

На правах рукописи

Шаламов Павел Викторович

**ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ ПОД РЕЗЬБУ
ВРАЩАЮЩИМСЯ ПУАНСОНОМ
В ТОНКОЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВКАХ**

Специальность 05.02.07 – «Технология и оборудование
механической и физико-технической обработки»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Челябинск – 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) на кафедре «Технология машиностроения»

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор
Гузеев Виктор Иванович.

Официальные оппоненты: Мазеин Петр Германович,
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский
государственный университет» (НИУ),
кафедра «Станки и инструмент»
профессор.

Истомин Виктор Михайлович,
кандидат технических наук,
АОЗТ «СКВ – инструмент»
г. Златоуст директор

Ведущая организация – ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова»

Защита диссертации состоится 24 мая 2012 г., в 12⁰⁰, на заседании диссертационного совета Д212.298.06 при Южно-Уральском государственном университете по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. Ленина 76, ауд. 201^а главного корпуса.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Южно-Уральского государственного университета.

Автореферат разослан 23 апреля 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

И.А. Щуров

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность. В машиностроении широко применяются изделия из тонколистовых заготовок толщиной менее 2,0 мм (кожухи, кузова, крышки, ёмкости, задвижки и др.), которые предусматривают резьбовое крепление к ним различных комплектующих деталей. Одной из проблем работоспособности резьбового соединения является обеспечение длины свинчивания. Для увеличения длины свинчивания применяется гибка листов, приварка втулок, предварительная пробивка отверстий и другие методы. Однако существующие способы не обладают достаточной технологичностью, а также увеличивают расход вспомогательных материалов и трудоёмкость.

Наиболее рациональным является способ формообразования отверстий с отбортовками в листовых заготовках методом пластического деформирования вращающимся пуансоном с нагревом заготовки за счёт сил трения. В России развитию данного способа посвящены работы А.И. Прагера, Б.Я. Газизова, В.В. Хоменко, О.В. Золотова и др. За рубежом разработкой и внедрением способа в производство занимаются фирмы Англии, Голландии, Германии, Китая и др. Данный способ позволяет исключить применение дополнительных элементов для увеличения длины свинчивания и обладает широкими технологическими возможностями. Реализация процесса осуществляется на станках, имеющих кинематическую подачу, что не позволяет производить плавное регулирование осевого усилия. Исследования проводились применительно к заготовкам толщиной более 2,0 мм. Для заготовок толщиной менее 2,0 мм в отечественной и зарубежной литературе отсутствуют сведения о режимных параметрах операции и геометрических размерах формируемых отбортовок, определяющих длину свинчивания и прочность резьбового соединения на срез. Поэтому разработка процесса формообразования отверстий с отбортовками в листовых заготовках толщиной менее 2,0 мм является актуальной научно-технической проблемой.

На основании анализа литературы сформулированы цель и задачи исследования.

Цель работы. Определение параметров процесса формообразования отверстий с отбортовками в тонколистовых заготовках толщиной 0,8–2,0 мм вращающимся пуансоном, обеспечивающего необходимую длину свинчивания и прочность резьбового соединения.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Определить технологические параметры существенно влияющие на формообразование и размеры отверстий.
2. Провести численное моделирование механизма формообразования отверстий.
3. Установить взаимосвязь геометрических параметров отверстия с длиной свинчивания и прочностью резьбового соединения на срез.
4. Разработать методику по использованию способа формообразования отверстий в производстве.

Научная новизна

1. Разработана математическая модель взаимосвязей входных и выходных параметров процесса.

2. Установлено, что при формообразовании отверстий вращающимся пуансоном в заготовках толщиной менее 2 мм осевая сила определяет температуру и время протекания процесса и не влияет на геометрические параметры отбортовок.

3. Разработана методика аналитического определения коэффициента трения между инструментом и заготовкой в условиях формообразования отверстия пластическим деформированием вращающимся пуансоном.

4. На основе моделирования, с применением программного комплекса ANSYS, и экспериментальных данных показано послойное течение металла, приводящее к упрочнению материала заготовки в отверстии.

Практическая ценность

1. Получена расчётная зависимость для определения эффективной длины свинчивания с учётом шага резьбы и формы наружной поверхности отбортовок.

2. Разработана методика выбора параметров операции формообразования отверстий с отбортовками под резьбу в тонколистовых заготовках толщиной 0,8–2,0 мм вращающимся пуансоном с применением вертикально-сверлильных станков и перемещением пуансона при заданной нагрузке.

3. Проведена модернизация вертикально-сверлильного станка, позволяющая производить обработку отверстия в тонколистовых заготовках с заданной осевой силой (Патент на полезную модель №2011150567 Приоритет 12.12.2011 г.).

Внедрение результатов работы. Методика формообразования отверстий с отбортовками в тонколистовых заготовках вращающимся пуансоном принята к использованию на ООО «ЧТЗ–УралТрак» г. Челябинск.

Апробация. Основные положения работы докладывались на научно-технических конференциях ЮУрГУ (2006–2011 гг.) в рамках выставки «Машиностроение, металлообработка, сварка, инструмент» (г. Челябинск 2007 г.). Выступление на объединённом семинаре кафедр «Технология машиностроения» и «Станки и инструмент» ЮУрГУ 2012 г.

Публикации по теме. По теме работы опубликовано 11 печатных работ в виде научных статей, в том числе 3 по списку высшей аттестационной комиссии, и получен 1 патент на полезную модель №2011150567.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных выводов, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 149 страницах машинописного текста, содержит 76 рисунков, 22 таблицы, 75 наименований литературных источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показано место работы в машиностроении, основные проблемы, требующие решения и определена актуальность работы.

В первой главе на основании анализа отечественной и зарубежной литературы рассмотрено современное состояние вопроса о методах увеличения длины свинчивания и прочности резьбового соединения на срез при формообразовании отверстий с отбортовками под резьбу в тонколистовых заготовках толщиной 0,8 – 2,0 мм. В связи с этим сформулированы цели и задачи исследования.

Во второй главе определены основные технологические параметры операции формообразования отверстий с отбортовками и установлены их взаимосвязи. Для определения основных параметров процесса (осевой силы, температуры, времени протекания процесса) и геометрических размеров образуемых отбортовок отверстий была разработана экспериментальная установка на базе вертикально-сверлильного станка с рычажной системой, обеспечивающей осевое перемещение инструмента под заданной нагрузкой (рис. 1) и плавное регулирование осевой силы в широком диапазоне. Образцы заготовок изготавливались из стали 08 кп толщиной 0,8 – 2,0 мм, в качестве инструмента был выбран пуансон с углом заточки 20°, изготовленный из твёрдого сплава ВК6.

