

УДК621.771

С.В. Перерва (5 курс, каф. ПОМКиПМ), А.М. Золотов, к.т.н., доц.

## ОБЖИМ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ ПРИ ПОСТОЯННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Целью данной работы является установление признака жесткости трубной заготовки при горячем обжиге в задаче изотермического упруго – вязко – пластического течения. В матрицу, нагретую до постоянной температуры  $300^{\circ}\text{C}$ , под усилием пресса подается труба, из алюминиевого сплава нагретая до той же температуры. Под действием продольной внешней силы заготовка перемещается относительно матрицы и по мере продвижения ее в рабочую полость принимает форму оболочки. Конечным результатом обжига является получение конструкционной единицы – баллона (его горловины).

Обжим — уменьшение поперечного сечения краевой части полого полуфабриката путем заталкивания его в сужающуюся рабочую полость матрицы. Очаг деформации контактирует только с рабочей полостью матрицы, а схема напряженного состояния близка к плоской одноименной схеме сжатия.

При обжиге на заготовку действует продольная внешняя сила  $P_{\text{пр}}$ , заталкивающая ее в матрицу. При этом на внешней поверхности заготовки, контактирующей с матрицей и перемещающей относительно нее, возникают контактные нормальные и контактные касательные (от сил трения) напряжения. Внутренняя поверхность заготовки свободна от напряжений, а нормальные контактные напряжения при малой относительной толщине стенки ( $s/D < 0,02$ ) значительно меньше напряжения текучести, и его влияние на условие перехода в пластическое состояние и утолщение стенки заготовки незначительно.

При обжиге открытый конец (предварительно обрезанной) полый заготовки или трубы вталкивается в воронкообразную рабочую часть матрицы, имеющую форму готового изделия или промежуточного перехода.

Деформируемая часть заготовки находится в объемно-деформированном состоянии. В меридиональном и в окружном направлении происходит сжатие  $\epsilon_r$  и  $\epsilon_{\theta}$ , а в радиальном направлении (перпендикулярном образующей) происходит растяжение  $\epsilon_n$  кольцевых элементов полой заготовки.

Напряженное состояние при обжиге также будет объемное — всестороннее неравномерное сжатие  $\sigma_r$ ,  $\sigma_{\theta}$  и  $\sigma_n$ . Но так как внутренняя поверхность полой заготовки не нагружена при обжиге, а  $\sigma_n$  при относительно тонкостенной заготовке мало по сравнению с  $\sigma_r$ , то можно принять, что схема напряженного состояния при обжиге будет плоской: двухосное сжатие - в меридиональном  $\sigma_r$  и в окружном  $\sigma_{\theta}$  направлении. Вследствие этого происходит некоторое утолщение стенки у края изделия.

Формоизменение при обжиге ограничено явлением локальной потери устойчивости. При определенной (критической) величине продольных и окружных сил сжатия на детали появляются поперечные волны, вогнутости или продольные волны. Вид потери устойчивости зависит в основном от относительной толщины стенки  $s/D$  заготовки, ее материала, условий закрепления в штампе и формы рабочей полости матрицы для обжига.

Коэффициент обжига имеет предельное значение  $K_{\text{п}} = D/d_{\text{пр}}$ , когда по мере продвижения заготовки в матрице и сокращения ее диаметра  $d$  до  $d_{\text{пр}}$ , напряжение  $\sigma_{\alpha}$  (или напряжение  $\sigma_{\theta}$ ) достигнет критического значения  $\sigma_{\text{кр}}$ , при котором начинается потеря устойчивости.

Задачей исследования является прослеживание во времени процесса формоизменения исходной заготовки — трубы Ш300×6 мм — при сжатии в осевом направлении нагреваемой матрицей. Анализ процесса имеет конечной целью оптимизацию скоростного и температурного режима процесса.

Математическое моделирование предполагает совместное решение двух задач: задачи стационарной теплопроводности и задачи изотермического упруго-вязко-пластического течения.

