

ФОРМИРОВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ ВРАЩАЮЩИМСЯ ПУАНСОНОМ В ЛИСТОВОЙ ЗАГОТОВКЕ

П.В. Шаламов

MANUFACTURING OF THE HOLE MADE BY ROTATING TOOL IN SHEET BLANK

P.V. Shalamov

Рассмотрены стадии формирования и геометрические параметры отверстия, изготовленного вращающимся пуансоном в листовой заготовке.

Ключевые слова: форма, геометрические размеры, отбортовка, длина свинчивания.

Stages of formation and geometrical parameters of the hole made by the rotating tool in sheet blank.

Keywords: carving connection, rotating tool, geometrical sizes.

Для формирования резьбового отверстия в листовой заготовке толщиной 1–12 мм применяют отверстия, изготовленные, например, вращающимся пуансоном на вертикально-сверлильном и вертикально-фрезерном станках с механической подачей инструмента [1–4]. При этом для каждой толщины заготовки назначаются определённые режимы и параметры: диаметр пуансона и число оборотов, подача инструмента [2]. Однако неизвестна методика определения этих параметров, что затрудняет разработку технологии изготовления отверстий. С целью совершенствования технологии изготовления отверстий в заготовке толщиной от 2 мм и менее предлагается использовать вертикально-сверлильные станки, где вместо принудительной подачи инструмента применяют рычажную систему, обеспечивающую перемещение пуансона при заданной нагрузке. Это позволяет также применять станки только с ручной подачей инструмента и малой мощности, что значительно увеличивает возможности получения отверстий для изготовления резьбовых соединений. При реализации этой схемы автоматически устанавливается взаимосвязь между толщиной заготовки δ , осевым усилием $P_{ос}$, временем протекания процесса t , температурой деформированного металла T , тепловой мощностью источника q и геометрическими параметрами отверстия.

Образцы для получения отверстий изготавливались из стали 08кп, толщиной 2; 1,5; 0,8 мм. Пуансон изготовлен из твёрдого сплава ВК6, диаметром 5 мм, с углом конуса 20° . Частота вращения пуансона 2000 мин^{-1} . Измерение осевого усилия в процессе деформирования заготовки производилось с применением динамометра и индикатора модели И-410, а температуры – хромель-алюмелевой термопарой. Измерение температуры производилось на расстоянии 2,5 мм от осевой линии намечаемого отверстия на верхней и нижней поверхностях заготовки в процессе всей деформации. Показания всех приборов фиксировались цифровой фотокамерой с частотой 10 кадров в секунду, с последующим построением графиков на компьютере.

На рис. 1 представлены стадии образования отверстия в заготовке при свободном перемещении вращающегося пуансона при заданной нагрузке.

По характеру изменения осевого усилия весь цикл образования отверстия в заготовке можно разделить на четыре стадии (рис. 1, а). На первой стадии происходит нагрев заготовки за счет сил трения вращающимся пуансоном, внедрение его в заготовку, пластическое течение металла в верхнюю и нижнюю части заготовки (рис. 1, б). При этом осевая сила не изменяется. На второй стадии наблюдается колебание осевой силы, а на третьей – её некоторое снижение. На четвертой стадии процесса, по мере уменьшения площади контакта поверхности конуса и формируемого отверстия, сопротивление перемещению пуансона снижается, осевое усилие уменьшается. В момент выхода конуса пуансона из отверстия осевое усилие снижается до нуля и окончательно формируются параметры отверстия с нижним и верхним кольцами. При изготовлении отверстия вращающимся пуансоном на заготовках толщиной 1,5 и 0,8 мм также отмечаются четыре стадии изменения осевого

усилия. Следует отметить, что на заготовке толщиной 0,8 мм верхнее кольцо не образуется и весь деформируемый металл идёт на формирование только нижнего кольца отверстия.

После обработки экспериментальных результатов, полученных при изготовлении отверстия вращающимся пуансоном в листовом металле толщиной 0,8; 1,5; 2,0 мм по вышеприведённой методике, установлено (см. таблицу), что осевое усилие определяет все основные параметры операции: температуру деформированного металла заготовки, время процесса, тепловую мощность и геометрические размеры отверстия (рис. 2).