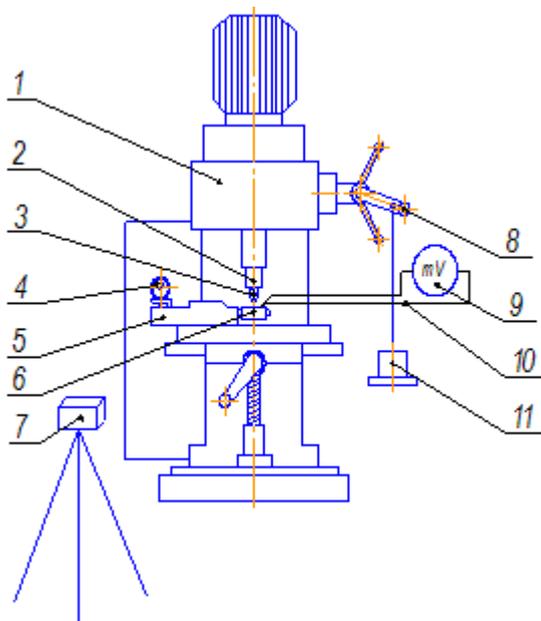


Рис. 1. Экспериментальная установка: 1 – вертикально-сверлильный станок; 2 – патрон; 3 – пуансон; 4 – индикатор часового типа; 5 – динамометр механический; 6 – заготовка (пластина); 7 – цифровой фотоаппарат; 8 – рычаг для установки груза; 9 – милливольтметр МПП-254; 10 – хромель-алюмелевая термопара; 11 – груз

По характеру образования отверстия и изменению осевой силы установлены 4 стадии протекания процесса (рис. 2). На первой стадии происходит нагрев заготовки за счёт сил трения, внедрение пуансона в заготовку, пластическое течение металла в верхнюю и нижнюю части заготовки с началом образования отбортовок отверстия. На второй стадии процесса происходит колебание осевой силы вследствие разрушения нижней плоскости заготовки. На третьей стадии осевая сила несколько снижается, что связано с изменением момента рычажной системы. На четвёртой стадии, в момент выхода конуса пуансона из

сформированного отверстия, осевая сила снижается до нуля. В заготовках меньшей толщины (рис. 3), количество стадий уменьшается в связи с сокращением времени протекания процесса второй и третьей стадий. Подобное формирование отбортовок наблюдается при использовании пуансонов других диаметров.

Измерение температуры производилось искусственной термопарой в точке на расстоянии радиуса получаемого отверстия.

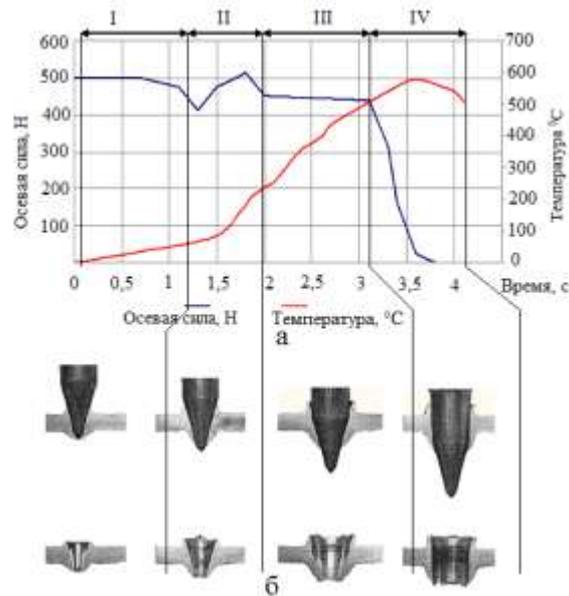


Рис. 2. Стадии формообразования отверстия : а – изменение осевой силы $P_{ос}$ и температуры T °С в точке измерения, во время процесса t ; б – I-II-III-IV – стадии процесса. (Диаметр пуансона $d=5$ мм; толщина заготовки $\delta=2,0$ мм)

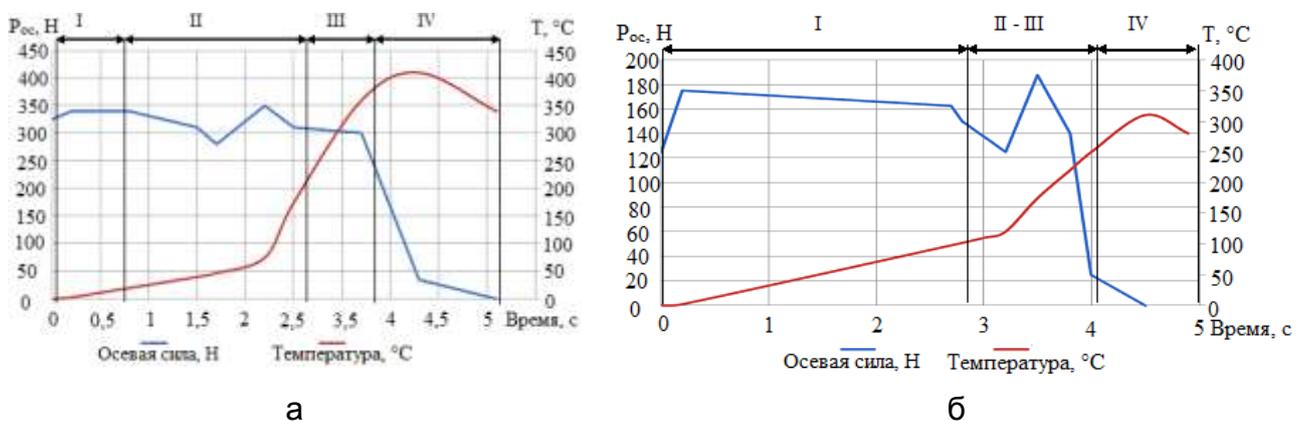


Рис. 3. Изменение осевой силы $P_{ос}$ и температуры T °С в точке измерения во время процесса t : I. II. III. IV – стадии протекания процесса;
а – диаметр пуансона $d=5$ мм; толщина заготовки $\delta=1,5$ мм; б – диаметр пуансона $d=5$ мм; толщина заготовки $\delta=0,8$ мм

На рис. 4 представлены размеры и фотографии внешнего вида отверстий с отбортовками. Видно, что в заготовке толщиной 0,8 мм верхняя отбортовка не образуется, а весь деформируемый металл идёт на образование только нижней отбортовки. Установлено, что профиль наружных поверхностей отбортовок представляет параболу, а общая их форма – усечённый параболоид.

