжатия матрицы и обрабатываемого изделия.

Для расширения исправляющих возможностей указанной калибровки разработана технология, включающая упругую раздачу матрицы при свободной от внешних нагрузок ее боковой поверхности, создаваемую вдавливанием заготовки в калибрующую часть матрицы (рис. 1, а), и последующую пластическую деформацию заготовки при приложении обжимающих усилий к указанной боковой поверхности, соответствующей калибрующей части (рис. 1, б).

Таким образом, в разработанной технологии в отличие от известной [ 2 ] за счет деформаций растяжения обеспечивается сжатие матрицы при последующем радиальном ее обжатии на величину, возросшую на деформацию растяжения  $u$  (рис. 1, а), что позволяет использовать заготовки с более широким полем допусков на размеры. Кроме того, при вдавливании заготовки в калибрующую часть матрицы ее рабочая поверхность при свободной от внешних нагрузок боковой поверхности практически не будет изнашиваться. Благодаря приложению при пластической деформации заготовки обжимающих усилий к боковой поверхности матрицы, поперечное сечение которой расположено в калибрующей части, обеспечивается снижение деформирующих усилий за счет уменьшения зоны обжатия.

Для апробирования разработанной технологии калибровали заготовку из

стали 40Х высотой 20 мм, полученную фрезерованием, с припуском по профилю для колеса полумуфты гидромотора комбайна "Дон-1500" (модуль – 3 мм, число зубьев – 24). Матрицу и контейнер изготавливали из стали 5ХНВ и термообработывали до твердости 58...60 HRC<sub>3</sub>. Толщина стенок матрицы в поперечном сечении изменялась от 3 до 6 мм, а угол конусности ее боковой поверхности был равен 2°. Натяг, создававшийся между матрицей и контейнером на завершающем этапе калибровки (рис. 1, б, справа), на сторону был равен 0,2 мм. Диаметр выступов заготовки составлял 74,4 мм, а впадин – 67,9 мм. Параметр шероховатости *Ra* на вершинах зубчатого профиля исходной заготовки не превышал 2,27 мкм, а по эвольвенте – 1,3 мкм. После калибровки деталь имела диаметр выступов 73,7 мм, а впадин – 67,3 мм. При этом параметр шероховатости *Ra* на вершинах зубчатого профиля детали уменьшался и не превышал 0,88 мкм, а по эвольвенте – 1,2 мкм.

Таким образом, апробирование разработанной технологии калибровки показало, что она позволяет исправлять форму профиля зубчатого колеса и снижать параметры шероховатости его поверхности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. с. 1142210 (СССР). Штамп для выдавливания изделий с полостями / В.М.Анищик, А.Н. Равин, Э.Ш. Суходрев и др. 2. А. с. 727307 (СССР). Штамп для радиальной штамповки / В.И. Колос, М.М. Карташова.

УДК 621.777

В.Г. КАНТИН, канд. техн. наук (ФТИ)

### О РЕАЛИЗАЦИИ РЕЖИМА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ТРЕНИЯ ПРИ ГОРЯЧЕМ ВЫДАВЛИВАНИИ

Специфические особенности холодного гидропрессования – высокий уровень усилий деформирования, сжимаемость жидкости, сложность обеспечения гидравлических уплотнений, необходимость улавливания отпрессованных заготовок – существенно ограничивают промышленное применение процесса. Эти недостатки могут быть успешно преодолены при горячем гидропрессовании, одной из разновидностей которого считается горячее гидродинамическое выдавливание (ГГДВ) [1]. Основным отличительным признаком ГГДВ является использование в качестве рабочей среды квазижидких материалов, проявляющих в условиях деформирования свойства, подобные свойствам жидкости.

Сущность эффекта применения рабочих сред, например графитного порошка, при выдавливании заготовки состоит в том, что при определенных параметрах процесса в зоне деформации создается смазочный клин, способный полностью разделить контактные поверхности нагретого металла и инструмента, т. е. обеспечиваются условия гидродинамического (жидкостного) трения. Однако проявление эффекта гидродинамического трения наблюдается лишь при определенных сочетаниях режимов деформирования, геометрических и реологических параметров выдавливаемых заготовок и рабочей среды.