

Студенты гр. 104426 Киринович И.М., Кубарьков Д.Л.
 Научный руководитель – Иваницкий Д.М.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Режущие ножи являются основным элементом зерно- и кормоуборочной техники. Поскольку они являются самыми быстроизнашивающимися деталями, влияющими на надежность работы, обеспечение косилок режущими аппаратами высокого качества является одной из актуальных проблем. Основным режущим элементом ротационной косилки являются ножи, представляющие собой пластины прямоугольного сечения из стали 60С2 толщиной 4мм и размером 45x106 и 42x116мм (рис.1) с режущими лезвиями на боковых сторонах.

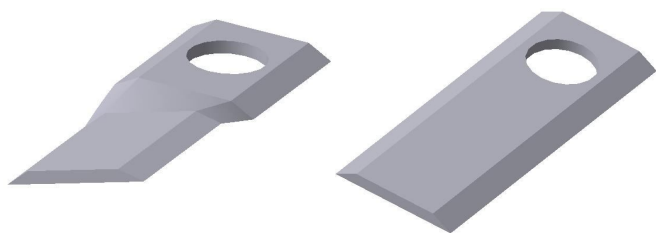


Рис.1. Внешний вид режущих ножей

На основании результатов теоретических исследований была разработана конструкция режущего ножа. При угле наклона режущих лезвий к направлению движения сегмента $\varphi = 20^{\circ}-45^{\circ}$ выполняется условие врезания, а также происходит наибольшее заострение кромки.

При теоретическом анализе формообразования наклонных боковых граней в листовом материале будем рассматривать как процесс заполнения конической впадины деформирующего инструмента металлом. Приближенная схема решения основана на усреднении напряжений в сечениях деформируемого листа и принятии упрощенного уравнения пластичности. При штамповке кромка заготовки поворачивается относительно нижней плиты, занимая положение, при котором очаг деформации становится симметричным (рис.2). В силу этого оси координат будут повернуты относительно первоначального положения на угол $\varphi_1 = \varphi/2 + (\varphi - (\varphi/2))/2 = 3\varphi/4$. Выделим в очаге деформации бесконечно малый элемент единичной ширины длиной dx , удаленный от начала координат на расстояние x . Составим уравнение равновесия этого элемента

$$-(\sigma_x + d\sigma_x)(h_x + dh_x) + \sigma_x h_x + 2p_y \frac{dx}{\cos(\varphi_1)} \sin(\varphi_1) - 2fp_y \frac{dx}{\cos(\varphi_1)} \cos(\varphi_1) = 0.$$

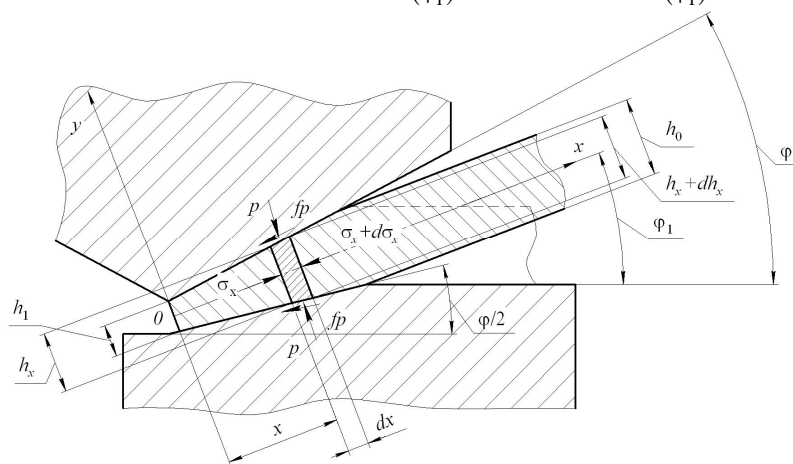


Рис.2. Схема формообразования при штамповке заготовки

Будем считать деформацию в зоне затекания металла в зазор двумерной, поскольку вытяжка вдоль листа практически отсутствует. Далее принимаем, что главные оси напряжений в рассматриваемом элементе соответствуют вертикальным и горизонтальным осям. Тогда можно записать условие пластичности

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \beta \sigma_T. \quad (1)$$

Введем обозначение $\delta = f / \operatorname{tg}(3\varphi/4)$ и произведем преобразования

$$p_y = \delta / \beta \sigma_T \left[(\delta - 1) (h_0 / h_x)^\delta + 1 \right]. \quad (2)$$

Анализ уравнения показывает, что с уменьшением h_x напряжение p_y возрастает.

