

УДК 621.961.2

**Карнаух С. Г.
Мироненко Е. В.**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ТРУБ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА DEFORM 3D

В Украине потребность в мерных трубчатых заготовках достаточно велика – миллионы штук в год. [1–3]. Поэтому получение качественных заготовок при обеспечении низкой себестоимости их производства является задачей актуальной. Так как даже незначительное увеличение эффективности технологии разделения приводит к существенному росту рентабельности производства.

Трубчатые заготовки можно получить разными способами отрезки. Наиболее рациональным является тот из них, который, обеспечивая получение необходимого качества заготовок, наиболее экономичен при заданном объеме производства. Можно выделить две группы способов разделения труб: отрезка заготовок с потерей металла на прорезной слой и отрезка без потерь (безотходные способы разделения).

Отходные способы резки труб проводят с помощью различных фрез и пил, абразивным инструментом, газовой резкой, струей плазмы или лучом лазера, но они не обеспечивают требуемого качества, а иногда скорости и экономичности процесса при низкой стойкости режущего инструмента.

Наиболее перспективными являются безотходные способы разделения труб на мерные заготовки [2]. Например, резка в отрезных штампах.

Схема работы штампа для резки труб показана на рис. 1. Рабочими частями штампа являются плоский режущий пуансон 1, имеющий фасонную заточку, и матрица 2. Внутри матрицы сделано круглое отверстие для прохода трубы 3, верхняя щель для захода пуансона служит направляющей, в нижнюю щель проталкивается отход при резке. Резка заготовок труб в штампах обеспечивает высокую производительность, но несколько искажает круглое сечение трубы. Кроме того, на торцах появляются заусенцы, так как верхнюю половину окружности пуансон режет без опоры на кромку матрицы [4].

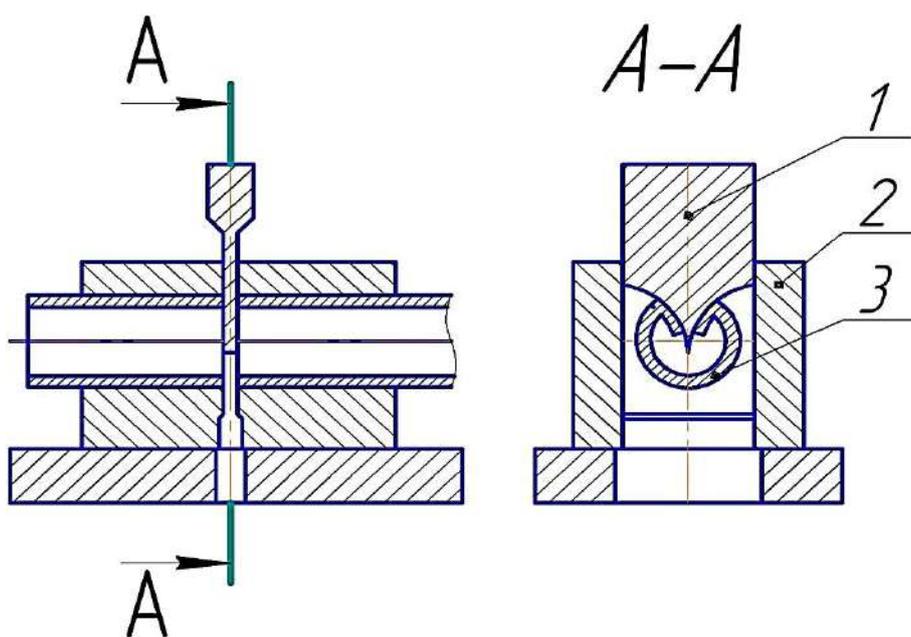


Рис. 1. Конструктивная схема штампа для резки труб

Целью данной работы является расчет силовых параметров резки труб плоским ножом, изучение влияния конфигурации ножа на процесс отделения заготовки от трубы и стружки-отхода по ходу ножа с использованием программного продукта Deform 3D.

DEFORM 3D – это мощная система моделирования технологических процессов, предназначенная для анализа трехмерного (3D) поведения металла при различных процессах обработки давлением. Комплекс DEFORM позволяет заглянуть «внутрь» технологического процесса, проследить за течением металла, обнаружить дефекты. Главное преимущество этой программы заключается в том, что благодаря DEFORM-3D экономится время и деньги.

