

УДК 621.983

Н.Н. Мороз, доц., канд. техн. наук

Кременчугский государственный университет имени Михаила Остроградского

Расчет процесса вытяжки осесимметричных деталей с учетом трения

Разработан алгоритм расчета напряжений трения и предложена методика расчета сил трения, которая учитывает нестационарный характер движения слоя смазки и напряжения трения, действующие не только на фланце заготовки, а по всей ее поверхности. Представлены результаты расчета значения напряжений контактного трения и их сравнение с экспериментом.

алгоритм, силы напряжений контактного трения, смазочный слой, вязкость смазки, поверхность заготовки

Осесимметричные детали широко применяются как днища баков, обтекатели, элементы баллонов, в конструкциях летательных аппаратов, двигателей и т.д.

Расчет технологического процесса изготовления днища произведен по составленным программам, которые написаны на универсальном алгоритмическом языке Фортран-4. Ряд используемых подпрограмм (FLAT, DYNCALSH, OPTIMA и др.) входят в состав более общих программ динамического поведения и определения конечного формоизменения прямоугольных в плане заготовок и полуфабрикатов [1]. Алгоритм расчета напряжений контактного трения построен таким образом, чтобы потребная нагрузка была минимальна, а отштампованная заготовка облежала поверхность матрицы (соответствие координат конечного формоизменения граничной поверхности заготовки, поверхности матрицы). На первом этапе расчета напряжения контактного трения задаются минимальными, т.е. смазка должна иметь оптимальную вязкость, обеспечивающую полное разделение поверхностей. Усилие прижима выбирается из условий обеспечения невыдавливания смазки и отсутствия горфообразования. Зная вязкость смазки, давление прижима и материал заготовки можем определить толщину смазочного слоя. В процессе счета производится сопоставление координат заготовки с координатами поверхности матрицы. При нарушении облегания поверхности матрицы производится остановка счета. В дальнейшем вязкость смазки увеличивается на величину $\Delta\eta$. После этого цикл расчета повторяется до полного соответствия профиля матрицы профилю заготовки. Если увеличение вязкости до $10^7 - 10^8$ Па·с не приводит к желаемым результатам, проводим уменьшение толщины смазочного слоя на величину Δh , что равносильно увеличению давления прижима. Если снижение сил трения окажется достаточным при $h < 0,1$ мкм, расчет напряжений контактного трения производим по зависимостям для условий сухого трения.

При расчете технологического процесса изготовления днища, выбиралась плоская листовая заготовка круглой формы в плане диаметром 0,8 м, толщиной $0,15 \cdot 10^{-2}$ м из алюминиевого сплава АМц. Исходные данные по модулю упругости, пределу текучести, коэффициенту Пуассона, предельные характеристики материала используем из информации приведенной в [2]. Коэффициент динамической вязкости

принимался равным $\eta = 0,2$ Па·с. Толщина смазочного слоя изменялась от $4 \cdot 10^{-6}$ м до 10^{-6} м, т.е. моделировалось изменение усилия прижатия фланца заготовки к матрице. В таблице 1 приведены значения напряжений контактного трения, вычисленные при различных толщинах смазочного слоя.

Таблица 1 – Результаты расчета значения напряжений контактного трения

№ шага	Точки τ , 10^{-2} Па				Толщина смазочного слоя, м
	1	2	3	4	
1	$5,528 \cdot 10^8$	$5,608 \cdot 10^8$	$5,764 \cdot 10^8$	$4,867 \cdot 10^8$	$9 \cdot 10^{-6}$
2	$4,136 \cdot 10^8$	$4,182 \cdot 10^8$	$4,276 \cdot 10^8$	$2,344 \cdot 10^8$	$9 \cdot 10^{-6}$
1	$9,751 \cdot 10^7$	$9,878 \cdot 10^7$	$9,415 \cdot 10^7$	$8,141 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^{-6}$
2	$1,77 \cdot 10^8$	$1,79 \cdot 10^8$	$1,762 \cdot 10^8$	$1,405 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^{-6}$
3	$3,026 \cdot 10^8$	$3,051 \cdot 10^8$	$3,071 \cdot 10^8$	$2,101 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^{-6}$
4	$3,7113 \cdot 10^8$	$3,75 \cdot 10^8$	$3,814 \cdot 10^8$	$2,31 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^{-6}$
1	$5,624 \cdot 10^8$	$5,624 \cdot 10^8$	$5,69 \cdot 10^8$	$5,8336 \cdot 10^8$	$8 \cdot 10^{-6}$
1	$5,387 \cdot 10^8$	$5,459 \cdot 10^8$	$5,603 \cdot 10^8$	$4,657 \cdot 10^8$	$10 \cdot 10^{-6}$
2	$4,867 \cdot 10^8$	$4,898 \cdot 10^8$	$5,036 \cdot 10^8$	$2,629 \cdot 10^8$	$10 \cdot 10^{-6}$
3	$5,084 \cdot 10^8$	$5,121 \cdot 10^8$	0	0	$10 \cdot 10^{-6}$
4	$9,841 \cdot 10^8$	$9,938 \cdot 10^8$	0	0	$10 \cdot 10^{-6}$
5	0	0	0	0	$10 \cdot 10^{-6}$

На рисунке 1 приведены результаты расчета в сравнении с экспериментальными исследованиями для свободной вытяжки детали типа днища.