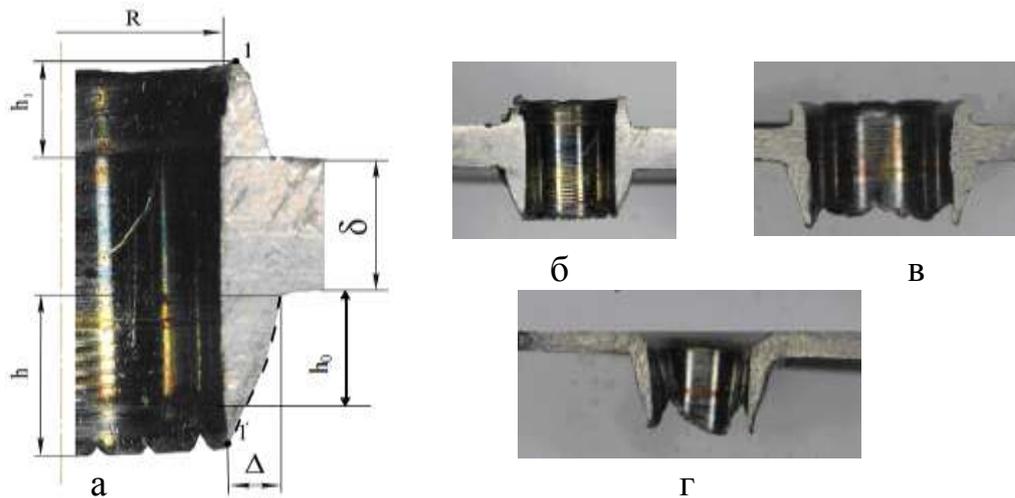


Рис. 4. Отверстия с отбортовками, полученные в результате экспериментов:
 а – геометрические параметры (δ – толщина заготовки, мм; R – радиус отверстия, мм; h и h_1 – высота нижней и верхней отбортовок, мм; h_0 – высота нижней отбортовки отверстия до разрыва поверхности, мм; Δ – толщина основания отбортовки, мм; I и I' – точки измерения температур; --- – расчётная парабола);
 б, в, г – внешний вид отверстий с отбортовками образованных пуансоном диаметром 5 мм в заготовках толщиной 2,0; 1,5 и 0,8 мм соответственно

В табл. 1 представлены экспериментальные результаты полученных параметров отбортовок и температура формообразования в зависимости от осевой силы и толщины заготовки.

Таблица 1

Влияние осевой силы и толщины заготовки на технологические параметры отверстий с отбортовками

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

Приведённые результаты свидетельствуют и том, что осевая сила, температура и время протекания процесса взаимосвязаны и, практически, не влияют на геометрические параметры отбортовок. При изменении частоты вращения пуансона геометрические размеры отбортовок также не изменяются. Данное положение может служить основой для управления процессом.

Для оценки механической мощности, требующейся на обеспечение процесса, необходимо знать коэффициент трения. Методика определения коэффициента трения заключается в следующем. Используя схемы (рис. 5 и рис. 6) можно определить тепловую мощность сил трения $q_{тр}$, в зависимости от коэффициента трения f :

$$q_{тр} = \frac{P_{ос} \pi n f r_c}{45 \sin \alpha} \quad (1)$$

где n – частота вращения пуансона, мин^{-1} .

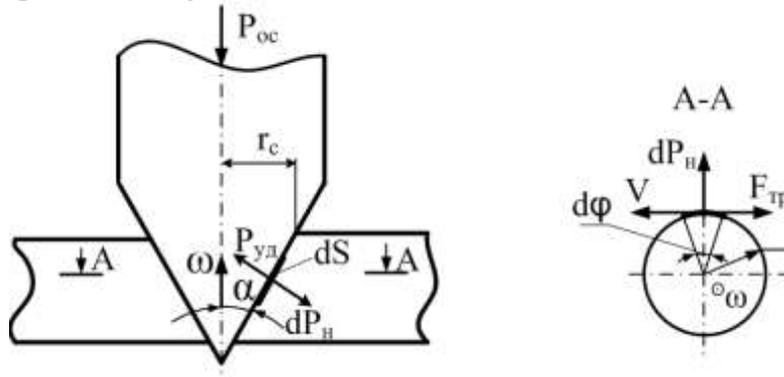


Рис. 5. Расчетная схема для определения мощности сил трения:
 $P_{ос}$ – осевая сила, Н; $P_{уд}$ – удельное давление, Н/м^2 ; r_c – средний радиус рабочего поперечного сечения инструмента, пропускающего тепловой поток, м; dS – элементарная площадка, м^2 ; dP_n – сила нормального давления на элементарной площадке, Н/м^2 ; ω – угловая скорость, рад/с ; α – половина угла конуса инструмента, град; $d\phi$ – угол, определяющий элементарную площадку, град;
 $F_{тр}$ – сила трения на элементарной площадке, Н;
 r – радиус вращения элементарной площадки, м

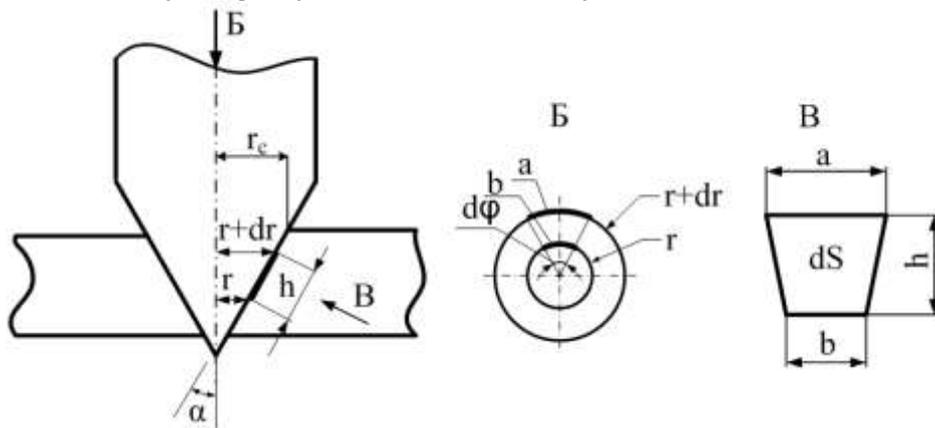


Рис. 6. Расчётная схема для определения площади элементарной площадки dS

Принимая во внимание, что при малой толщине заготовки температура на ее верхней и нижней поверхностях практически одинакова, и учитывая симметричность пуансона, последний можно принять за линейный источник теплоты, расположенный на его оси. Зная конечную температуру процесса, тепловая мощность $q_{л.и.т.}$ определяется по известному уравнению расчёта тепловой мощности линейного источника теплоты:

$$q_{л.и.т.} = - \frac{4 \pi \lambda \delta \Delta T}{Ei \left(- \frac{R^2}{4at} \right)} \quad (2)$$

где λ – коэффициент теплопроводности Вт/см К ; ΔT – приращение температуры, $^{\circ}\text{C}$; Ei – интегральная показательная функция; R – радиус отверстия, мм; a – коэффициент температуропроводности $\text{см}^2/\text{с}$; t – время, с.

Приравнивая $q_{тр}$ и $q_{л.и.т.}$, получаем расчетную зависимость для определения коэффициента трения:

$$f = - \frac{180 \sin \alpha \lambda \Delta T}{P_{oc} n r_c Ei \left(- \frac{R^2}{4at} \right)}. \quad (3)$$

В табл. 2 приведены расчётные данные тепловой мощности и коэффициента трения. Видно, что с уменьшением температуры, коэффициент трения уменьшается. Подобная зависимость коэффициента трения от температуры наблюдается в процессах обработки металлов давлением.