Решение задач теплопроводности и течения выполнялось методом конечных элементов. Исходная заготовка — отрезок трубы длиной  $l = 228$  мм аппроксимировалась сеткой, имеющей 329 изопараметрических квадратичных элементов, соединенных в 1073 узловых точках. Выбор длины  $l = 228$  мм обусловлен необходимостью анализа лишь той части исходной заготовки, которая получает формоизменение, то есть находится в пределах матрицы и обоймы. Выступающая за ее пределы часть заготовки в расчетах не участвует.

Решение задачи изотермического упруго-вязко-пластического течения представляет собой поэтапное прослеживание процесса при заданном перемещении торцевого сечения (находящегося за пределами обоймы). На поверхности контакта заготовки с матрицей граничные условия заданы в виде соотношения скоростей течения в радиальных и продольных направлениях (условие непроницаемости) и уравнения связи нормальных и касательных напряжений  $\tau = \mu\sigma_n$ , где  $\mu = 0,1$  — коэффициент трения. Перемещение торцевого сечения на каждом этапе задавалось. При этом итерационный процесс требовал 150...200 последовательных приближений. Попытка увеличения шага перемещений на этапе вызвала непропорциональное увеличение числа итераций (до 300 и более).

На рис.1,а представлены стадии движения металла вдоль поверхности матрицы. На рис.1,б показано распределение толщины стенки вдоль длины исходной заготовки. Изображение в определенной степени условное (толщина после окончания процесса связана с координатой исходной заготовки). Следует отметить, что указанное распределение получено расчетом с коэффициентом трения  $\mu = 0,1$ . Очевидно, чем меньше коэффициент трения, тем меньше утолщение.

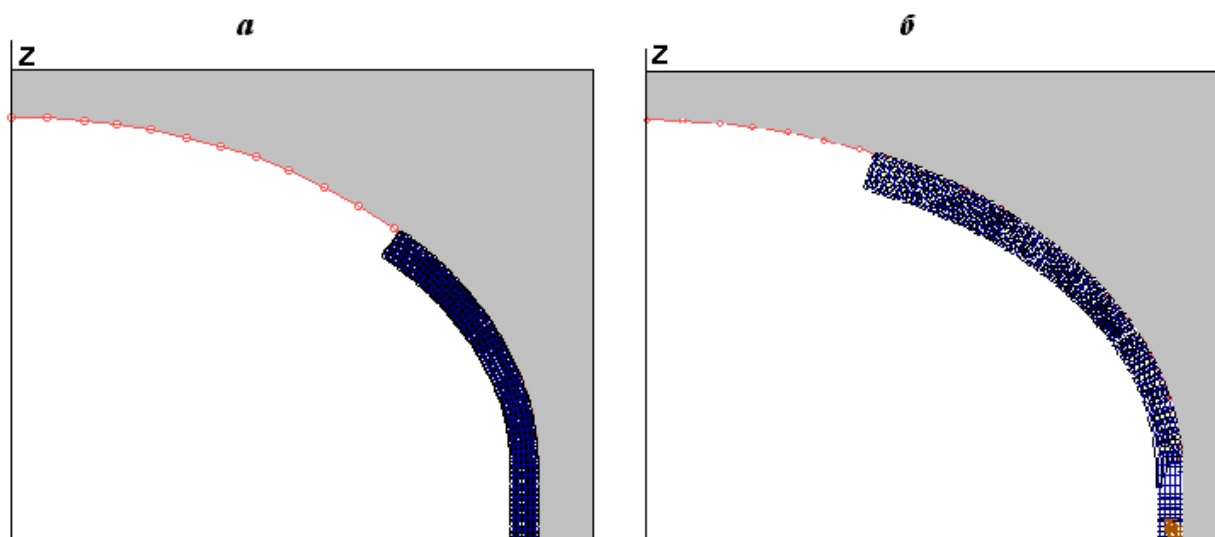


Рис.1. Стадии движения металла вдоль поверхности матрицы.

Резкое увеличение толщины переднего конца трубы обусловлено двумя факторами: геометрическим и температурным. Вероятно, основным фактором является геометрический - уменьшение диаметра трубы приводит к увеличению толщины стенки.

*Вывод:* Расчёт показал, что при данных условиях дальнейшее нагружение ведёт к потере устойчивости. Следовательно, необходимо либо отказаться от получения изделия обжимом, либо разрабатывать другие условия процесса.