



УДК 677.051.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ
ДЕЙСТВИЯ ПРИ РЕЗАНИИ ПУАНСОНА И МАТРИЦЫ ПЛОСКИМИ
РАБОЧИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ.**

*Мадрахимов Д.У., заведующий губами, д.ф.т.н. (PhD), (Научно-
исследовательский институт волокнистых культур),*

*Мансуров И.И., базовый докторант (Андижанский государственный
технический институт)*

Аннотация: В статье представлены теоретические научные результаты расчета и уменьшения сил, возникающих при резке сталей марок 65G и U8G с помощью пуансона.

Ключевые слова: пуансон, матрица, резка, процесс, секущая сила, сталь, лист, математическая модель, трение, коэффициент, деформация.

Древние подходы к анализу процессов формирования в период бурного развития технологий обработки материалов требуют фундаментального пересмотра. Инструмент для нарезания зубьев джинновых линтерных пил описывает редкий случай локализованного высокоскоростного взаимодействия стального диска (заготовки), при котором классическая модель механики непрерывных сред сталкивается с рядом трудностей из-за сложности физических процессов в микро-и наноразмерностях.

Сила P , необходимая для среза пуансоном и выравнивателями матрицы, определяется по следующей формуле[1]:

$$P = L \cdot \delta \cdot \tau_0, N \quad (1)$$

Здесь: L -периметр сечения, мм;

δ -толщина листового материала, мм;

τ_0 -сопротивление резанию материала в штампах, Н/мм²



Силу P в формуле (1) для резки и сверления можно уменьшить следующими способами:

1) Нагреванием материала уменьшается сопротивление резанию τ_0 , при этом не применяется материал толщиной $\delta < 2,5 \dots 3,0$ мм.

2) Ступенчатое расположение пуансонов (многопуансонные штампы), при котором рабочие поверхности пуансонов располагаются в виде ступеней.

$P = L \cdot \delta \cdot \tau_3$) При применении пуансона или матрицы с косой режущей кромкой (волнообразной) часть кромки может оставаться параллельной пресс-столу. На пластической стадии за счет погружения пуансона в металл и увеличения пластических деформаций происходит его вытеснение в отверстие матрицы, при этом условие пластичности выполняется, когда интенсивность напряжений достигает предела текучести материала β_t (рис. 1, б). При сжатии под режущей кромкой пуансона формируется состояние объемного напряжения, что положительно влияет на пластическое течение металла. Над режущей кромкой матрицы, на расстоянии z - щели, возникает напряженное состояние с радиальными растягивающими напряжениями, что менее благоприятно для пластического течения и приводит к образованию микростен в зоне резания. К моменту окончания второго этапа локальные напряжения вокруг режущих кромок матрицы достигают максимального значения, при котором сопротивление резанию металла равно 0 [4].

Третья стадия процесса резания (рис. 1, в) характеризуется образованием стенок трещиноватости на режущих гранях матрицы [2].

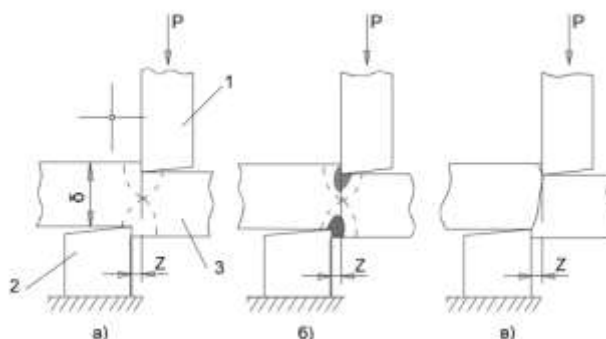
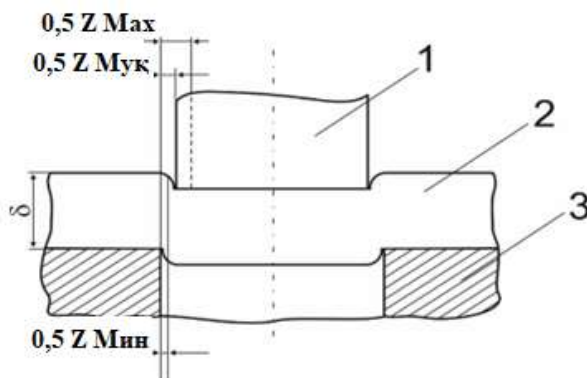




Рисунок 1. Последовательность операции разделения листового материала (3) толщиной δ при резке под действием силы P с зазором z между пуансоном (1) и матрицей (2): а) эластичная стадия; б) пластическая стадия (заштрихованная зона); в) растрескивание.