Таблица 2

Тепловая мощность и коэффициент трения

δ , мм	T , °C	P_{oc} , Н	q , Вт	Коэффициент трения, f
2	577	440	228	0,5
	610	350	174	0,5
	620	180	140	0,75
1.5	400	320	150	0,46
	410	200	103	0,49
	450	125	80	0,56
0,8	300	170	52	0,3
	340	100	45	0,4
	340	80	37	0,32

Определение механической мощности, затрачиваемой на процесс, производилось по известному уравнению:

$$N = f P_{oc} \sin \alpha R 2 \pi n. \quad (4)$$

Результаты расчётов показали, что требуемая механическая мощность изменяется в пределах от 2,09 до 20,93 Вт в зависимости от параметров операции.

Для определения взаимосвязей основных параметров операции (T , t , h , h_0 , Δ и h_1), был реализован полный факторный эксперимент. Уравнения в кодированных переменных имеют вид:

$$T = 397,25 + 32,75x_1 + 151x_2 - 65,25x_3 + 23x_1x_2 + 9,5x_2x_3 - 22,25x_1x_3 + 51x_1x_2x_3;$$

$$t = 6,35 - 2,35x_1 - 3,32x_3 + 2,55x_1x_2 + 1,42x_2x_3 + 2,2x_1x_3 - 2,25x_1x_2x_3;$$

$$h = 2,688;$$

$$h_0 = 1,881 + 0,569x_2;$$

$$\Delta = 0,8;$$

$$h_1 = 0,706 + 0,469x_2 - 0,194x_3,$$

где x_1 – диаметр пуансона (3,4...5,0 мм); x_2 – толщина заготовки (0,8...2,0 мм); x_3 – удельное давление (75...100 МПа).

Комплекс полученных уравнений составляет математическую модель взаимосвязей входных и выходных параметров операции. Полученная модель проверялась на адекватность с помощью F – критерия. Проверка показала, что модель адекватно описывает эксперименты и её можно использовать для оценки влияния взаимосвязи входных и выходных параметров операции.

В третьей главе исследован механизм формообразования отверстий с отбортовками. С учётом того, что отбортовки имеют вид усечённых параболоидов, а весь металл отверстия идёт на образование отбортовок, можно определить высоту верхней и нижней отбортовок отверстия в зависимости от доли металла b , участвующей в образовании нижней отбортовки. Получены уравнения для определения высоты верхней h_1 и нижней h отбортовки:

$$h = \frac{2bR^2\delta}{(2R + \Delta)\Delta} \quad (5)$$

$$h_1 = \frac{2(1-b)R^2\delta}{(2R + \Delta)\Delta} \quad (6)$$

Однако данные уравнения не описывают сам механизм формообразования отбортовок. Для его исследования производилось численное моделирование процесса с применением программного комплекса ANSYS. На рис. 7 представлена расчётная конечно-элементная модель формообразования отверстия с отбортовками до и после разрушения нижней поверхности заготовки и фотография микроструктуры зоны деформирования. По изгибам конечно-элементной сетки можно определить область образования отбортовок и зону послойного течения металла. Конечно-элементная модель процесса для заготовки толщиной 0,8 мм (рис. 8) показывает, что в начальной стадии протекания процесса деформация материала заготовки аналогична деформации материала заготовки толщиной 2,0 мм, а после разрушения нижней кромки заготовки процесс отличается тем, что присутствует изгиб части заготовки, не имеющей контакта с поверхностью пуансона. При этом верхняя отбортовка не образуется.

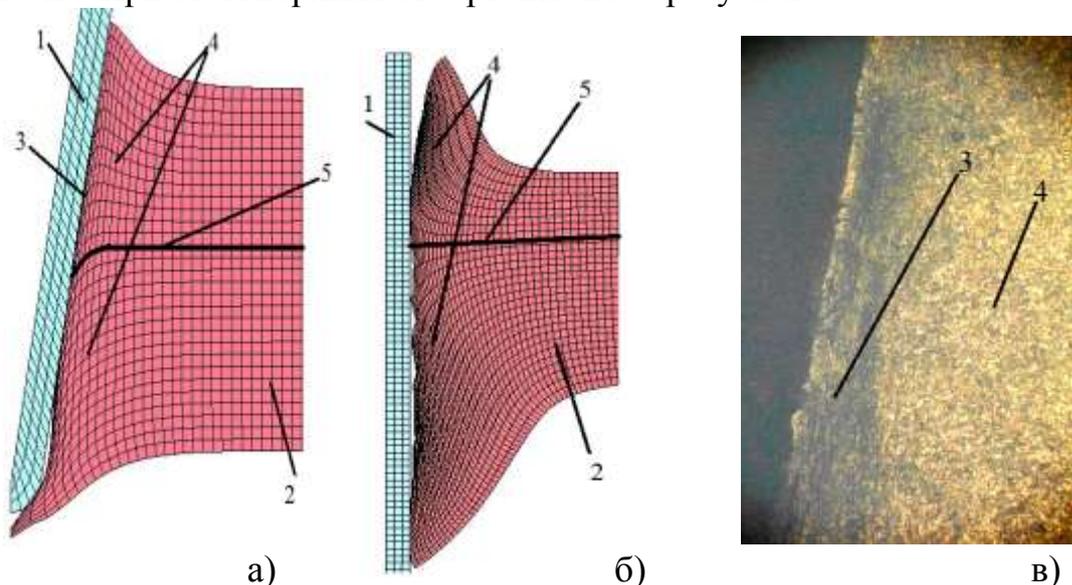


Рис. 7. Расчётная конечно-элементная модель формообразования отверстия с отбортовками в заготовке толщиной 2,0 мм пуансоном диаметром 5 мм: а – в момент разрыва нижней поверхности заготовки; б – в конечной стадии процесса; в – фотография микроструктуры зоны деформации; 1 – пуансон; 2 – заготовка; 3 – зона послойного течения металла; 4 – зона объёмных деформаций металла; 5 – условная линия раздела течения металла в верхнюю и нижнюю части заготовки