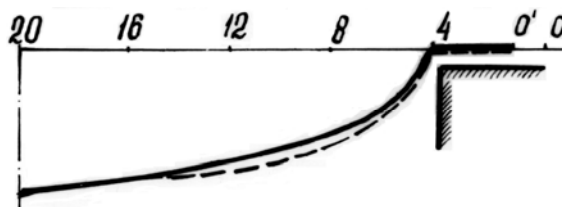


Рисунок 1 – Окончательный профиль детали: _____ теория; -----эксперимент

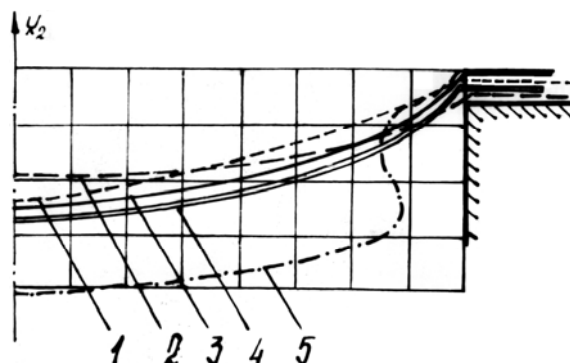
Предельные положения точек штампуемой заготовки, лежащих в продольной плоскости симметрии, для различных значений толщины смазочного слоя изображены на рисунке 2.

Зависимости скоростей перемещения периферийной точки заготовки и напряжений контактного трения от времени представлены на рисунках 3 и 4. Экспериментальные кривые удовлетворительно соответствуют расчетным.

Численные расчеты показали, что напряжения контактного трения оказывают существенное влияние на динамику поведения штампуемой заготовки, ее напряженно-деформированное состояние и значение конечных прогибов. В свою очередь напряжения контактного трения зависят от скорости перемещения штампуемой заготовки.

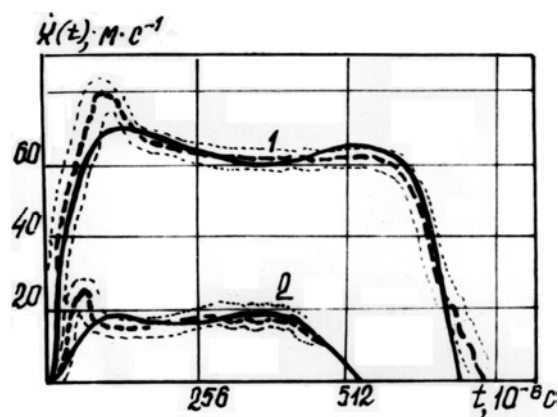
На рис. 5 приведены опытные образцы деталей, отштампованных взрывом при различных параметрах смазочного слоя. При жестком закреплении фланца заготовки

максимальное утонение достигает 25 – 30%, конечный профиль заготовки близок к треугольному.



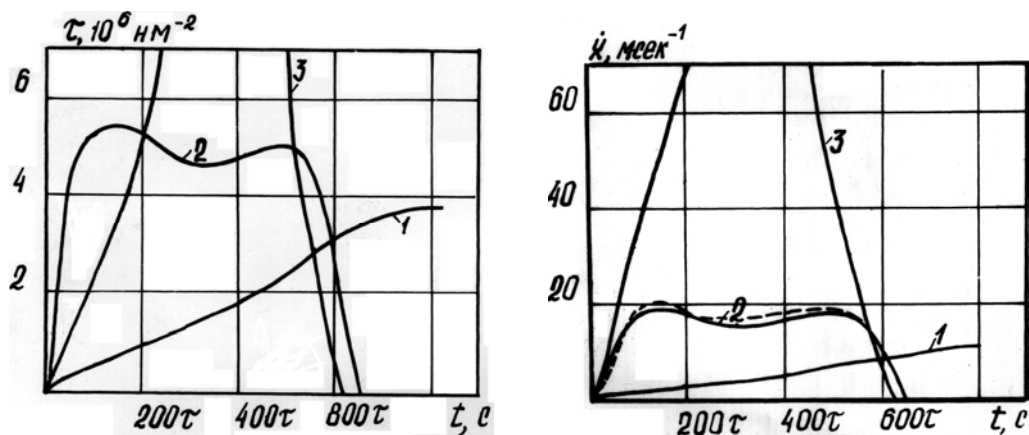
1 – жесткое защемление фланца заготовки; 2 – $\eta = 0,2$ Па·с, $h = 8 \cdot 10^{-6}$ м; 3 – $\eta = 0,2$ Па·с, $h = 9 \cdot 10^{-6}$ м;
4 – $\eta = 0,2$ Па·с, $h = 10 \cdot 10^{-6}$ м; 5 – $\eta = 0,2$ Па·с, $h = 50 \cdot 10^{-6}$ м

