

УДК 621.961.2

Лыжников Е. И.
Давыденко Е. К.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕЗКИ ТРУБ ПЛОСКИМ НОЖОМ

Резка труб плоским ножом может иметь широкое технологическое применение. Это объясняется простой схемой резки, хорошим качеством отрезанных заготовок, высокой производительностью. Однако такой технологический процесс не нашел широкого применения в промышленности. Основной причиной этого является слабая изученность процесса резки трубы плоским ножом.

В первых литературных источниках для резки использовался нож с заостренной нижней частью. Этой зоной нож выполнял прорезку трубы, что приводило к искажению профиля заготовки. С целью устранения этого дефекта приходилось усложнять конструкцию штампа [1].

Для устранения указанного дефекта была предложена схема резки с предварительным прорезом паза в верхнем сечении трубы, что исключало применение ножа с заостренной зоной [2]. В дальнейших литературных источниках не описывались измененные технологии резки труб, а воспроизводились результаты исследований предыдущих авторов [3]. В работе [4] приведены исследования процесса резки труб на летучих ножницах. Процесс резки трубы практически не исследовался.

Из сказанного выше следует, что фактор плоского ножа для резки труб требует детального изучения.

Целью данной работы является проведение экспериментальных исследований и изучение влияния профиля ножа на процесс отрезки заготовки от трубы, выявления последовательности образования стружки-отхода и изменения усилия резания по ходу ножа.

Стружка-отход отгибается ножом внутрь трубы. По причине трения по режущей кромке ножа происходит утолщение стружки при внедрении ножа в трубу (рис. 1).

Некоторое смещение оси ножа относительно оси трубы выполнено сознательно для того, чтобы при одном движении ножа иметь различное внедрение последнего в трубу, то есть разную картину образования стружки-отхода. При резке в нижней зоне сечения трубы стружка-отход смещается наружу (рис. 2).



Рис. 1. Промежуточное положение ножа при отрезке трубы



Рис. 2. Отделение стружки-отхода при промежуточном положении ножа

Переменное смещение стружки при перемещении ножа относительно трубы можно объяснить действием составляющей силы резки трубы (рис. 3).

В верхней зоне трубы составляющая силы резания F_c -сила смещения стружки, направлена внутрь сечения. Сила F_c обеспечивает изгиб стружки относительно режущей

плоскости ножа, а также трение наружной поверхности стружки о нож. В нижней зоне сечения трубы стружка меняет свое направление смещения [5].

Такая картина смещения стружки ножом подтверждается блестящим пояском и зоной хрупкого разрушения на торцевых поверхностях отрезанной заготовки и трубы (рис. 4).

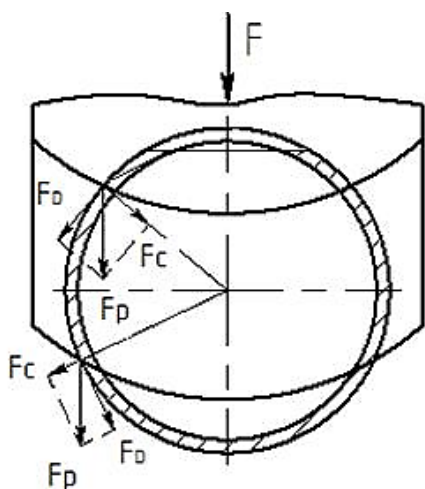


Рис. 3. Смещение стружки при перемещении ножа относительно трубы

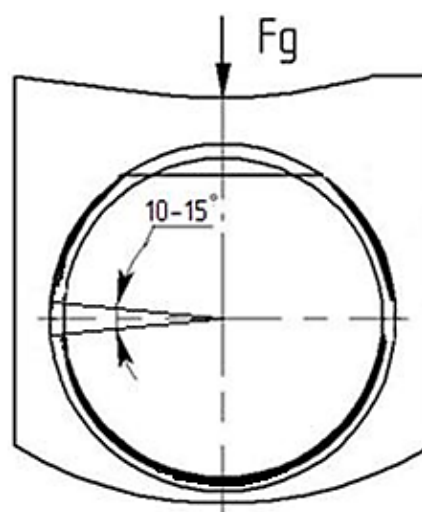


Рис. 4. Изменение зон пластического деформирования по ходу ножа

В верхней зоне трубы блестящий поясок размещается на наружной кромке сечения, а в нижней зоне на внутренней. В диапазоне угла $\approx 10-15^\circ$ происходит переход блестящего пояска с наружной во внутреннюю поверхность сечения отрезанной заготовки.

