

УДК 621.961.001

Сычук Ю. Т.  
Чигиринский В. В.**ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В ЗОНЕ КОНТАКТА  
ЗАГОТОВКИ С ПРОФИЛЕМ РИФЛЕНИЯ ПРОБИВНОГО ПУАНСОНА**

Одним из способов повышения износостойкости разделительных штампов является придание рационального макрорельефа их рабочей поверхности [1, 2]. В работах [2, 3] показано, что макрогеометрия рабочей части пробивных пуансонов в виде продольных рифлений оказывает существенное влияние на силовые затраты и размеры зоны пластической деформации, способствуя ее локализации и повышению износостойкости пробивных пуансонов. Однако при этом не было установлено деформированное состояние пробивной заготовки в зонах непосредственно примыкающих профилю рифленой рабочей поверхности пуансона. Между тем деформации в указанных зонах оказывают существенное влияние на износ инструмента и качество деталей.

Целью настоящей работы является определение деформированного состояния пробиваемой заготовки в зоне ее контакта с профилем рифления для создания условий управления процессом разделения листового металла при минимальных силовых затратах.

При этом деформированное состояние заготовки определялось в зоне малого участка свободной поверхности заготовки в начальный момент ее пробивки по методике, приведенной в работах [4, 5].

В качестве рабочего инструмента при эксперименте применялись пробивные пуансоны с продольными рифлениями на боковой поверхности рабочей части, а также стандартные шлифованные пуансоны.

Рифленая боковая поверхность рабочей части пробивных пуансонов представляла собой совокупность регулярно повторяющихся выступов и впадин, ориентированных вдоль оси пуансона. Торцевая поверхность рабочей части рифленых пуансонов оставалась шлифованной.

Для характеристики профиля рифлений на боковой поверхности рабочей части пробивных пуансонов (рис. 1) был применен предложенный автором [6] обобщенный показатель  $X$ , более полно отражающий состояние рабочей поверхности пуансонов, чем первоначально принятый для этой цели шаг рифлений  $t$ .

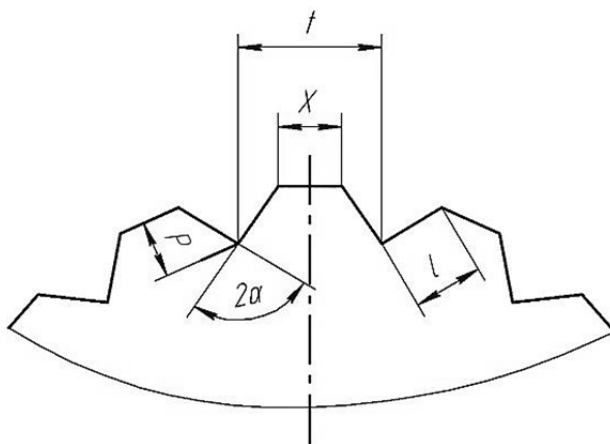


Рис. 1. Профиль рифлений на боковой поверхности рабочей части пробивного пуансона

Предложенный обобщенный показатель  $X^*$  учитывает соотношение участков выступов и впадин, а также углы и глубины впадин рифлений на боковых поверхностях рабочей части пробивного пуансона:

$$X_* = l - \left( \frac{P}{t} \right) \operatorname{tg} \alpha, \quad (1),$$

где  $t$  – шаг рифлений;

$P$  и  $2\alpha$  – глубина и угол впадин рифлений;

$l$  – длина стороны впадин рифлений.

Профиль рифлений применяемых при эксперименте пуансонов характеризовался значениями  $X_* = 0,7-0,75$ . Случай, при котором  $X_* = 1$ , соответствовал пуансону со шлифованной рабочей частью.

В качестве заготовки применялась горячекатаная листовая сталь Ст3 кп/пс толщиной 3 мм. Механические свойства указанной стали приведены в табл. 1 ( $\sigma_{0,2}$  – предел текучести;  $\sigma_b$  – предел прочности;  $\delta_5$  – относительное удлинение).

Таблица 1

Механические свойства стали Ст3кп/пс

$\sigma_{0,2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$
МПа		%
260	430	30

Для исключения влияния формы образца на процесс пробивки при эксперименте применялись диски из указанной стали  $\varnothing 36$  мм. На полированную плоскость дисков наносилась координатная сетка в виде наколов алмазной пирамидой на приборе ПМТ-3. база координатной сетки (0,1 мм) выбиралась исходя из значений параметров рифлений на боковой поверхности рабочей части пробивного пуансона. Ширина участка координатной сетки устанавливалась с условием перекрытия двух рядом расположенных впадин рифлений.

