

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СМАЗКИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ ПРИ ВЫТЯЖКЕ

© 2018 Я.А. Ерисов¹, В.А. Костышев², И.Н. Петров²

¹Самарский научный центр Российской академии наук

²Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева

Статья поступила в редакцию 06.12.2018

В данной статье проведено экспериментальное исследование влияния различных видов смазки на величину коэффициента трения при вытяжке. Для расчетов использовался метод разности усилий, позволяющий определять коэффициент трения с инженерной точностью. В результате проведенных исследований было выявлено, что наиболее низкий коэффициент трения наблюдается при смазке маслом с прокладкой из полиэтиленовой пленки.

Ключевые слова: коэффициент трения, вытяжка, смазка, метод разности усилий, алюминиевый сплав 3104, технический алюминий А5.

Процесс обработки давлением относится к высокоэффективным и экономичным способам получения металлических изделий. В последнее время, большое количество научных исследований посвящено, одному из перспективных технологических методов производства в этой области - листовой штамповке [1-3]. Дальнейшее развитие и совершенствование этих процессов требует создания оптимальных условий внешнего трения, которое при обработке металлов давлением, за исключением отдельных операций, является вредным фактором [4].

Чаще всего величину силы трения определяют через коэффициент трения. Поэтому для решения технологических и конструкторских задач требуется с достаточной степенью достоверности определить среднюю величину коэффициента внешнего трения в зоне деформации.

Существует несколько способов определения коэффициента трения в процессах листовой штамповки: метод свёртки [5], метод вытяжки с утонением [6] и метод разности усилий [7]. Данные методы определения коэффициента трения удобны тем, что в сам процесс не вносятся никаких изменений. Принципиально те же приемы расчетов применимы и для других процессов обработки металлов давлением.

Недостатком указанных методов является то, что полученные расчетные значения коэффициентов трения отражают все погрешности ис-

пользованных формул и не могут быть приняты как точные абсолютные величины. Однако, для сравнительных целей, например для выбора лучшей смазки, методы этой группы предпочитают всем прочим [4]. Кроме того для первых двух методов характерны следующие недостатки: трудоемкость изготовления заготовок, низкая точность при малых силах трения.

В данной работе выполнено экспериментальное исследование влияния разных видов смазки на коэффициент трения.

Для определения коэффициента трения использовался метод разности усилий, то есть изменение усилия вытяжки при изменении на известную величину усилия прижима [5]:

$$\mu = \frac{\sqrt{1 + \pi \frac{\Delta P}{\Delta Q}} - 1}{\pi}, \quad (1)$$

где μ – коэффициент трения; ΔP – разность усилий вытяжки; ΔQ – разность усилий прижима.

Также для расчетов использовалась не только классическая зависимость (1), предложенная А.А. Шофманом, а более точная зависимость, обеспечивающая меньшую погрешность [8]:

$$\mu = \frac{\sqrt{1 + \frac{\pi}{2} \left(1 + \frac{r_n}{r_u}\right) \frac{\Delta P}{\Delta Q}} - 1}{\pi}. \quad (2)$$

где r_u – радиус вытягиваемого стакана; r_n – радиус заготовки.

Экспериментальное исследование влияния различных видов смазки на коэффициент трения проводилось на машине для испытаний листового материала Zwick/Roell BUP 200. Геометрия и размеры инструмента приведены в табл. 1.

Исследования проводились на холоднокатаных листах из алюминиевого сплава 3104 и технического алюминия А5 толщиной 0,25 мм и 1 мм соответственно, диаметр заготовки 60 мм.

Ерисов Ярослав Александрович: кандидат технических наук, доцент, инженер отдела металлофизики авиационных материалов Самарского научного центра Российской академии наук. E-mail: yaroslav.erisov@mail.ru

Костышев Вячеслав Александрович: доктор технических наук, профессор, профессор кафедры обработки металлов давлением Самарского университета.

Петров Илья Николаевич: студент группы 1239 института ракетно-космической техники Самарского университета. E-mail: ilpetrof110895@yandex.ru

Таблица 1. Геометрия и размеры инструмента для вытяжки

Толщина испытываемого материала, мм	Диаметр матрицы, мм	Диаметр пуансона, мм	Радиус скругления матрицы, мм	Радиус скругления пуансона, мм
0,25-0,345	33,8	33	2,5	5
0,941-1,13	35,6		5	