Для расчетов использовалась труба из алюминиевого сплава АК7 диаметром $D = 50$ мм, с толщиной стенки $S = 2$ мм. А также ножи с разной геометрической конфигурацией и передним углом (рис. 2).

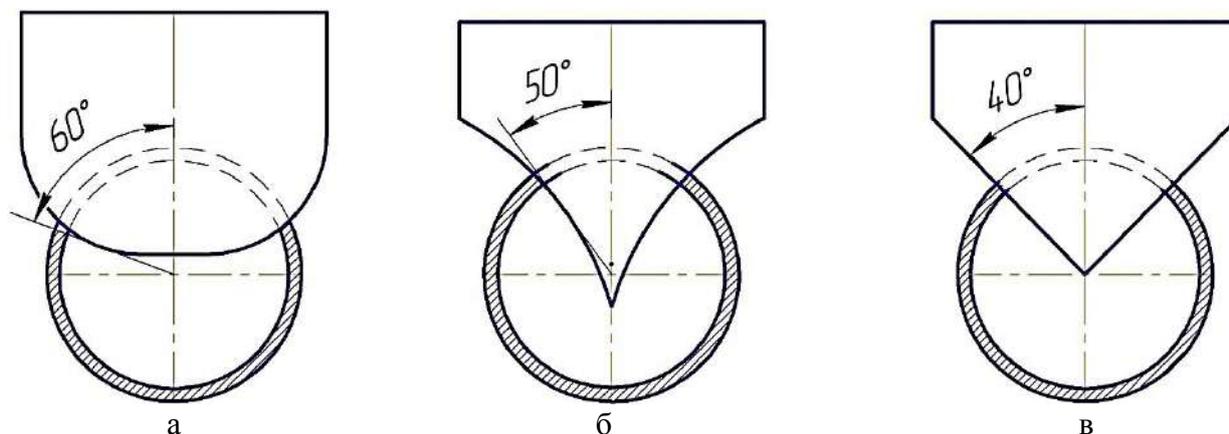


Рис. 2. Конфигурации и геометрические параметры ножей

Расчетная схема резки трубы плоским ножом представлена на рис. 3.