Для определения усилия деформирования, приходящегося на единицу длины очага деформации в произвольном сечении очага деформации, выражение (2) необходимо проинтегрировать в пределах изменения самой функции

$$P_{\text{ед}} = \int_{h_0}^{h_1} \beta \sigma_T \left\{ \left(1 + \frac{1}{\delta} \right) \left[\left(\frac{h_x}{h_1} \right)^\delta - 1 \right] \right\} dh = \beta \sigma_T \left\{ \left(1 + \frac{1}{\delta} \right) (\delta + 1) \left[\frac{h_0^{\delta+1}}{h_1^\delta} - h_1 \right] - h_0 + h_1 \right\}, \quad (3)$$

Для определения полного усилия деформирования умножим выражение (3) на длину очага деформации l

$$P_{\text{п}} = \int_{h_0}^{h_1} \beta \sigma_T \left\{ \left(1 + \frac{1}{\delta} \right) \left[\left(\frac{h_x}{h_1} \right)^\delta - 1 \right] \right\} dh \cdot l = \beta \sigma_T \left\{ \left(1 + \frac{1}{\delta} \right) (\delta + 1) \left[\frac{h_0^{\delta+1}}{h_1^\delta} - h_1 \right] - h_0 + h_1 \right\} \cdot l. \quad (4)$$

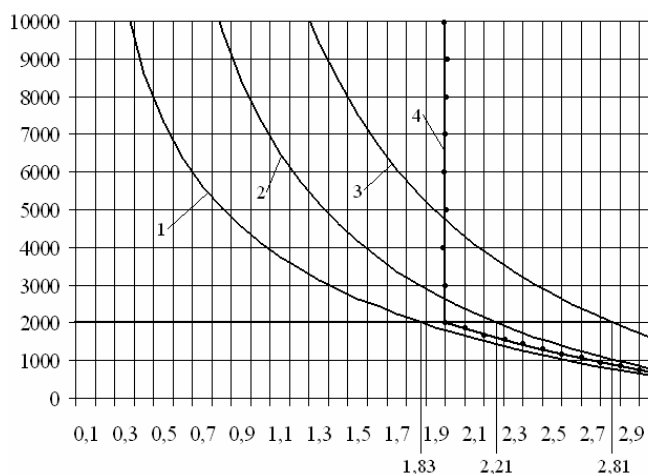


Рисунок 3 – График зависимости полного усилия $P_{\text{полн.}}$ от толщины кромки h_1 при разных δ (1 – теоретическая ($\delta < 1, f = 0,25$); 2 – теоретическая ($\delta = 1, f = 0,4$); 3 – теоретическая ($\delta > 1, f = 0,45$); 4 – экспериментальная)

На основе формулы (4) были проведены теоретические расчеты, а на основе экспериментальных исследований процесса формообразования граней получены опытные данные. По результатам исследований построены зависимости полного усилия штамповки от толщины кромки (рис.3) при следующих значениях параметров: исходная толщина прямоугольной пластины $h_0 = 4$ мм; угол наклона деформирующей части инструмента к горизонтальной плоскости $\varphi = 28^\circ$; длина режущей грани ножа $l = 106$ мм; коэффициент контактного трения «сталь по стали» $f = 0,25; 0,4; 0,45$; параметр Лоде $\beta = 1,15$. Экспериментальные исследования проводили на заготовках толщиной 4 мм на лабораторном гидравлическом прессе П-200 усилием 2000 кН.

Формообразование режущих лезвий ножей ротационных косилок пластическим деформированием повышает их стойкость в 1,5-2 раза за счет наличия заусенца, который исключает при термообработке интенсивное окисление и обезуглероживание режущих лезвий. Это обеспечивает возможность выполнения 3-, 4-кратной переточки ножей, что исключено при их фрезеровании. Данные преимущества обеспечат экономию дорогостоящей стали 60С2.