Исходя из принятой технологии предварительной прорезки паза, требования к профилю ножа изменяются. Ход ножа должен быть соизмерим с диаметром трубы, усилие отрезки должно быть минимально возможным и возрастет незначительно, профиль ножа должен обеспечивать последовательное отделение заготовки от трубы.

За основу оценки изменения усилия резки трубы принят плоский нож со следующими параметрами (рис. 5).

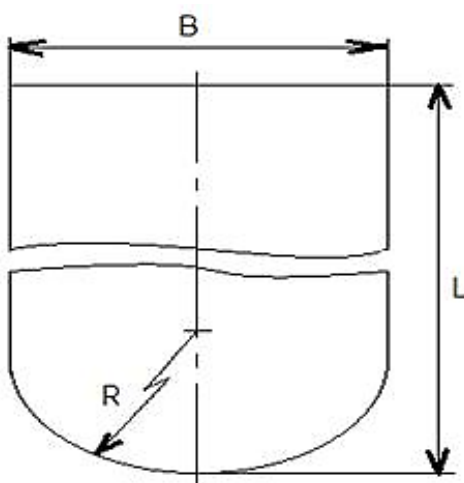


Рис. 5. Параметры ножа

Длина ножа L определяется габаритными размерами штампа. Ширина ножа B выбирается из условия свободного выпадения стружки из штампа в момент отрезки заготовки от трубы. Односторонний зазор должен быть более двух толщин стенки S разделяемой трубы $(2,5-3)S$. Такой зазор объясняется тем, что при ходе ножа $\approx 0,7d_n$ трубы внутренняя стружка схватывается с наружной, образуя единую стружку увеличенной толщины (рис. 6, 11).



Рис. 6. Соединение внутренней стружки с наружной

Радиус кривизны режущей поверхности ножа рекомендуется выбирать из условия постоянного отделения заготовки от трубы по ходу ножа, то есть $R = (1,3-1,5)d_n$. При выборе $R \leq d_n$ в конце хода нож начинает прорезать трубу в зоне вертикальной оси с образованием перемычки с неотрезанной еще зоной. При $R > 1,5d_n$ значительно увеличивается сечение отрезки отделяемой заготовки в конце хода ножа, что сказывается на усилиях. Толщина ножа выбирается с учетом материала, толщины стенки трубы и осевой устойчивости ножа. В экспериментах по резке труб из алюминия и стали с толщиной стенки 2–3 мм использовался нож толщиной 2 мм.

Для оценки изменения усилия резки трубы из алюминиевого сплава АК7 диаметром $d_n = 50$ мм, толщиной стенки $S = 2$ мм был записан процесс на разрывной машине (рис. 7).