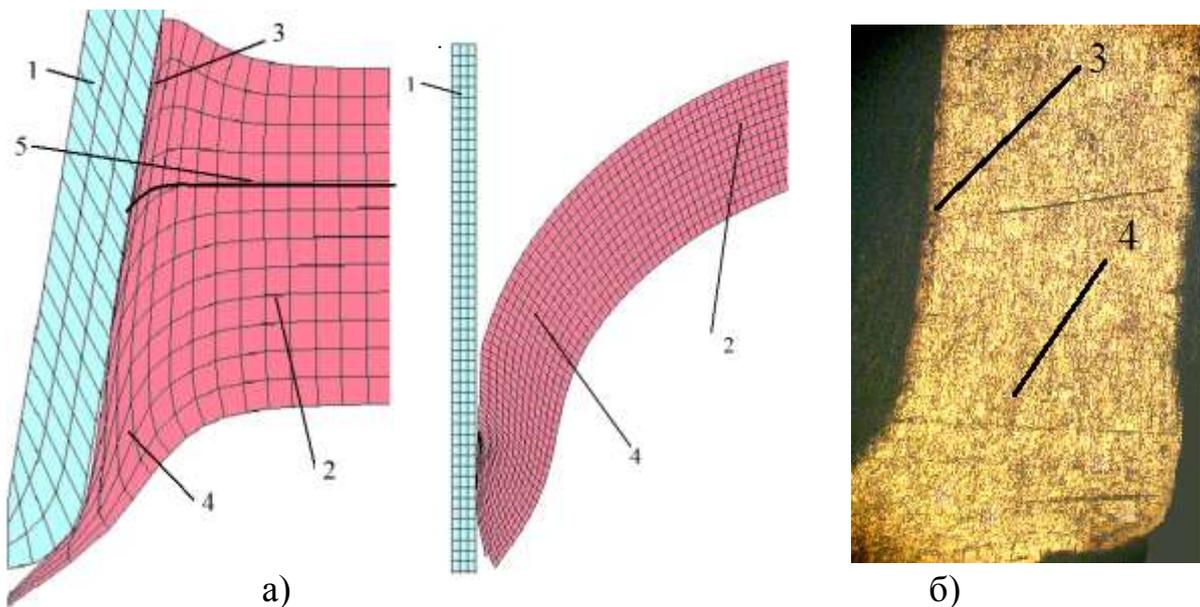


Рис. 8. Расчётная конечно–элементная модель стадий формообразования отверстия с отбортовкой в заготовке толщиной 0,8 мм пуансоном диаметром 5 мм:

а – в момент разрыва нижней поверхности заготовки;

б – в конечной стадии процесса

1 – пуансон; 2 – заготовка; 3 – зона послойного течения металла; 4 – зона объёмных деформаций металла; 5 – условная линия раздела течения металла в верхнюю и нижнюю части заготовки

В четвёртой главе рассматриваются модели взаимосвязей геометрических параметров отбортовок с длиной свинчивания и прочностью резьбового соединения на срез. Длина свинчивания определяется эффективной высотой отбортовки, зависящей от шага резьбы и толщины основания отбортовки (рис. 9), и толщиной заготовки:

$$L_{\text{св}} = h \left[1 - \frac{(0,866 P)^2}{\Delta^2} \right] + \delta, \quad (7)$$

где P – шаг резьбы.

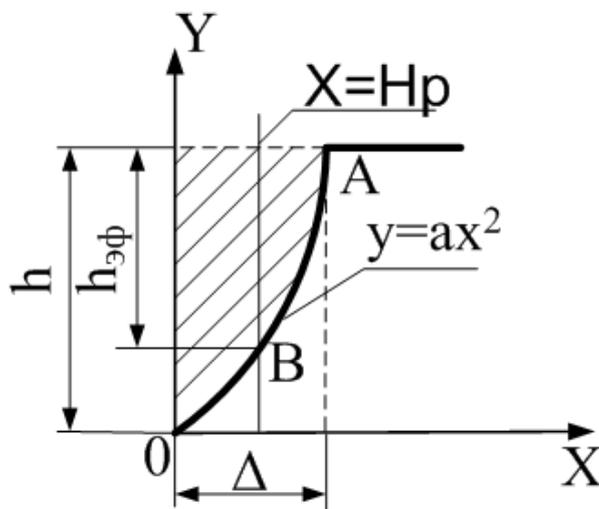


Рис. 9. Схема расчета эффективной высоты нижней отбортовки отверстия: $x = Hp$ – высота метрической резьбы; $h_{\text{эф}}$ – эффективная высота, определяющая

длину свинчивания, мм; a – коэффициент параболы ($a = \frac{h}{\Delta^2}$)

Зная длину свинчивания можно определить силу, вызывающую срез витков резьбы по известной формуле:

$$F_{\text{ср}} = \pi d L_{\text{св}} K_{\text{г}} K_{\text{м}} \tau_{\text{ср}}, \quad (8)$$

где d – внутренний диаметр резьбы гайки; $K_{\text{г}}$ – коэффициент полноты резьбы, характеризующий длину контакта (перекрытие) витков резьбы болта и гайки; $K_{\text{м}}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность деформирования витков по высоте гайки при наличии пластической деформации; $\tau_{\text{ср}}$ – предел прочности на срез.

В табл. 3 приведены результаты расчётов силы, вызывающей срез витков резьбы и экспериментальные данные по замерам прочности резьбового соединения на срез, проведённые на прессе Tinius Olsen H100KU при скорости нагружения 1,5 мм/мин. Там же приведены геометрические размеры отбортовок и режимные параметры процесса.

Таблица 3

Влияние геометрических размеров отбортовок отверстий на расчётную и фактическую прочность резьбы на срез.

δ , мм	$P_{\text{ос}}$, Н	T , °С	h , мм	Δ , мм	h_1 , мм	$L_{\text{св}}$, мм	Кол-во витков	$F_{\text{р}}$, Н	$F_{\text{ф}}$, Н
2,0	440	540	2,5	0,9	1,0	3,7	4,7	5780	9400
1,5	220	400	2,4	0,8	0,8	2,3	2,9	4330	6300
1,0	150	350	2,4	0,7	–	1,1	1,4	1880	2270
0,8	120	300	2,4	0,7	–	0,9	1,1	1600	2210

Примечание: диаметр пуансона $d=4,2$ мм, материал пуансона ВК6, резьба М5х0,8, материал заготовки 08 кп, материал болта Ст3, $\tau_{\text{ср}}=200$ МПа. $K_{\text{г}}=0,8$ $K_{\text{м}}=0,75$

Из табл. 3 следует, что фактическая прочность резьбового соединения больше расчётной, что связано с упрочнением материала заготовки в зоне формообразования отверстия. Для проверки данного предположения были проведены эксперименты по определению прочности резьбового соединения на срез в заготовках толщиной 2,0 мм с отверстиями, образованными различными методами. В одном случае отверстие под резьбу было образовано вращающимся пуансоном с последующим срезом верхней и нижней отбортовок, а в другом было образовано сверлом. Результаты проведения экспериментов приведены на графиках (рис. 10). Из графиков видно, что сила, вызывающая срез витков резьбы в отверстии, образованным вращающимся пуансоном, составляет 6100 Н, а в отверстии образованным сверлением – 4110 Н, что подтверждает предположение о упрочнении металла при деформации. На рис. 11 приведены результаты измерения микротвёрдости поверхности заготовок толщиной 2,0 мм и 0,8 мм. Замеры производились в точках через каждые 0,5 мм от края отверстия.

