

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИЯ ПЛАКИРОВАНИЯ ЗАКРЫТОЙ ПРОШИВКОЙ

Ю. Л. БОБАРИКИН, В. Ф. БУРЕНКОВ, Н. В. ИНОЗЕМЦЕВА

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого»,  
Республика Беларусь*

### Введение

Основным энергосиловым параметром плакирования металлических заготовок внутренним порошковым покрытием закрытой прошивкой [1]–[3] является усилие прошивки. Определение оптимальных условий прошивки, обеспечивающих минимальное усилие прошивки, является важной задачей, обеспечивающей минимальные энергозатраты процесса и износ инструмента. Усилие прошивки зависит от механических свойств материала заготовки и покрытия, деформационно-кинематических условий процесса, формы торца прошивного пуансона и схемы прошивки. В работе исследовалась зависимость усилия плакирования прошивкой от формы торца или рабочей поверхности прошивного пуансона и от схемы прошивки.

Форма рабочей поверхности пуансона оказывает влияние на размеры очага деформации и реологию пластического течения материала, что отражается на величине усилия прошивки. Схема прошивки оказывает влияние на силовые параметры прошивки посредством изменения условий контактного трения между внешней поверхностью заготовки и внутренней поверхностью контейнера.

### Основная часть

Исследования проводились на экспериментальной установке для плакирования прошивкой с использованием алюминиевых заготовок АД0 диаметром 40 мм, которые плакировались внутренним покрытием из порошкового олова ПО2. Калибрующая часть пуансона имела диаметр 20 мм и длину 15 мм.

Исследовались следующие виды торца прошивного пуансона: плоский, конический и сферический (рис. 1).

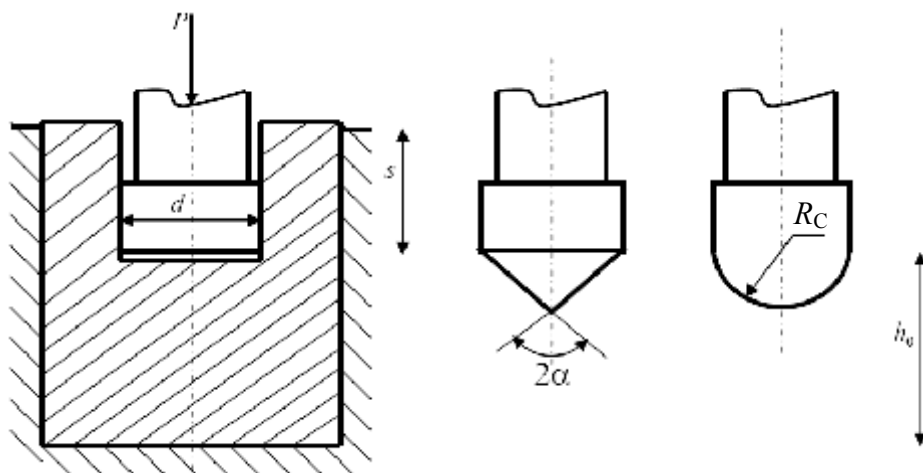


Рис. 1. Схема процесса

При исследовании влияния радиуса перехода от боковой поверхности пуансона к его плоскому торцу (табл. 1, рис. 2) были использованы пуансоны с калибрующей частью

диаметром 20 мм, длиной 15 мм и радиусами переходов  $R_C = 0; 1,5; 2,5; 4; 6; 10$  мм. Значение  $R_C = 10$  мм соответствует сферической форме торца пуансона.

Таблица 1

**Силовые режимы прошивки с плакированием плоскими пуансонами в свободном контейнере заготовок из алюминия**

Ход пуансона $s$ , мм	5	10	15	20	25	30	35	
Отношение $d/h_0$	0,44	0,5	0,57	0,67	0,8	1	1,33	
Усилие прошивки $P$ , кН, пуансонами с радиусом перехода $R_C$ , мм	$R_C = 0$	138	162	168	173,5	175	173	171,5
	1,5	132	155	162,5	167	170	169	166,5
	2,5	128	148	153,5	161,5	164	165	163
	4	123,5	145,5	151,5	158	161	161,5	159
	6	121	142	147,5	152	153	153	152,5
	10	117,5	133	137,5	140	140	139	136