В процессе резания-пробивки пластически деформируемая поверхность заготовки в зоне очага деформации перемещается относительно поверхности пуансона. Поэтому пластическая деформация металла происходит в условиях непрерывного обновления контактной поверхности деформируемого тела, поскольку в процессе деформации на поверхность прибора из глубоких слоев постоянно поступают новые частицы металла.

В связи с такими условиями, при определении элементарных сил контактного трения (контактных касательных напряжений), развивающихся при пластической деформации металлов, значения коэффициента трения, характерные для классических условий трения в машинных парах, не могут быть применены в расчетной практике (рис. 2) [3].



2. Рис. Схема резания с различными зазорами (максимальная, альтернативная, минимальная): 1 - пуансон; 2 - стальной диск; 3- матрица

$$z = \delta \cdot x \quad (2)$$

где: δ -толщина листового материала, мм;

x - коэффициент, зависящий от материала (Таблица 1)



Значения коэффициента x , определяющего зазор при резке и пробивке приведены в таблице 1.

Для стального диска толщиной $\delta=0,95$ мм зазор между пуансоном и матрицей будет следующим.

$$z = (0,04 \dots 0,16) \cdot 0,95 = 0,038 \dots 0,152 \text{ мм},$$

Таблица 1

Значения коэффициента X , определяющего зазор при резке и сверлении

Материал	Коэффициент x при температуре			
	25°			600°
	Альтернативный	Минимальный	Максимальный	Альтернативный
Медь, латунь, цинк, алюминий	0,08	0,04	0,25	0,04
Мягкая сталь 0,1-0,2% С	0,1	0,05	0,35	0,05
Средняя сталь 0,2-0,4% С	0,12	0,06	0,40	0,06
Твердая сталь 0,5-0,8% С	0,14	0,07	0,50	0,07

Приведенная сила деформации P определяется следующим образом:

$$\tau_c = \frac{P}{A_c}, \text{ Н/мм}^2 \quad (3)$$

где $A_c = L \cdot (\delta - x)$ - площадь сдвига, мм²;

Исходя из вышеизложенного, сила резания деформации выглядит следующим образом.

$$P = L \cdot (\delta - x) \tau_c, \text{ Н/мм}^2 \quad (4)$$

где для равномерной деформации $\tau_c \approx 0,58 \sigma_c$

Таким образом, для силы резания получаем

$$P = L \cdot (\delta - x) \tau_0, \text{ Н} \quad (5)$$

где τ_0 - сопротивление резанию материала в штампах, Н/мм².



Также сила деформации R монотонно возрастает до погружения в пуансон средней поверхности заготовки ($x=\delta/2$), при этом формула имеет следующий вид.

$$P = \frac{L \cdot \delta \cdot \tau_0}{2}, \text{ N (6)}$$

При расчете общей суммы длин линий по подзубчатому контуру между зубьями пилы важно учитывать длины участков:

$$l_n = h / \cos 40^\circ = \frac{3,46}{0,766} = 4,52 \text{ мм; 1) длина передней поверхности}$$

2) длина задней поверхности $L_0=5,8$ мм;

3) длина подзубца $L_T=2\tau=2 \cdot 0,5=1$ мм.

Значения сопротивления резанию τ и предела прочности при растяжении σ в штампах для стальных листов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Сопротивление резанию τ в штампах и предел σ прочности при растяжении

Материал	$\tau_c, \text{ Н/мм}^2$		$\sigma_{вр}, \text{ Н/мм}^2$	
Содержание углерода в листовой стали, С, %	Закаленный	Завершённый	Закаленный	Завершённый
0,1	25.	32.	32.	40.
0,2	32.	40.	40.	50.
0,3	36.	48.	45.	60.
0,4	45.	56.	56.	72.
0,6	56.	72.	72.	90.
0,8	72.	90.	90.	110.
1,0	80.	105.	100	130.
Кремнистая сталь	45.	56.	55.	65.
Нержавеющая сталь	52.	56.	65-70	-