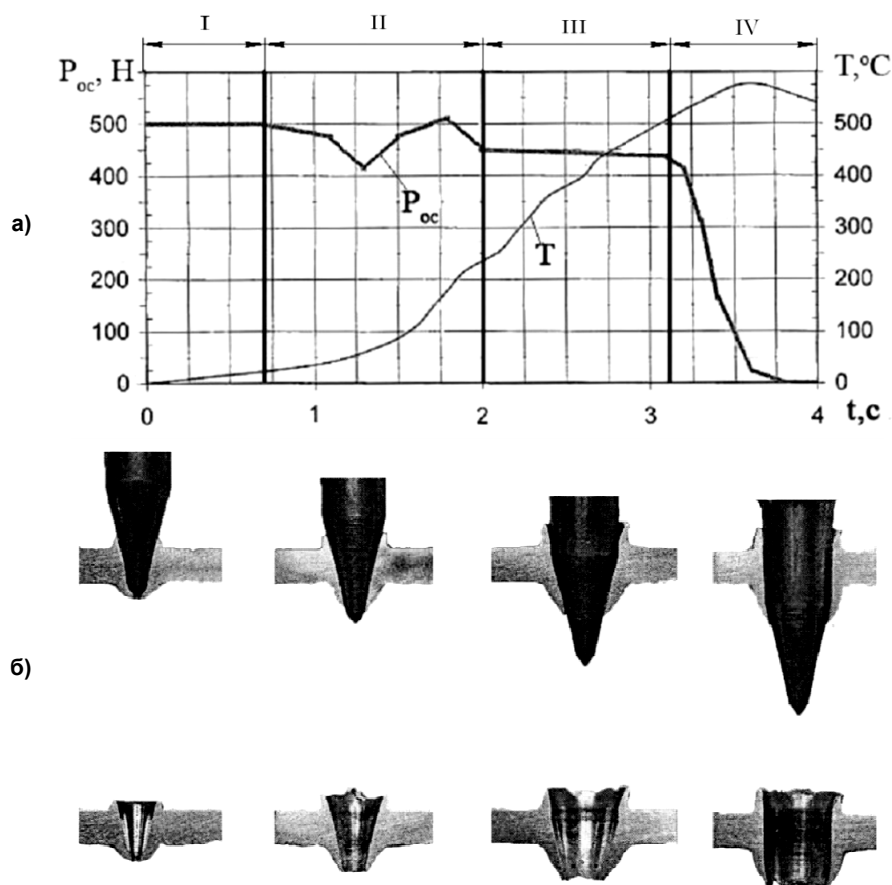


Рис. 1. Стадии образования отверстия вращающимся пуансоном в тонколистовом металле толщиной $\delta = 2,0$ мм: а – изменение осевого усилия P_{oc} и температуры T в точке измерения в зависимости от времени t ; б – стадии образования отверстия

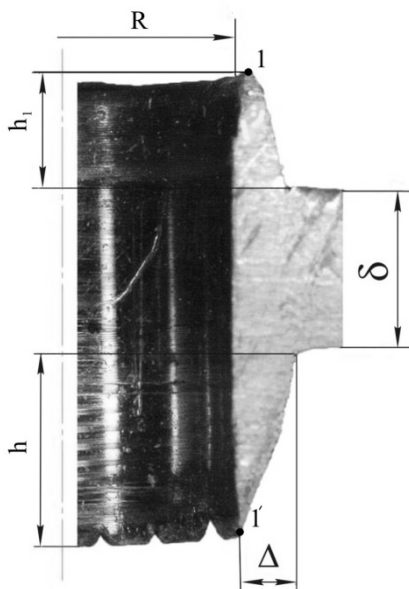
Экспериментальные результаты, полученные при изготовлении отверстия вращающимся пуансоном в листовом металле толщиной 0,8; 1,5; 2,0 мм

Исходные данные		Экспериментальные результаты					q , Вт
δ , мм	P_{oc} , Н	T , °С	t , с	h , мм	Δ , мм	h_1 , мм	
2	440	577	3,8	2,6	1,0	1,3	228
	350	610	8,0	2,7	1,0	1,1	–
	180	620	14,7	2,7	1,1	1,1	170
1,5	320	400	3,5	2,4	0,9	1,0	150
	200	410	7,0	2,4	1,0	1,0	–
	125	450	11,0	2,5	1,0	1,0	80
0,8	120	300	4,5	2,5	0,8	–	52
	100	340	6,8	2,7	0,8	–	–
	80	340	9,1	2,7	0,7	–	37

Примечания: 1. Диаметр пуансона 5 мм, частота вращения шпинделя станка 2000 мин⁻¹.
2. Остальные параметры см. на рис. 2.

Из таблицы видно, что с уменьшением осевой силы P_{oc} температура T возрастает, так как время протекания процесса увеличивается.

Внедрение и перемещение вращающегося пуансона в заготовке при заданном осевом усилии, толщине заготовки, диаметре и угле заточки пуансона произойдут в том случае, когда температура деформируемого металла достигнет величины, при которой предел прочности металла снизится до величины, при которой сопротивление перемещению пуансона станет ниже осевого усилия. Поэтому возможен некоторый диапазон величин осевого усилия, при котором осуществ-



ляются операции изготовления отверстия в тонколистовом металле вращающимся пуансоном (см. таблицу). С уменьшением осевого усилия при всех толщинах заготовки температура деформированного металла и время изготовления отверстия увеличиваются. При этом геометрические размеры колец отверстия при одной и той же толщине заготовки и приведённых в таблице величин осевых усилий остаются постоянными. Подобная зависимость влияния осевого усилия на температуру деформируемого металла и время протекания процесса наблюдалась при пластическом деформировании вращающимся стальным трубчатым пуансоном латунной трубчатой заготовки [5].

