

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 HRC₃. 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.

Необходимым условием для обеспечения совместного истечения деформируемого металла и рабочей среды является прежде всего наличие слоя графитного порошка в контейнере в начальной стадии процесса. При правильно выбранных параметрах процесса (размеры заготовки, степень деформации, температура нагрева заготовки и др.) деформирование должно осуществляться следующим образом. Под действием ударной нагрузки графитный вкладыш разрушается. Образующийся порошок графита затекает в зазор между контейнером и заготовкой и уплотняется. Затем происходит пластическая деформация заготовки.

Если зазор будет занижен, при высокой температуре нагрева заготовки сопротивление металла осадке может оказаться ниже сопротивления истечению графитного порошка в узкую кольцевую щель между контейнером и заготовкой, что приведет к "бочкообразованию" заготовки и может полностью исключить формирование графитной оболочки в контейнере. В этом случае произойдет обычное выдавливание со всеми присущими ему особенностями, что и наблюдается чаще всего на практике.

Возможно также обычное выдавливание, при котором степень деформации недостаточна.

Анализ процессов, происходящих в начальной стадии ГГДВ (истечение порошкообразного графита в кольцевой зазор, осадка заготовки и ее выдавливание), позволил определить допустимые значения соотношений диаметров заготовки и контейнера и степени деформации при заданных механических свойствах рабочей среды и деформируемого материала [2]. Однако формирование слоя рабочей среды в контейнере является необходимым, но недостаточным условием, обеспечивающим реализацию эффекта гидродинамического трения при выдавливании. Экспериментальное и теоретическое изучение особенностей совместного выдавливания заготовок и рабочих жидкостей позволило определить кинематические, геометрические и силовые характеристики процесса, при которых может быть осуществлено деформирование в режимах гидродинамического трения.

Совместным решением уравнений движения Навье—Стокса для вязкой несжимаемой жидкости и уравнений квазистатического равновесия деформируемого металла из условия равенства нормальных напряжений на поверхности контакта рабочей среды и деформируемой заготовки была получена зависимость для определения толщины слоя смазочного материала на выходе из очага деформации:

$$h = \left(\frac{\sigma_s}{4\eta v_0} F(\varphi) F(\rho) + \frac{4\sqrt{\lambda}}{\rho_0 \operatorname{ctg}\varphi_M} \right)^{-1},$$

где σ_s — предел текучести деформируемого материала; η — исходная динамическая вязкость рабочей среды; v_0 — скорость деформирования; $F(\varphi) =$

$$= \frac{25 + \frac{1}{\cos^2\varphi_M}}{\cos\varphi_M \operatorname{ctg}\varphi_M}, F(\rho) = \frac{\sqrt{\lambda} \ln \sqrt{\lambda}}{\sqrt{\lambda^3} - 1} - \text{функции, отражающие соответствен-}$$

но влияние угла φ_m конуса матрицы и вытяжки λ ; ρ_0 — радиус верхней границы очага деформации в сферических координатах.

Как показывает анализ зависимости, определяющим фактором образования и стабильного существования смазочного клина в очаге деформации при осесимметричном выдавливании заготовки через матрицу является отношение вязкости рабочей среды к пределу текучести материала в процессе истечения. Увеличение этого отношения приводит к линейному росту слоя смазочного материала на входе в конус матрицы, а следовательно, и на выходе из него.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Северденко В.П., Мураш В.С., Суходрев Э.Ш. Горячее гидродинамическое выдавливание режущего инструмента. — Мн., 1974. 2. Северденко В.П., Эли м е л а х С.З., К а н т и н В.Г. Условия формирования разделяющего слоя промежуточной среды при горячем гидродинамическом выдавливании // Изв. АН БССР. Сер. физ.-техн. наук. — 1975.

УДК.669.017:621.7.044.2

Ю.Г. АЛЕКСЕЕВ, канд. техн. наук,
И.Н. ФЕДОСЕНКО, И.А. КОМЕЛЬ (БПИ)

ДЕФОРМИРОВАНИЕ И ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА ТРУБ ПРИ ОБЖАТИИ ЭНЕРГИЕЙ ВЗРЫВА*

Процессы упрочнения и сварки труб энергией взрыва сопровождаются деформацией материала труб при обжатии. Проектирование материала требует знания скорости деформирования, скорости и степени деформации, так как их значения влияют на структуру и свойства материала.

Рассмотрим обжатие трубы в цилиндрической системе координат (рис. 1). При этом сделаем следующие предположения: труба имеет неограниченные размеры в направлении оси Z ; происходит равномерное ее обжатие, т. е. все точки, расположенные на поверхности любого выделенного в трубе цилиндра, перемещаются в направлении координаты r на одинаковое расстояние. Это позволяет пренебречь наличием деформации вдоль оси Z и не учитывать влияния краевых эффектов.

С учетом данных предположений получены значения скорости деформирования v_{ri} в любой момент времени τ_i для любой точки трубы R_i :

$$v_{ri} = \frac{v_{1\tau}}{R_{i\tau}} (R_{10} - \int_0^{\tau_i} v_{1\tau} d\tau), \quad v_{\varphi i} = v_{zi} = 0,$$

где $v_{1\tau}$ — заданная скорость деформирования наружной поверхности трубы в момент времени τ_i .

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук В.Н. Ковалевского.