Неполная пробивка указанных образцов осуществлялась рифлением и шлифованием пуансона  $\varnothing 9,1$  мм в лабораторном штампе на кривошипном прессе модификации К2336 усилием 400 кН. Величина двустороннего технологического зазора составляла 15 % толщины пробиваемой заготовки.

Для определения деформированного состояния вдоль профиля рифления были выбраны 3 характерных направления на свободной поверхности деформированной заготовки. Данные направления (рис. 2): I – I'' – зона малого участка свободной поверхности заготовки, контактирующая с серединой площадки выступа рифления; II – II'' – зона малого участка свободной поверхности заготовки, контактирующая с внутренним углом впадин рифления; III – III'' – зона малого участка свободной поверхности заготовки, контактирующая с серединой наклонной стороны выступа рифления (то есть промежуточная между направлениями I – I'' и II – II'').

Эксперимент проводился в следующей последовательности. На каждом из 3-х выбранных направлений выбирались 2 контрольные точки (наружная и внутренняя), положение которых определялось расстоянием от оси пуансона, большим радиуса последнего  $R_1$  и  $R_2$  (рис. 2). Указанные расстояния до и после деформации являются соответственно  $R_1$  и  $r_1$  (внутренние) и  $R_2$  и  $r_2$  (наружное).

Значения компонент деформации определялись по известным формулам [4, 5]. Приближенное значение компонент деформации в зоне расположенной по направлению I – I'' между двумя внутренними точками:

$$\delta_{\theta_{вн}} = \ln \frac{2r_1}{2R_2} = -0,0096.$$

Между двумя наружными точками:

$$\delta_{\theta_{нар}} = \ln \frac{2r_1}{2R_1} = -0,0088.$$

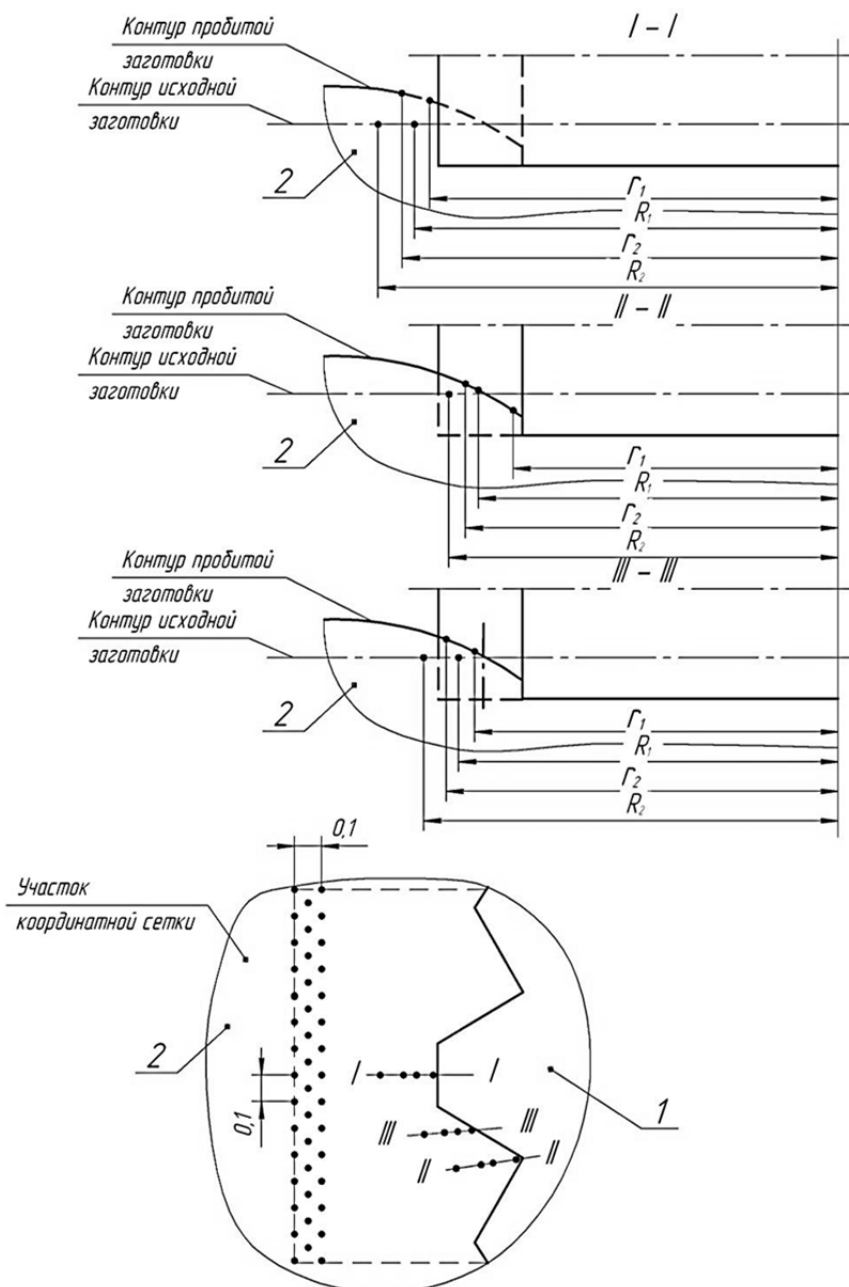


Рис. 2. Схема расположения направлений замеров компонент деформации по контуру рифления пробивного пуансона:

1 – пуансон; 2 – пробивная заготовка

Среднее значение  $\delta_\theta$  между наружными и внутренними точками:

$$\delta_{\theta_{cp}} = \frac{\delta_{\theta_{вн}} + \delta_{\theta_{нар}}}{2} = -0,0092.$$

Среднее значение  $\delta_\rho$  между наружными и внутренними зонами:

$$\delta_{\rho_{cp}} = \ln \frac{r_2 - r_1}{R_2 - R_1} = -0,0513.$$

Среднее значение  $\delta_{\theta_{cp}}$ :

$$\delta_{\theta_{cp}} = -\delta_{\theta_{cp}} - \delta_{\rho_{cp}} = 0,0605.$$

Вид деформированного состояния:

$$\gamma_{\delta} = \frac{-2\delta_{\theta} - \delta_{\rho} - \delta_Z}{\delta_{\rho} - \delta_Z} = 0,2468 \text{ (переходное от сдвига к сжатию).}$$

Аналогично определялись компоненты деформированного состояния по направлениям "II – II" и "III – III" при пробивке рифленным пуансоном, а также на свободной поверхности заготовки, пробиваемой шлифовальным пуансоном.

Результаты эксперимента приведены в табл. 1.

Таблица 2

Характеристики деформированного состояния образцов, пробитых рифлением ( $X^* = 0,7$ ) и шлифованным ( $X^* = 1$ ) пуансоном

Обобщенный показатель $X^*$	Направление измерения деформации	Средние значения компонент деформированного состояния			Показатель вида деформированного состояния $\gamma_{\delta}$
		$\delta_{\theta}$	$\delta_{\rho}$	$\delta_Z$	
0,7 – 0,75	I – I	-0,0092	-0,0513	0,0605	0,2468
0,7 – 0,75	II – II	-0,0175	0,0488	-0,0313	-0,6554
0,7 – 0,75	III – III	-0,00117	0,0640	-0,0530	-0,2855
1,0	-	0,0093	-0,0510	0,060	0,2432

На рис. 3 приведен характер изменения показателя вида деформируемого состояния  $\gamma_{\delta}$  в зонах свободной поверхности заготовки вдоль профиля рифления пуансона. Из приведенного графика следует, что показатель  $\gamma_{\delta}$  изменяется однозначно от его наибольшего значения  $\gamma_{\delta} = 0,2468$  (сдвиг, смежный со сжатием) в зоне контакта с площадкой выступа рифления (направление "I – I") до наименьшего значения  $\gamma_{\delta} = -0,6554$  (растяжение) в зоне с внутренним углом впадины рифления (направление "II – II").