Рис. 2. Геометрические параметры отверстия: δ – толщина заготовки, мм; R – радиус отверстия, мм; h и h_1 – высота нижнего и верхнего колец отверстия, мм; Δ – толщина колец отверстия, мм; 1 и 1' – точки измерения температур

Одним из параметров, определяющим эффективность изготовления отверстия с кольцами, является тепловая мощность источника теплоты. Однако эти сведения в литературе отсутствуют. Учитывая, что процесс изготовления отверстия в листовом металле вращающимся пуансоном аналогичен сварке трением, тепловая мощность источника теплоты может определяться по формуле [6]

$$q = MfvP_{oc}, \quad (1)$$

где M – тепловой коэффициент механической работы (кал/кгсм); v – линейная скорость (см/с); P_{oc} – удельное давление (кг/см²); f – коэффициент трения.

Уравнение (1) описывает связь между исходными параметрами изготовления отверстия вращающимся пуансоном и мощностью. Однако в настоящее время отсутствуют сведения о коэффициенте трения для этих условий, а поэтому решение уравнения (1) невозможно как при сварке трением [6], так и при изготовлении отверстия в листовом металле вращающимся пуансоном.

Известно [7] уравнение, связывающее температуру нагреваемого металла и мощность линейного источника теплоты:

$$\Delta T = -\frac{q}{4\pi\lambda\delta} E_i\left(-\frac{R^2}{4at}\right), \quad (2)$$

где ΔT – приращение температуры при нагреве заготовки электрической дугой (°C); q – тепловая мощность источника (Вт); λ – коэффициент теплопроводности (Вт/см); R – радиус пятна нагрева (отверстия); a – коэффициент теплопроводности (см²/с); E_i – интегральная показательная функция.

Уравнение (2) соответствует условиям нагрева деформируемой заготовки вращающимся пуансоном, так как температура по всей толщине заготовки постоянна [7, 8]. В таком случае тепловая мощность линейного источника теплоты при изготовлении отверстия вращающимся пуансоном при определённой температуре определяется как

$$q = \frac{4\pi\lambda\delta\Delta T}{E_i\left(-\frac{R^2}{4at}\right)}. \quad (3)$$

Температура металла в момент окончания деформации известна (см. таблицу), тогда уравнение (3) позволяет определить тепловую мощность, затрачиваемую на нагрев деформированного металла. С уменьшением осевого усилия (см. таблицу) при любой толщине заготовки тепловая мощность, необходимая для нагрева деформированного металла, уменьшается, а время операции увеличивается.

Выводы

1. Применение вертикально-сверлильного станка с рычажным перемещением пуансона в исследованном диапазоне осевых усилий позволяет изготавливать отверстия в тонколистовом металле толщиной 2,0...0,8 мм.

2. Внедрение и перемещение вращающегося пуансона в заготовке связаны с нагревом зоны контакта поверхностей пуансона и заготовки за счёт трения и соответствующего снижения предела прочности деформируемого металла.

3. Геометрические параметры отверстия, изготовленного вращающимся пуансоном в заготовке толщиной 0,8...2,0 мм, в исследованном диапазоне осевых усилий имеют практически одни и те же величины для одной и той же толщины заготовки.

Литература

1. Пархин, В.А. Отбортовка патрубков на трубах, корпусах и листовых заготовках // *Технология организации производства и управление: обзор* / В.А. Пархин, О.И. Телегин, Г.В. Терповская. – М.: ЦНИИТМАШ, 1980. – 33 с.

2. FormDrill. – www.formdrill.com/formdrill.htm

3. Хоменко, В.В. Формообразование узлов крепления в тонкостенных деталях методом пластического сверления: дис. ... канд. техн. наук / В.В. Хоменко. – М., 2005. – 128 с.

4. Зотов, О.В. Совершенствование технологии обработки тонкостенных деталей методом пластического сверления: дис. ... канд. техн. наук / О.В. Зотов. – М., 2007. – 162 с.

5. Норицын, И.А. Исследование режимов термофрикционной формовки / И.А. Норицын, Б.Я. Тазизов // *Кузнечно-штамповочное производство*. – 1976. – № 9. – С. 12–15.

6. Рыкалин, Н.Н. Нагрев и охлаждение стержней при стыковой сварке трением / Н.Н. Рыкалин, А.И. Пугин, А.И. Васильева // *Сварочное производство*. – 1959. – № 10. – С. 15–18.

7. Теория сварочных процессов / под ред. В.В. Фролова. – М.: Высш. шк., 1988. – 560 с.

8. Гузеев, В.И. Определение параметров отбортовки и длины свинчивания при изготовлении отверстия вращающимся пуансоном в тонколистовом металле / В.И. Гузеев, П.В. Шаламов, С.Е. Радийчук // *Сборка в машиностроении, приборостроении*. – 2010. – № 2. – С. 25–29.

Поступила в редакцию 5 мая 2011 г.

Шаламов Павел Викторович. Ассистент кафедры «Технология машиностроения», Южно-Уральский государственный университет. Область научных интересов – изготовление резьбовых соединений в тонколистовом металле. Тел.: (351) 267-92-67; e-mail: traktor1977@mail.ru

Pavel V. Shalamov. Assistant professor of Engineering Techniques Department of the South Ural state university. The area of scientific interests – manufacturing carving connection in sheet metal. Phone: (351) 267-92-67; e-mail: traktor1977@mail.ru