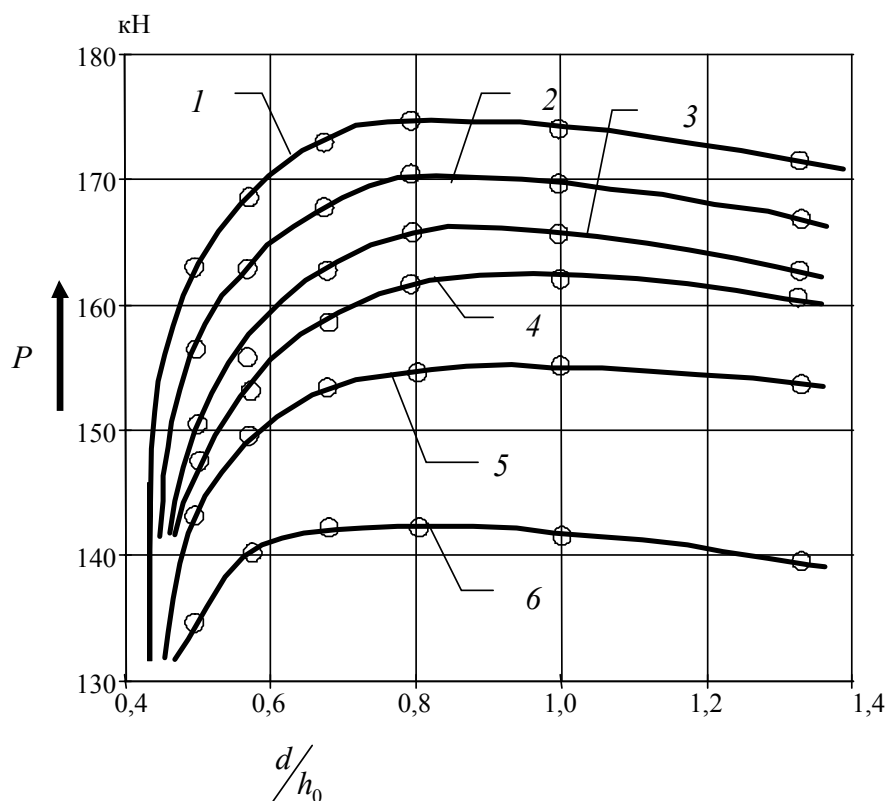


Рис. 2. Влияние отношения  $d/h_0$  на усилие прошивки с плакированием

плоскими пуансонами с различными радиусами скругления, мм:

1 –  $R_C = 0$ ; 2 –  $R_C = 1,5$ ; 3 –  $R_C = 2,5$ ; 4 –  $R_C = 4,0$ ; 5 –  $R_C = 6,0$ ; 6 –  $R_C = 10$

Из рис. 2 видно, что при увеличении радиуса скругления усилие прошивки снижается, подчиняясь закону, близкому к линейному. Зависимость усилия  $P$  от радиуса  $R_C$  имеет вид:

$$P = 178,42 - 5,62R_C, \text{ кН.}$$

При исследовании влияния на силовые параметры угла конуса в пуансонах с конической торцевой частью (табл. 2, рис. 3) прошивку с плакированием осуществляли пуансонами с углами 60, 90, 120, 150 и 180°. Калибрующая часть пуансона имела диаметр 20 мм и длину 15 мм, радиусы переходов  $R_C = 2$  мм. Зависимость имеет вид:

$$P = 132,1(2\alpha)^{0,22}, \text{ кН,}$$

где  $[2\alpha]$  – рад.

Таблица 2

Силовые режимы плакирования пуансонами с различными углами конической рабочей части

Ход пуансона $s$ , мм	5	10	15	20	25	30	35	
Отношение $d/h_0$	0,44	0,5	0,57	0,67	0,8	1	1,33	
Усилие прошивки $P$ , кН, пуансонами с углом $2\alpha$ наклона образующих конической рабочей части	$2\alpha = 180^\circ$	129	148	155	162,5	166	165	164
	$150^\circ$	128	145,5	154	160	163	161	159,5
	$120^\circ$	127,5	144,5	149	154,5	158	156,5	155
	$90^\circ$	125	142,5	147	149	150	148	145
	$60^\circ$	105	112	120	125	129,5	133,5	–