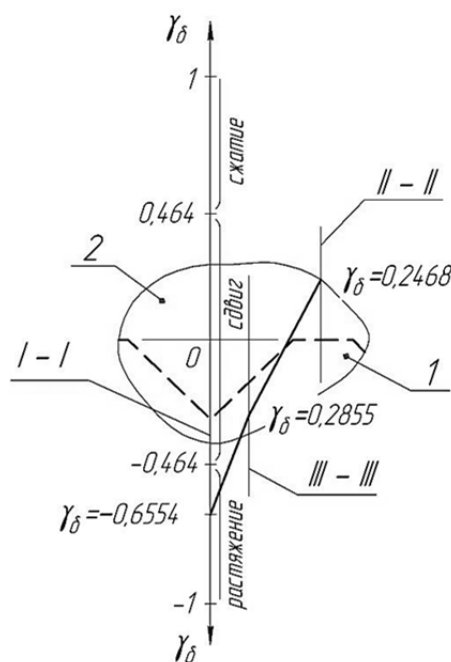


Рис. 3. Характер изменения показателя вида деформированного состояния  $\gamma_{\delta}$  (сплошная линия) в зонах свободной поверхности вдоль профиля рифления пуансона (пунктирная линия):

1 – пуансон; 2 – заготовка; I – I, II – II, III – III – направления определения величин  $\gamma_{\delta}$

Величина  $\gamma_{\delta}$ , определяемая в направлении "III – III" (зона контакта заготовки с серединой наклонной поверхности впадин рифления) занимает промежуточное положение между направлениями "I – I" и "II – II", и составляет  $\gamma_{\delta} = -0,2855$  (сдвиг, смежный с растяжением). Указанное изменение деформированного состояния заготовки, пробиваемой рифленным пуансоном, иллюстрируется изменением величины блестящего пояса [2, 3], который изменяется от максимального значения (0,5 толщины заготовки) в зоне контакта с площадкой выступа рифления до минимального значения (0,2 толщины заготовки) в зоне контакта с углом впадин рифления. Преобладание влияния растягивающих напряжений в указанной зоне обеспечивает первоначальное образование трещин скола и их раскрытие, что приводит к снижению технологического усилия (на 20–24 % по сравнению с пробивкой шлифованным пуансоном) и способствует повышению износостойкости пуансона.

## ВЫВОДЫ

Приведен анализ деформированного состояния заготовки контакта ее свободной поверхности с профилем рифления пробивного пуансона. Определены условия управления процессом образования трещин скола при пробивке путем применения пуансонов с макрогеометрией поверхности в виде рифлений, характеризующихся обобщенным показателем  $X^*$ .

Установлен характер изменения вида деформированного состояния в зоне контакта заготовки с профилем рифления от сдвига, смежного со сжатием в зоне контакта с площадкой выступа рифления до растяжения в зоне контакта с внутренним углом впадин рифления. Преобладание влияния деформаций растяжения в последнем случае обеспечивает опережающее образование трещин скола в указанной зоне.

Более раннее образование трещин скола при пробивке рифленным пуансоном по сравнению с пробивкой шлифованным пуансоном способствует снижению силовых затрат и повышению износостойкости разделительных штампов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимощенко В. А. Повышение износостойкости разделительных штампов / В. А. Тимощенко // *Кузнечно-штамповое производство. Обработка материалов давлением*. – 2000. – № 12. – С. 22–24.
2. Сычук Ю. Т. Влияние параметров процесса пробивки рифлеными пуансонами на силовые затраты и коэффициенты геометрической точности деталей / Ю. Т. Сычук, В. В. Чигиринский, Ю. И. Нагорный // *Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні* : науч. журн. – Запорозжє : ЗНТУ, 2011. – № 2. – С. 60–65.
3. Сычук Ю. Т. Исследования механизма разделения при пробивке горячекатаной малоуглеродистой стали рифлеными пуансонами / Ю. Т. Сычук, В. В. Чигиринский // *Вестник Национального технического университета «ХПИ»* : сб. науч. тр. : темат. выпуск : Новые решения в современных технологиях. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2011. – № 46. – С. 77–82.
4. Смирнов-Аляев Г. А. Элементарные основы теории обработки металлов давлением / Г. А. Смирнов-Аляев. – М.-Л., Машигиз, 1956. – 163 с.
5. Сторожев М. В. Теория обработки металлов давлением / М. В. Сторожев, Е. А. Попов. – М. : Машиностроение, 1974. – 424 с.
6. Нагорный Ю. И. Расчет работы разделения при пробивке рифленным пуансоном / Ю. И. Нагорный, Ю. Т. Сычук, С. З. Юдович // *Изв. ВУЗов*. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1990. – № 2. – С. 91–94.

Сычук Ю. Т. – инженер, зав. лаб. ЗНТУ;

Чигиринский В. В. – д-р техн. наук, проф., зав. каф. ЗНТУ.

ЗНТУ – Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье.

E-mail: zdorovetsky@mail.ru

Статья поступила в редакцию 01.02.2012 г.