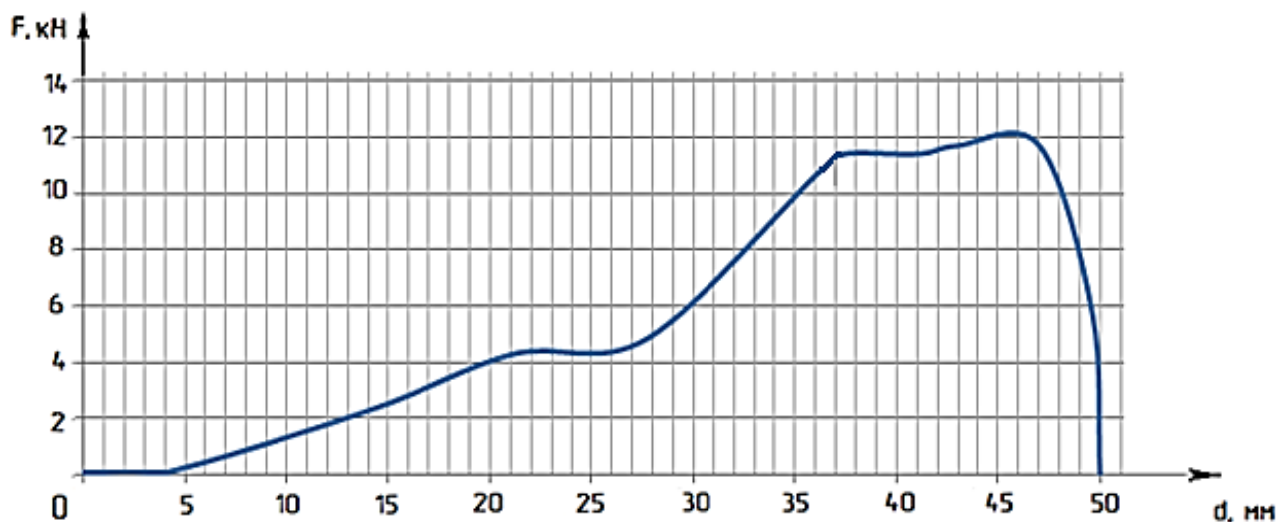


Рис. 7. График усилия резки трубы

Согласно графику, усилие резки трубы по ходу ножа постоянно возрастает. Это объясняется увеличением контактной линии сечения трубы с режущей поверхностью ножа. На рис. 8 показана схема последовательного внедрения ножа в трубу. Для упрощения оценки изменения контактной линии был взят нож с линейной режущей кромкой.

При относительном ходе ножа $\approx 0,75d_n$ длина контактной линии увеличилась в ~ 3 раза (точки 1–5). В точке 6 контактная линия возрастает практически в 2 раза относительно точки 5. Это зафиксировано на кривой усилия резки в момент полной отрезки заготовки.

Рассмотрим влияние выемки радиусом r_b в ноже на усилие резки в конечный момент отделения заготовки (рис. 9).

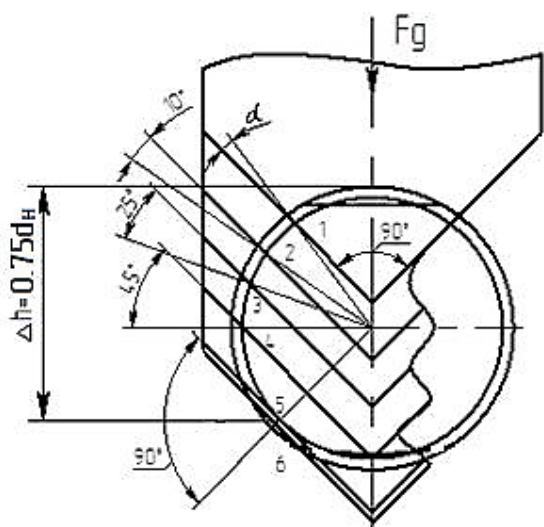


Рис. 8. Схема последовательного внедрения ножа в трубу

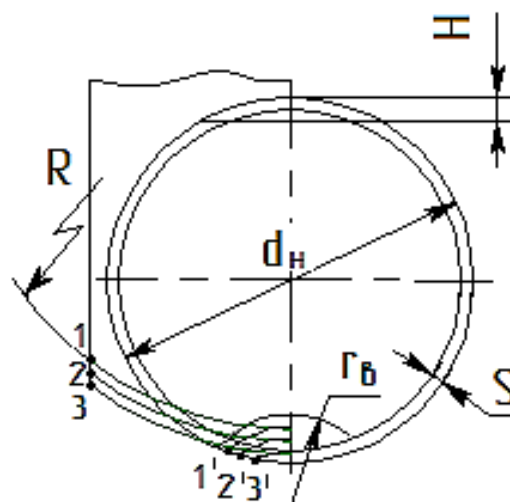


Рис. 9. Процесс резки трубы в момент полного отделения заготовки, где:

$$d_n = 50 \text{ мм}, \quad S = 2 \text{ мм}, \quad H = (2-2,5)S, \\ r_v = (0,25-0,3) d_n, \quad R = 70 \text{ мм}$$

Выделим три точки перемещения ножа – 1, 2, 3. Шаг перемещения 2 мм. В точке 1 усилие резки незначительно. В точке 2 площадь отделяемого металла заготовки возрастает. В точке 3 усилие максимально по величине.

Для снижения усилия резки в конечной точке хода ножа предлагается в ноже выполнить выемку. Выбор профиля выемки определяется необходимостью уменьшения усилия отрезки заготовки. Размеры выемки представлены на рис. 9.

Точки хода ножа 1', 2', 3' соответствуют резке трубы профилем выемки. Отделяемое сечение трубы точек 1', 2', 3' соизмеримо с сечением в начальный момент отрезки трубы. Величина этого усилия незначительна. Это подтверждается кривой усилия резки трубы ножом с указанной выше выемкой, рис. 10.