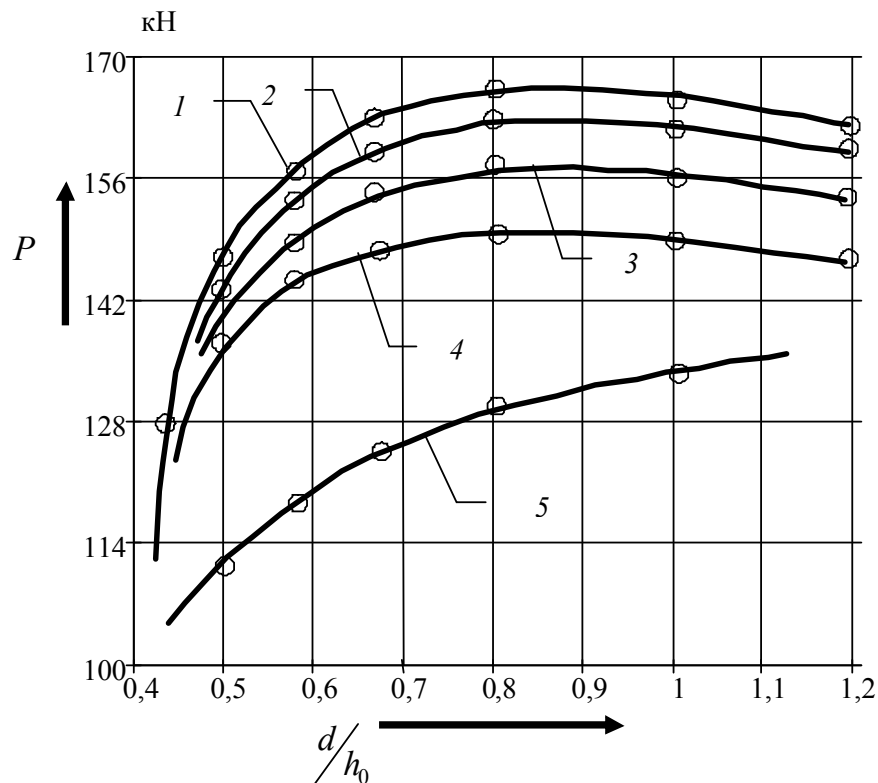


Рис. 3. Влияние отношения  $d/h_0$  на усилие прошивки с плакированием пуансонами с различными углами конической рабочей части:  
 1 –  $2\alpha = 180^\circ$ ; 2 –  $2\alpha = 150^\circ$ ; 3 –  $2\alpha = 120^\circ$ ; 4 –  $2\alpha = 90^\circ$ ; 5 –  $2\alpha = 60^\circ$

Для пуансонов с углом  $60^\circ$  за максимальное принято усилие при глубине прошивки, соответствующей установившейся стадии прошивки пуансонами с углом  $(2\alpha) > 60^\circ$ , т. е. при  $d/h_0 = 0,8$ .

Из анализа приведенных результатов следует, что оптимальной формой торца прошивного пуансона является сферическая с радиусом торца, равным радиусу пуансона, и коническая с углом наклона образующих конической рабочей части  $60^\circ$ . Но коническая

форма торца пуансона с углом наклона образующих конической рабочей части  $60^\circ$  не позволяет получить сплошное плакирующее покрытие.

Для закрытой прошивки, так же как и для обратного выдавливания характерны три схемы осуществления процесса: с незакрепленным или свободным контейнером, неподвижно закрепленным контейнером и с опережающим движением контейнера в направлении течения металла. Обратное выдавливание с опережающим движением контейнера имеет отличие от первых двух в том, что здесь имеет место ускоренное течение металла периферийных слоев за счет принудительного перемещения контейнера со скоростью, превышающей скорость истечения металла в кольцевой зазор между пуансоном и стенкой контейнера. Силы трения на боковой поверхности контейнера при этой схеме играют активную роль, что позволяет снизить деформирующее усилие на 15–30 %.

В работе исследовались две наиболее простые схемы прошивки: с незакрепленным или свободным контейнером (рис. 4) и неподвижно закрепленным контейнером (рис. 5).

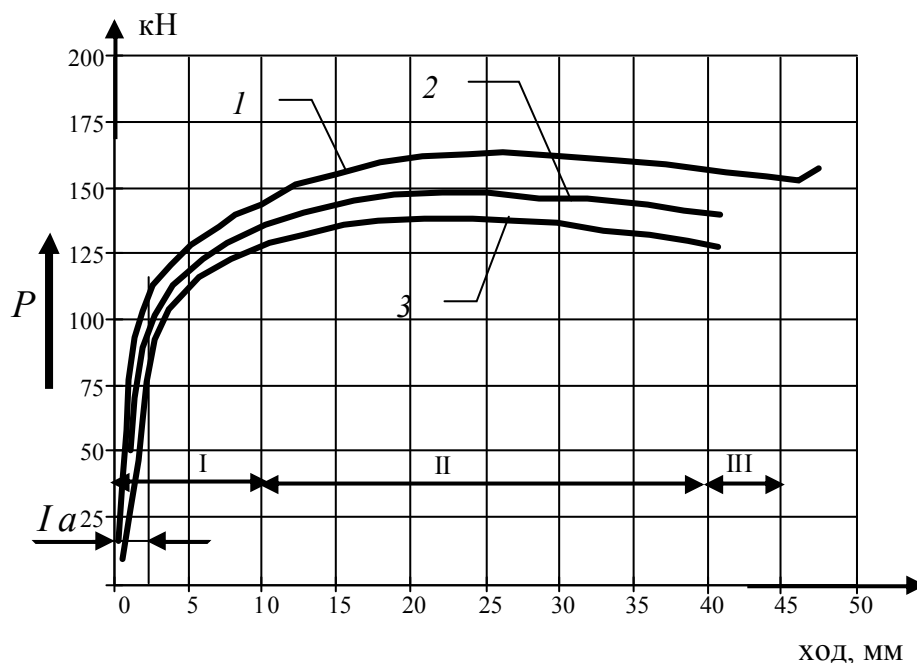


Рис. 4. Экспериментальные индикаторные диаграммы прошивки с плакированием в свободном контейнере заготовок из алюминия АД0 при  $D = 40$  мм,  $\varepsilon = 25$  %:

1 – пуансон с плоским торцом; 2 – с конической рабочей частью ( $2\alpha = 90^\circ$ );

3 – со сферической рабочей частью  $\left(R_c = \frac{d}{2}\right)$

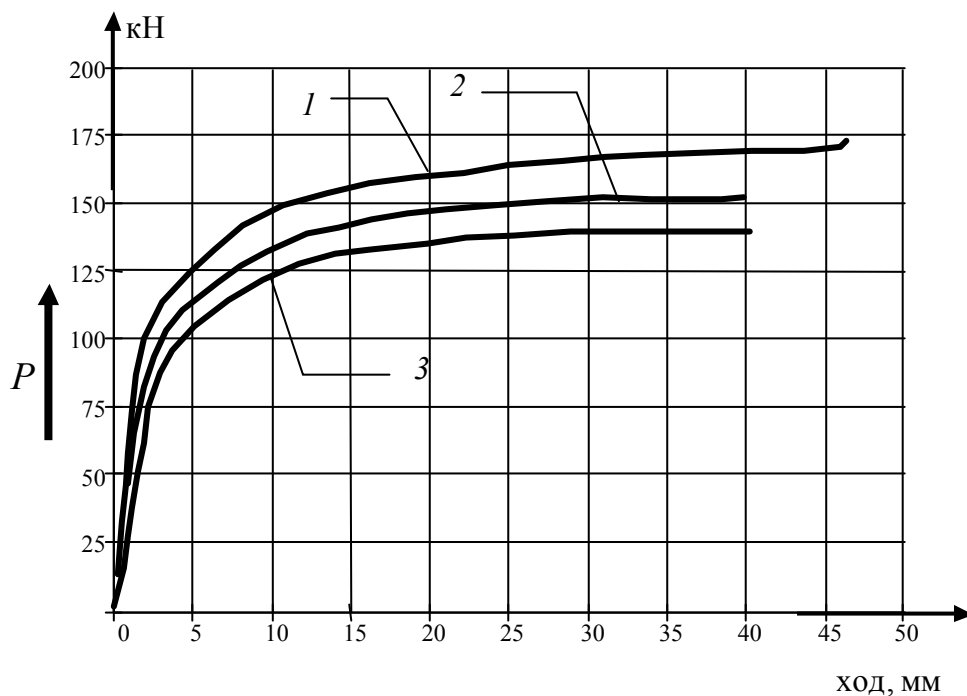


Рис. 5. Экспериментальные индикаторные диаграммы прошивки с плакированием в закрепленном контейнере алюминиевых заготовок при  $D = 40$  мм,  $\varepsilon = 25$  %:  
 1 – пуансон с плоским торцом; 2 – с конической рабочей частью ( $2\alpha = 90^\circ$ );

3 – со сферической рабочей частью ( $R_c = \frac{d}{2}$ )

Анализ изменения силовых режимов этих схем прошивки показал, что плакирование с незакрепленным контейнером при прочих равных условиях процесса позволяет стабилизировать усилие плакирования в установившейся стадии процесса прошивки и понизить его на завершающей стадии.

### Заключение

В результате исследований определено, что оптимальной формой торца прошивного пуансона является сферическая с радиусом торца, равным радиусу пуансона, а предпочтительной схемой прошивки является прошивка с незакрепленным контейнером.

### Литература

1. Бобарикин, Ю. Л. Напряженное состояние очага деформации при плакировании прошивкой / Ю. Л. Бобарикин, В. Ф. Буренков // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2009. – № 2. – С. 36–44.
2. Буренков, В. Ф. Исследование процесса нанесения металлического порошкового покрытия при закрытой прошивке / В. Ф. Буренков, Е. Г. Сычев, В. К. Шелег // Кузнечно-штамповочное пр-во. – 1986. – № 9. – С. 4–6.
3. Буренков, В. Ф. Экспериментальное изучение характера течения металла при прошивке с плакированием / В. Ф. Буренков, Е. Г. Сычев // Кузнечно-штамповочное пр-во. – 1993. – № 11. – С. 3–4.

Получено 30.11.2010 г.