Таблица 2. Результаты расчетов коэффициента трения по данным эксперимента

Материал (толщина)	Смазка	Q ₁ , кН	Q ₂ , кН	P ₁ , кН	P ₂ , кН	ΔQ, кН	ΔP, кН	μ		
								Φ.(1)	Φ.(2)	
3104 (0,25 мм)	Обезжиренный образец	1,9	2,3	7,7	7,74	0,4	0,04	0,047	0,064	
		1,9	2,7	7,7	8,09	0,8	0,39	0,188	0,246	
		2,3	2,7	7,74	8,09	0,4	0,35	0,298	0,382	
	μ _{ср}								0,178	0,231
	Масло промышленное марки И-20А	1,3	1,7	7,48	7,54	0,4	0,06	0,068	0,092	
		1,3	2	7,48	7,64	0,7	0,16	0,099	0,132	
		1,7	2	7,54	7,64	0,3	0,1	0,137	0,181	
	μ _{ср}								0,101	0,135
	Масло промышленное марки И-20А с полиэтиленовой плёнкой	1,3	1,7	6,75	6,8	0,4	0,05	0,057	0,078	
		1,3	2	6,75	6,83	0,7	0,08	0,053	0,072	
		1,7	2	6,8	6,83	0,3	0,03	0,047	0,064	
	μ _{ср}								0,052	0,071
	А5 (1 мм)	Обезжиренный образец	–	–	–	–	–	–	–	–
		Масло промышленное марки И-20А	5	10	15,85	16,56	5	0,71	0,064	0,086
			5	12,5	15,85	17,04	7,5	1,19	0,071	0,095
10			12,5	16,56	17,04	2,5	0,48	0,085	0,112	
μ _{ср}								0,074	0,098	
Масло промышленное марки И-20А с полиэтиленовой плёнкой		5	10	13,05	13,8	5,3	0,75	0,064	0,086	
		5	12	13,05	13,92	7,3	0,87	0,055	0,073	
		10	12	13,8	13,92	2	0,12	0,029	0,039	
μ _{ср}								0,049	0,066	

При вытяжке изменялись условия трения - использовались обезжиренный образец; масло промышленное марки И-20А; масло промышленное марки И-20А с прокладкой из полиэтиленовой пленки

В табл. 2 приведены результаты расчетов коэффициента трения по формулам (1) и (2). Сле-

дует отметить, что при вытяжке заготовок из алюминиевого сплава А5 без смазки образец разрушался. Отличие в значениях коэффициентов трения для различных материалов объясняется различной шероховатостью исходных образцов.

Сопоставляя значения, полученные по формулам (1) и (2), видно, что классическая фор-

мула А.А. Шофмана дает заниженные значения по сравнению с зависимостью, предложенной в работе [8]. При этом с увеличением толщины заготовки расхождение между формулами уменьшается, что согласуется с результатами компьютерного моделирования, проведенными в работе [8].

В целом наиболее низкий коэффициент трения наблюдается при смазке маслом с прокладкой из полиэтиленовой пленки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демьяненко Е.Г., Попов И.П. Исследование способа формообразования тонкостенных деталей на основе процессов отбортовки и формовки // *Авиационная техника*, 2016. № 2. С. 114-118
2. Демьяненко Е.Г. Формообразование тонкостенных осесимметричных деталей выпуклой и вогнутой формы на основе процесса отбортовки // *Заготовительные производства в машиностроении*. 2014. № 7. С. 23-28
3. Нестеренко Е.С., Гречников Ф.В. Расчет параметров процесса вытяжки детали «полусфера» в штампе с упругим элементом // *Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия*. 2017. № 4 С. 62-68.
4. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением: учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1977. 423 с.
5. Губкин С.И. Теория обработки металлов давлением. М.: Металлургиздат, 1947. 533 с.
6. Грудев А.П., Зильберг Ю.В., Тилик В.Т. Трение и смазки при обработке металлов давлением. Справ.изд. М.: Металлургия, 1982. 312 с.
7. Чертавских А.К., Белосевич В.К. Трение и технологическая смазка при обработке металлов давлением. М.: Металлургия, 1986. - 364 с.
8. К определению коэффициента трения в процессах листовой штамповки / Я.А. Ерисов, Ю.С. Горшков, И.А. Камайкин, И.Н. Петров // *Кузнечно-штамповочное оборудование. Обработка металлов давлением*. 2017. № 6. С.14-17.

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE INFLUENCE OF LUBRICATION ON FRICTION COEFFICIENT DURING DRAWING

© 2018 Ya.A. Erisov¹, V.A Kostyshev², I.N. Petrov²

¹Samara Scientific Center of Russian Academy of Science

²Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov

It was conducted an experimental study of the effect of various types of lubricant on the magnitude of the friction coefficient during drawing. For calculations a method of difference of forces was used, which allows determining the friction coefficient with engineering accuracy. As a result of the research it was found that the lowest friction coefficient is observed when lubricating is done with oil and polyethylene film.

Keywords: coefficient of friction, drawing, lubrication, method of difference of forces, aluminum alloy 3104, commercial aluminum A5.

Yaroslav Erisov, Candidate Degree in Engineering, Engineer, Samara Scientific Center of Russian Academy of Science. E-mail: erisov@ssau.ru

Vyachaslav Kostyshev, Doctor Degree in Engineering, Professor, Professor of Metal Forming Department of Samara University. E-mail: Kostyshev@ssau.ru

Ilya Petrov, Student of Institute of Space Rocket Engineering of Samara University. E-mail: ilpetrof110895@yandex.ru