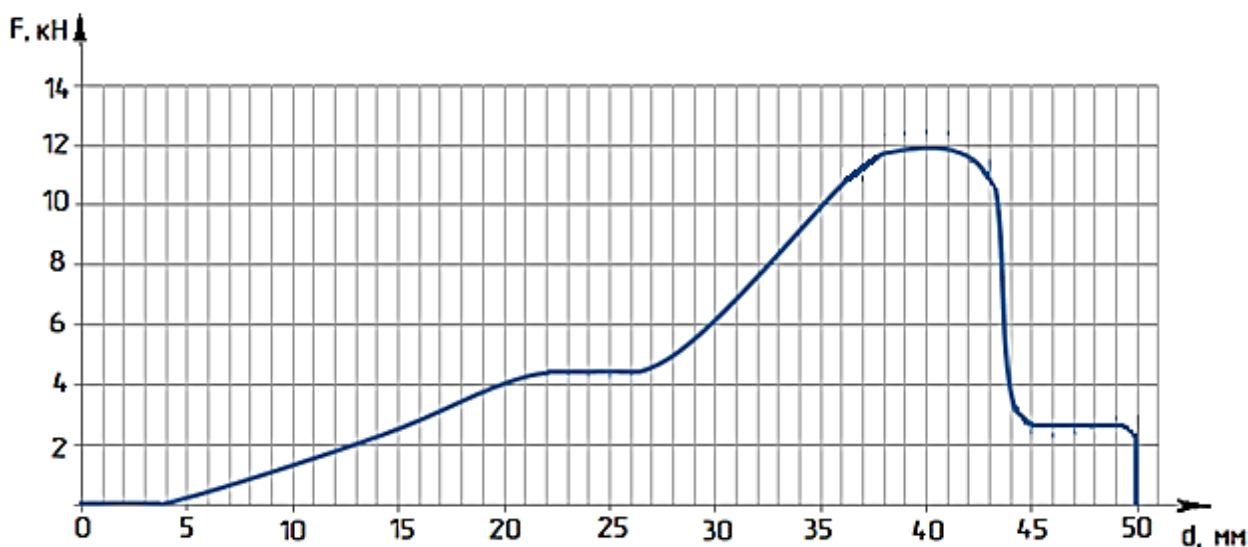


Рис. 10. График усилия резки трубы ножом с выемкой

Постоянное усилие резки $\approx 2,5$ кН действует на участке хода ножа $\approx 4,5-5$ мм. Конфигурация стружки отхода полностью соответствует профилю ножа (рис. 11).



Рис. 11. Стружка-отход при резке трубы ножом с выемкой

Следует отметить, что толщина стружки в зоне выемки ножа постоянна и соответствует толщине стенки трубы, что позволило определить величину $\tau_{cp} = 15 \text{ кгс/мм}^2$. Изменилась и картина блестящего пояска, которая отражает уменьшение силы резания при отделении заготовки от трубы усложненным профилем ножа (рис. 12).

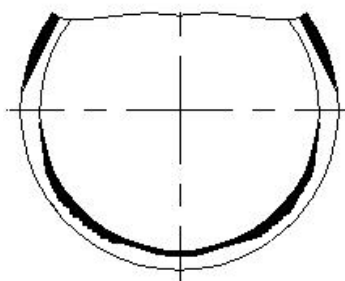


Рис. 12. Зона блестящего пояска при резке ножом с выемкой

ВЫВОДЫ

Проведенные экспериментальные исследования по резке труб плоским ножом показали перспективность данного процесса, выявили последовательность образования стружки-отхода и изменение усилия резания по ходу ножа, а также влияние профиля ножа на процесс отрезки заготовки от трубы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нефедов А. П. *Конструирование и изготовление штампов* / А. П. Нефедов. – М. : Машиностроение, 1973. – 408 с.
2. Мецгерин В. Т. *Атлас схем. Листовая штамповка* / В. Т. Мецгерин. – М. : Машиностроение, 1975. – 227 с.
3. Попов Е. А. *Технология и автоматизация листовой штамповки* / Е. А. Попов, В. Г. Ковалев, И. Н. Шубин. – Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. – 480 с.
4. Бобровников В. В. *Исследование процесса качественного резания тонкостенных труб* / В. В. Бобровников // *Заготовительные производства в машиностроении*. – М. : Машиностроение, 2008.
5. Лыжников Е. И. *Технологические и силовые параметры резки труб плоским ножом* / Е. И. Лыжников, Е. К. Дунда // *Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением*. – 2013. – № 1.

Лыжников Е. И. – канд. техн. наук, проф. МГТУ «СТАНКИН»;

Давыденко Е. К. – магистр МГТУ «СТАНКИН».

МГТУ «СТАНКИН» – Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва, Россия.

E-mail: dunda.elena@mail.ru

Статья поступила в редакцию 04.03.2013 г.