Следовательно, общая длина делимой линии L для зубьев пилы джина равна

$$L = L_p + L_z + L_v = 4,52 + 5,8 + 1 = 11,32 \text{ мм}$$

Соответственно, ход работы пуансона составляет по поверхности резаемой поверхности.

$$A = L \cdot \delta = 11,32 \cdot 0,95 = 10,754 \text{ мм}^2$$

Максимальная сила резания по нулевому зазору между матрицей и пуансоном равна:

- 1) Для стали марки 65Г $\tau_0 = 640 \text{ Н/мм}^2$

$$P = \frac{11,32 \cdot 0,95 \cdot 640}{2} = 3441 \text{ Н}$$

- 2) Для стали марки У8Г $\tau_0 = 810 \text{ Н/мм}^2$

$$P = \frac{11,32 \cdot 0,95 \cdot 810}{2} = 4355 \text{ Н}$$

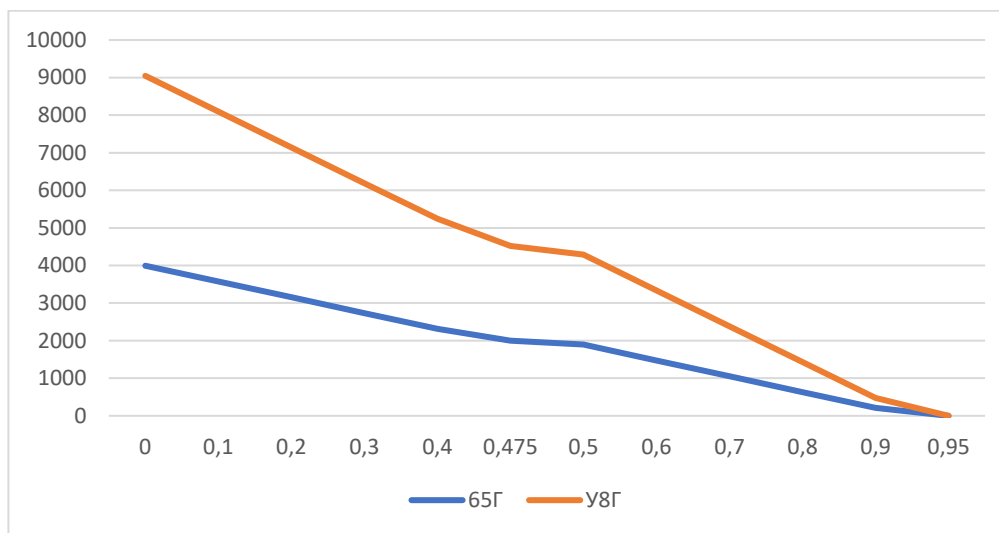


Рисунок 3. График максимальной режущей силы R при нарезании зуба на стальном диске из стального материала марок 65Г и У8Г

В заключение можно отметить, что в процессе резания-пробивки пластически деформируемая поверхность заготовки в зоне очага деформации перемещается относительно поверхности пуансона. Поэтому пластическая



деформация металла происходит в условиях непрерывного обновления контактной поверхности деформируемого тела, так как в процессе деформации на поверхность инструмента из глубоких слоев постоянно поступают новые частицы металла. Поэтому важно учитывать длины участков при расчете общей суммы длин линий по подзубчатому контуру между зубьями пилы с учетом содержания углерода в материале.

Список литературы

1. Мадрахимов Д.У. Технологические основы реновации и совершенствование технических средств для изготовления пылевых дисков хлопкоперерабатывающих машин. Дисс. на соиск. доктора философии. (PhD) Ташкент. 2019. 146 с.
2. Иминов Б.А., Рогов А.П., Курис И.М. Результаты производственных испытаний упрочненных и стандартных джиновых пил // Сб. Хлопковая промышленность. - Ташкент, 1984. - № 6. - С. 18-19.
3. Куранбоев У. Разработка высокоэффективного пилонасадочного станка для джина и линтера. Дисс. на соиск. доктора философии. (PhD) Ташкент. 2023. 146 с.
4. Куронбаев У.К. Выбор износостойкого пуансонного материала пилонасекательного станка// Сборник материалов республиканской научно-практической конференции "Внедрение инновационных технологий в пищевой и химической промышленности" Наманганского инженерно-технологического института. 2-3 июня 2023 года. № 4. С. 257-258.