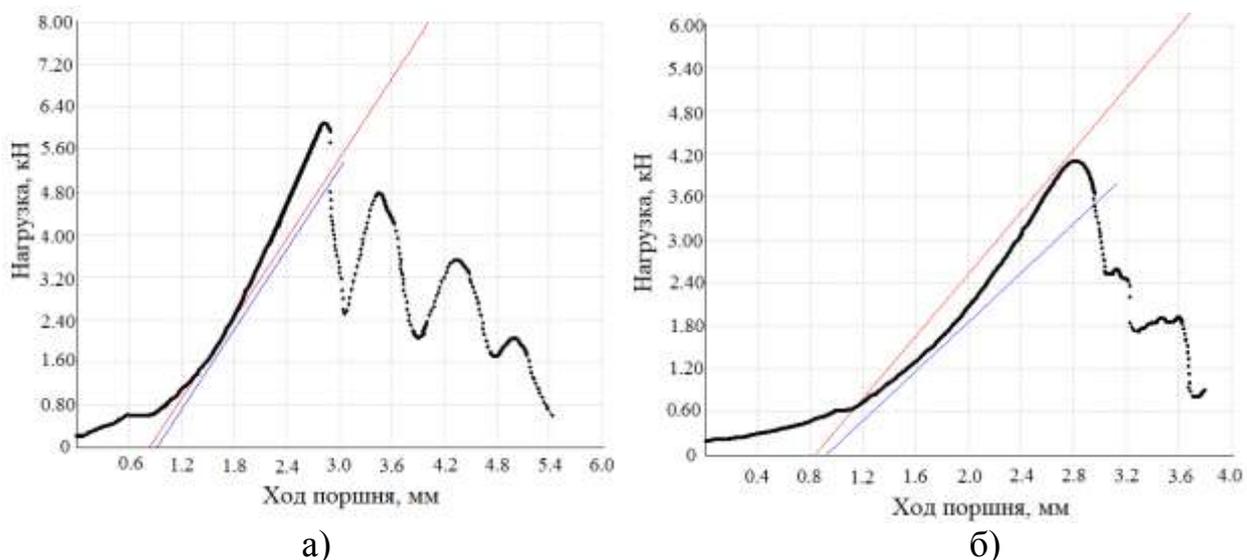


Рис. 10. Диаграмма разрушения резьбового соединения М5х0,8 в образце толщиной 2,0 мм, отверстие в котором образовано: а – вращающимся пуансоном с последующим срезом отбортовки; б – сверлением

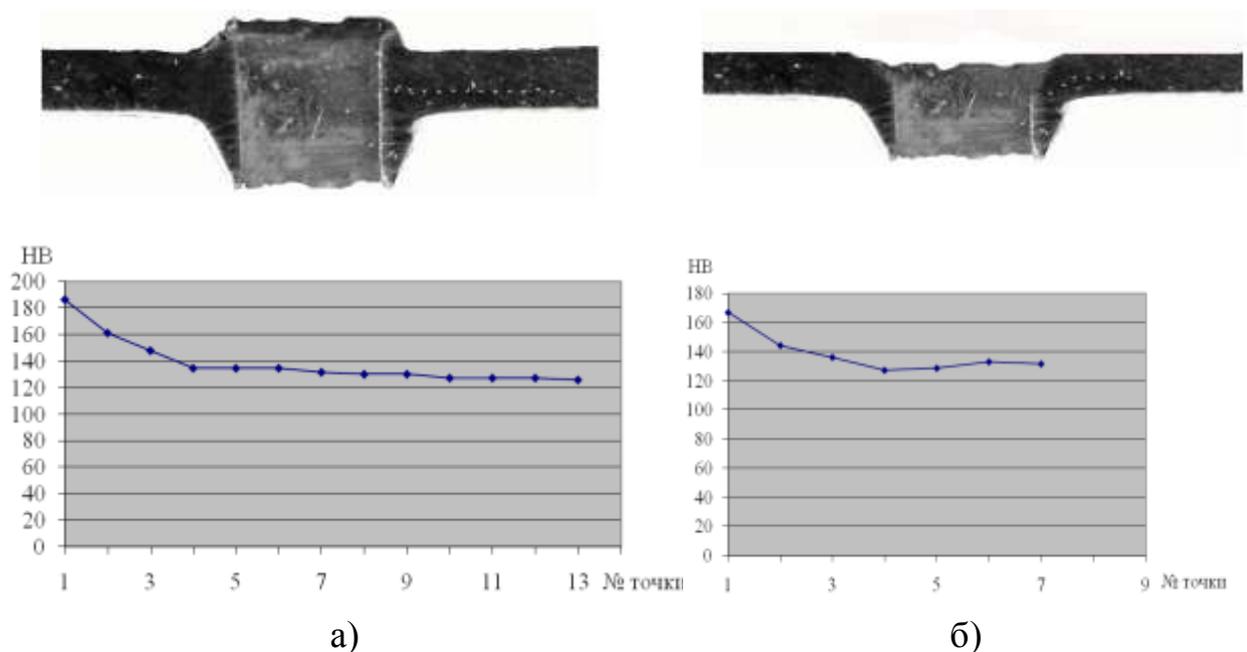


Рис. 11. Микротвёрдость металла образца при удалении от поверхности деформирования: а – толщина заготовки 2,0 мм, диаметр пуансона 4,2 мм; б – толщина заготовки 0,8 мм, диаметр пуансона 4,2 мм

Видно, что в зоне деформации, прилегающей к внутренней поверхности отверстия, происходит упрочнение металла. Зона упрочнения отверстия в заготовке толщиной 2,0 мм составляет 1,5 мм, а отверстия, образованного в заготовке толщиной 0,8 мм – 1,0 мм. Следовательно, резьба в отверстиях находится в зоне упрочнения, что объясняет более высокие значения нагрузки разрушения витков резьбы в проведённых экспериментах, по сравнению с расчётными значениями.

В пятой главе приводятся рекомендации по применению оборудования, инструмента, выбору параметров операции. На основании проведённых исслед-

дований предлагается применять в производстве вертикально-сверлильные станки с рычажной системой, обеспечивающие свободное перемещение пуансона при заданной нагрузке. В качестве инструмента предлагается применять пуансоны трёх типов с углом конуса 20° , как определено во 2-й главе (рис. 12). Материал пуансона – твёрдый сплав ВК6.

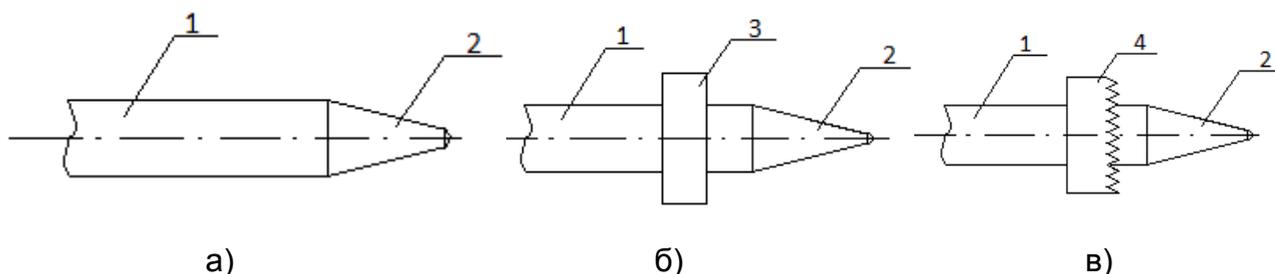


Рис. 12. Применяемые пуансоны: а – с конической рабочей поверхностью; б – с пояском для деформирования верхней отбортовки; в – с пояском имеющим режущие зубья;
1 – хвостовик; 2 – рабочая часть; 3 – деформирующая часть; 4 – деформирующая часть с зубьями

Для подтверждения практической возможности применения данного метода в стационарных и монтажных условиях была оценена точность получаемых отверстий. Экспериментальным путём установлено, что в получаемых отверстиях можно изготавливать резьбовые соединения, соответствующие 7 – 8 степени точности.