Рисунок 2 – Сравнение окончательных профилей деталей, параметры смазочного слоя следующие



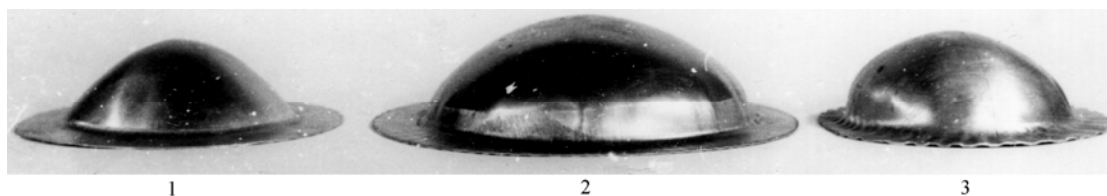
1 – $\eta = 0,2$ Па·с, $h = 10 \cdot 10^{-6}$ м; 2 – $\eta = 0,2$ Па·с, $h = 8 \cdot 10^{-6}$ м

Рисунок 3 – График зависимости скорости периферийной точки заготовки от времени (_____ теория; -----эксперимент)



1 – $\eta = 0,2$ Па·с, $h = 10 \cdot 10^{-6}$ м; 2 – $\eta = 0,2$ Па·с, $h = 9 \cdot 10^{-6}$ м; 3 – $\eta = 0,2$ Па·с, $h = 8 \cdot 10^{-6}$ м

Рисунок 4 – График зависимости напряжений контактного трения от времени (_____ теория; -----эксперимент)



1 – жесткое защемление фланца заготовки; 2 – $\eta = 0,2$ Па·с, $h = 8 \cdot 10^{-6}$ м; 3 – $\eta = 0,2$ Па·с, $h = 30 \cdot 10^{-6}$ м

Рисунок 5 – Детали типа «днище», отштампованные взрывом при различных параметрах смазочного слоя

Детали 2 и 3 получены с использованием смазки вязкостью $\eta = 0,2$ Па·с. Деталь 2 получена при давлении прижима, равном 0,7 МПа, что соответствует толщине смазочного слоя $h = 8 \cdot 10^{-6}$ м. Фланец детали 3 прижимался давлением 0,25 МПа, толщина смазочного слоя составляла $h = 30 \cdot 10^{-6}$ м. Конечный профиль деталей близок к эллиптическому, максимальные утонения не превышают 10 – 12%. Форма конечных прогибов и распределение утонений по профилю заготовки близки к расчетным.

Выводы:

Предложенная методика расчета сил трения учитывает нестационарный характер движения слоя смазки и напряжения трения, действующие не только на фланце заготовки, а по всей ее поверхности, которая контактирует с элементами оснастки.

Разработанный алгоритм расчета напряжений трения дает возможность при численном моделировании процесса импульсного деформирования определить оптимальные условия в зоне фрикционного контакта заготовки с инструментом, что позволяет добиться максимального соответствия формы заготовки детали.

Список литературы

1. Драгобецкий В.В. Постановка задачи пластического деформирования при совмещении операций штамповки и сварки взрывом // Проблемы создания новых машин и технологий: Научные труды КГПУ. – Вып. 2/1999. – Кременчуг, 1999. – С. 270–274.
2. Драгобецкий В.В. Особенности пластического деформирования биметаллических заготовок при импульсном нагружении. // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. Вип. 3/2002 (14). – Кременчук: КДПУ. – С. 127–129.

М. Мороз

Розрахунок процесу витяжки осесиметричних деталей з урахуванням тертя

Розроблено алгоритм розрахунку напруження тертя та запропонована методика розрахунку сил тертя, яка враховує нестационарний характер руху шару смазки і напруження тертя, що діють не тільки на фланці заготовки, а по всій її поверхні. Представлені результати розрахунку значення напруження контактного тертя та їх порівняння з експериментом.

N. Moroz

Calculation process of extraction axisymmetrical details taking into account a friction

The developed algorithm of account of pressure of friction and offered account technique of friction forces, which takes into account non-stationary character of movement of a greasing layer and pressure of friction working not only at edge of preparation, and on all of its surface. The results of meaning account of contact friction pressure and their comparison with experiment are submitted.

Одержано 23.11.09