Для разработки операции формообразования отверстий с отбортовками необходимы данные об осевой силе, времени процесса, а также о высоте и толщине основания стенки нижней отбортовки, приведённые на рис. 13–17. Общий вид резьбового соединения в заготовке с отверстием, образованным вращающимся пуансоном, представлен на рис. 18.

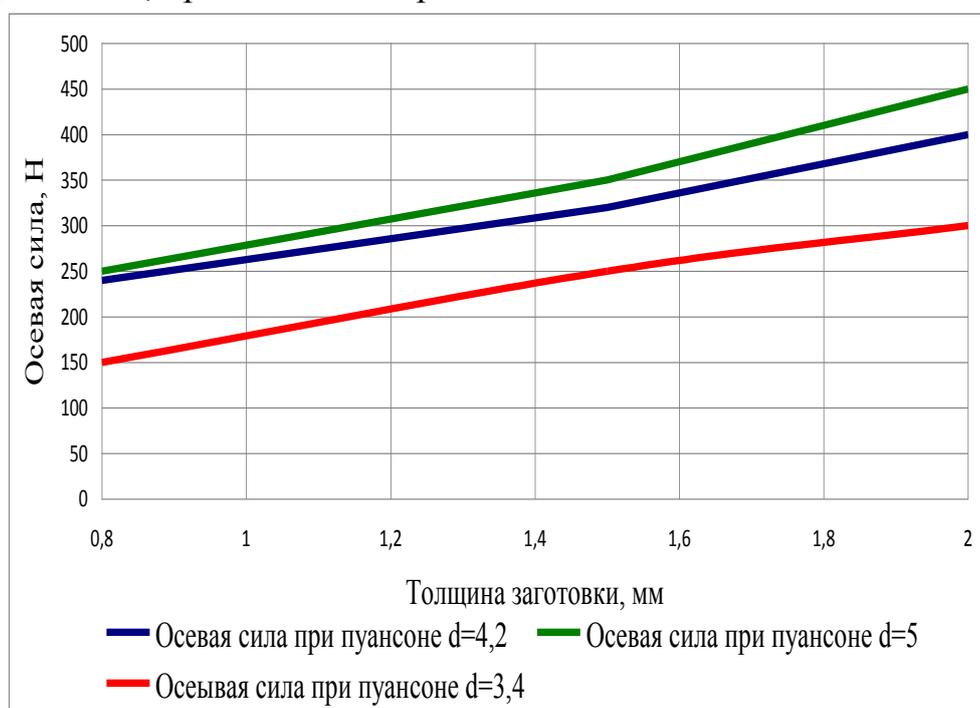


Рис. 13. Зависимость осевой силы от толщины заготовки

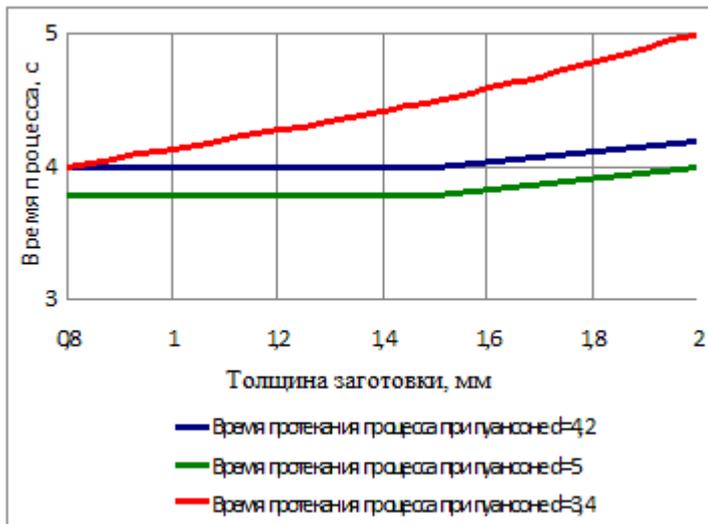


Рис. 14. Зависимость времени протекания процесса от толщины заготовки и диаметра пуансона

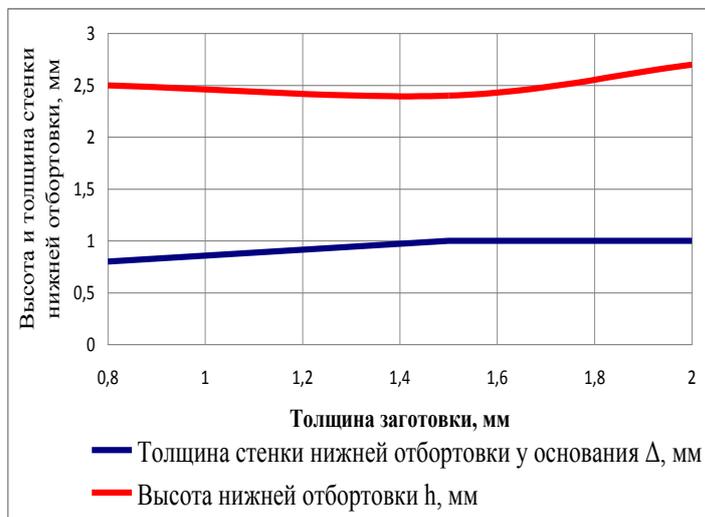


Рис. 15. Зависимость толщины и высоты нижней отбортовки от толщины заготовки при пуансоне d=5 мм

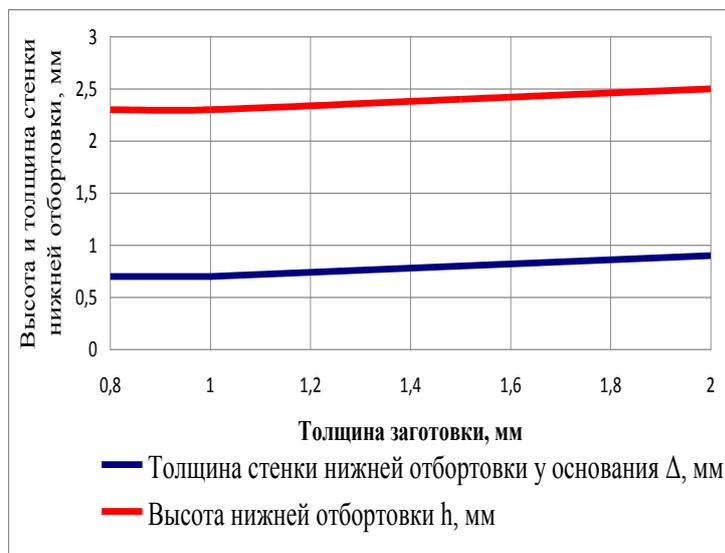


Рис. 16. Зависимость толщины и высоты нижней отбортовки от толщины заготовки при пуансоне d=4,2 мм

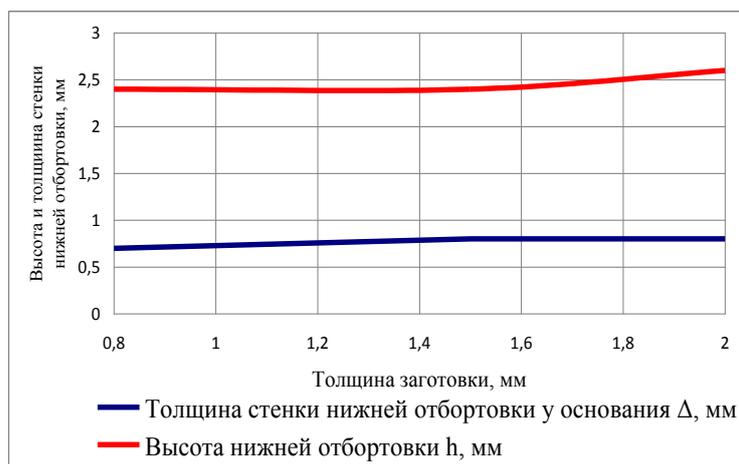


Рис. 17. Зависимость толщины и высоты нижней отбортовки от толщины заготовки при пуансоне $d=3,4$ мм



Рис.18. Внешний вид резьбового соединения в тонколистовой заготовке толщиной $\delta=2,0$ мм, диаметр отверстия $d=5,0$ мм

Методика назначения параметров операции и расчёта прочности резьбового соединения:

1. Диаметр пуансона выбирается в зависимости от номинального диаметра резьбы по методике, принятой для выбора свёрл.
2. По графикам (см. рис. 13), в зависимости от толщины заготовки и диаметра пуансона, выбирается осевая сила для процесса формообразования отверстия с отбортовками.
3. В зависимости от толщины заготовки и диаметра пуансона определяется время процесса (см. рис. 14).
4. По графикам (см. рис. 15–17) определяется высота h и толщина основания Δ нижней отбортовки отверстия, в зависимости от толщины заготовки и диаметра пуансона.
5. По известным значениям h и Δ определяется длина свинчивания (формула (7)) с учётом выбранного типа резьбы.
6. Рассчитывается предельная прочность резьбового соединения на срез по формуле (8) с учётом выбранной резьбы, длины свинчивания и коэффициентов, входящих в формулу. В случае равенства толщины основания отбортовки и высоты профиля резьбы выбирается резьба с меньшим шагом.

ОБЩИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Разработанная математическая модель взаимосвязей основных технологических параметров операции показывает, что геометрические параметры отбортовок отверстия не зависят от режимных параметров процесса (осевая сила и частота вращения), а определяются толщиной заготовки и диаметром инструмента.

2. Разработана методика аналитического определения коэффициента трения между инструментом и заготовкой. Установлен диапазон его изменения ($f=0,3\dots0,75$), определяемый режимными параметрами процесса (осевой силой $P_{ос}$ и частотой вращения пуансона n), и геометрическими параметрами инструмента, что в свою очередь позволяет определить механическую мощность, затрачиваемую на процесс, который может быть реализован, как в производственных, так и в монтажных условиях.

3. На основе программного комплекса ANSYS смоделирован процесс формообразования отверстий с отбортовками. Показано, что образование верхней и нижней отбортовки происходит за счёт течения металла в зависимости от толщины заготовки. При толщине заготовки 0,8 мм верхняя отбортовка не образуется.

4. Экспериментально установлено, что фактическая прочность резьбового соединения больше расчётной, что связано с упрочнением материала заготовки в зоне формообразования отверстия. Коэффициент упрочнения для проведённых исследований составил от 1,2 – 1,63 в зависимости от входных параметров операции.

5. Проведена модернизация вертикально-сверлильного станка, позволяющая производить обработку отверстия в тонколистовых заготовках с заданной осевой силой (Патент на полезную модель №2011150567. Приоритет 12.12.2011 г.).

6. Разработана методика выбора параметров операции формообразования отверстий с отбортовками под резьбу в тонколистовых заготовках толщиной 0,8–2,0 мм вращающимся пуансоном с применением вертикально-сверлильных станков со свободным рычажным перемещением пуансона при заданных нагрузках. Методика формообразования отверстий с отбортовками в тонколистовых заготовках вращающимся пуансоном внедрена на ООО «ЧТЗ–УралТрак» г. Челябинск.

СПИСОК ПЕЧАТНЫХ ТРУДОВ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

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

2. Шаламов, П.В. Формирование отверстий вращающимся пуансоном в листовой заготовке / П.В. Шаламов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2011. – Вып. 18. – №31 (248). – С. 81–84.

3. Гузеев, В.И. Прочность резьбового соединения на срез в отверстиях с отбортовками, образованных вращающимся пуансоном в тонколистовых заготовках / В.И. Гузеев, П.В. Шаламов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». – 2012. – Вып. 19. – №12 (271). – С. 209–213.

4. Гузеев, В.И. Определение геометрических размеров отбортовки, полученной методом термического сверления в тонколистовом металле / В.И. Гузеев, П.В. Шаламов, Э.Е. Шульц // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2006. – С. 175–178.
5. Гузеев, В.И. Повышение прочности резьбовых соединений в тонколистовом металле / В.И. Гузеев, П.В. Шаламов // Машиностроение, металлообработка, сварка, инструмент: сборник докладов секции «Прогрессивные технологии металлообработки». – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2007. – С. 6–7.
6. Гузеев, В.И. Методика проведения экспериментов при изготовлении отверстий с отбортовкой, для нарезания резьбы в тонколистовом металле / В.И. Гузеев, П.В. Шаламов, С.Е. Радийчук // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2008. – С. 199–201.
7. Шаламов, П.В. Влияние режимов изготовления отбортовки вращающимся пуансоном в тонколистовом металле на её геометрические параметры / П.В. Шаламов // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – С. 93–97.
8. Шаламов, П.В. Способы увеличения длины свинчивания при изготовлении резьбовых соединений / П.В. Шаламов // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – С. 100–103.
9. Шаламов, П.В. Расчёт формы отверстия с отбортовкой, изготовленной вращающимся пуансоном, с применением программного комплекса ANSYS. / П.В. Шаламов, В.А. Юшков // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – С. 56–61.
10. Худяков, А.С. Определение коэффициента трения при формообразовании отверстий с отбортовкой в тонколистовых заготовках вращающимся пуансоном / А.С. Худяков, П.В. Шаламов // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. науч. тр. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – С. 61–66.
11. Установка для формообразования отверстий с отбортовками в тонколистовых заготовках. Патент на полезную модель №2011150567 Приоритет 12.12.2011 г. / В.И. Гузеев, П.В. Шаламов // ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ).

Издательство Южно-Уральского государственного
университета

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1. Уч.-изд. л. 1.

Тираж 100 экз. Заказ / .

УОП Издательства 454080, Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76