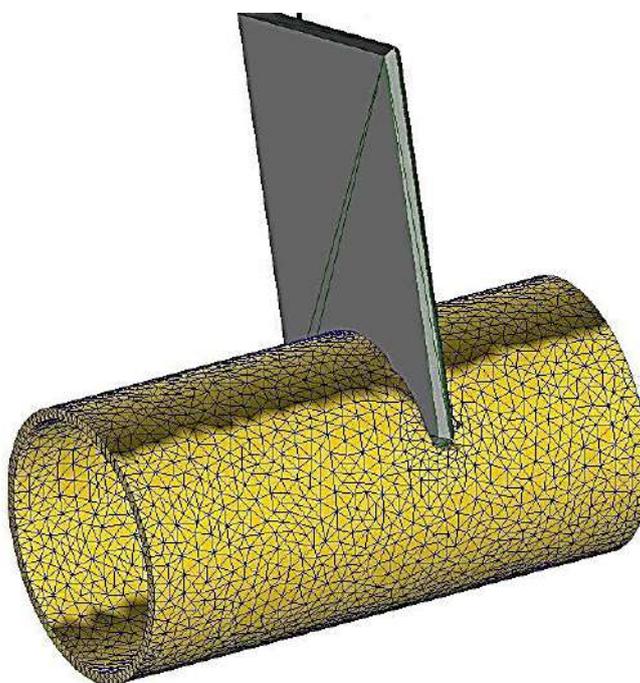
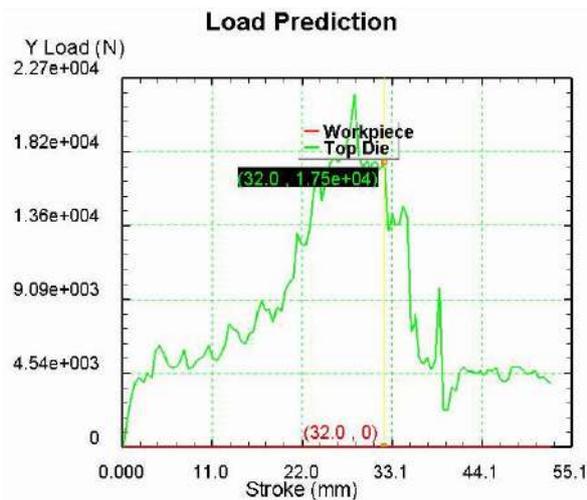
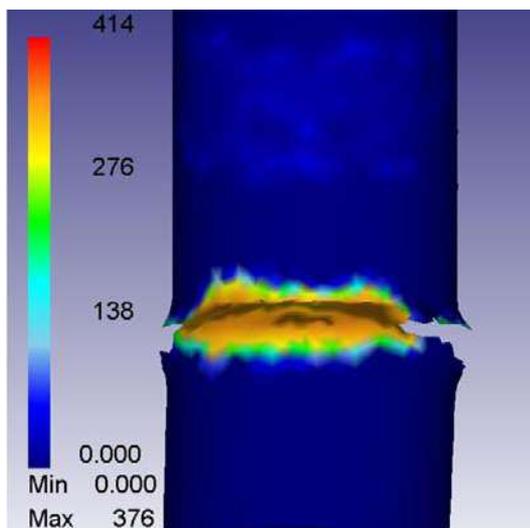
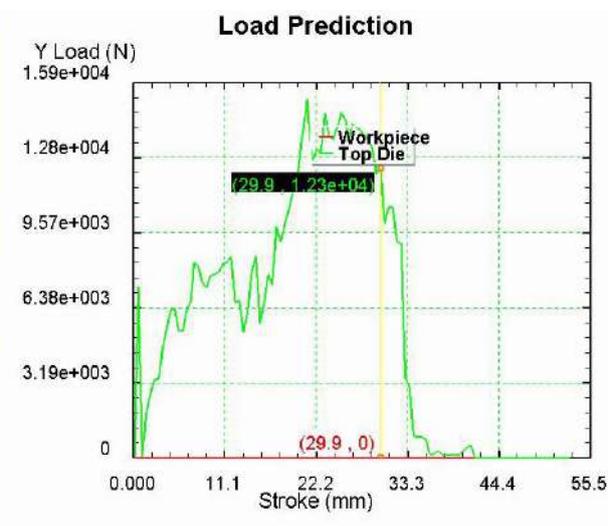
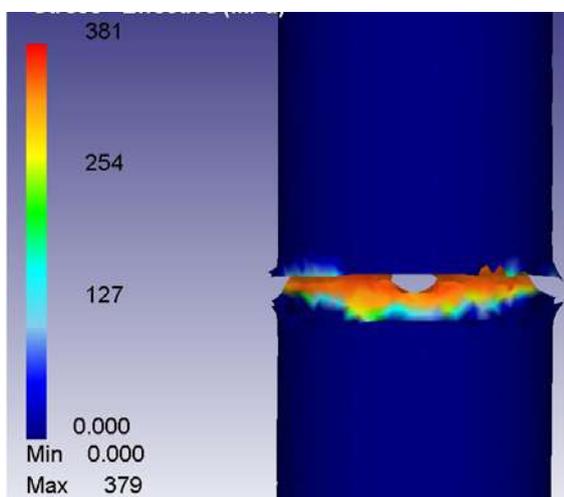


Рис. 3. Расчетная схема резки трубы плоским ножом

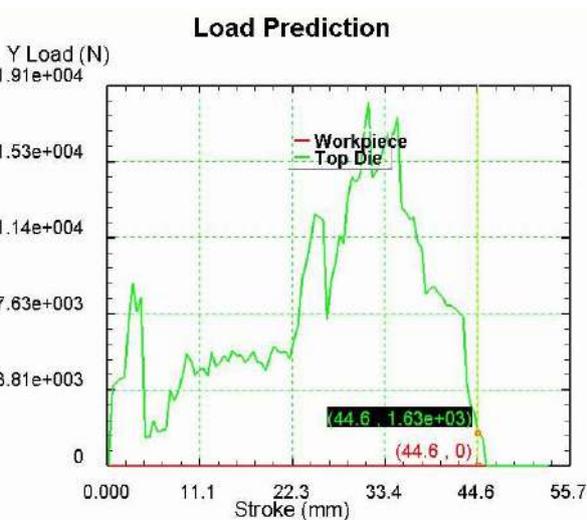
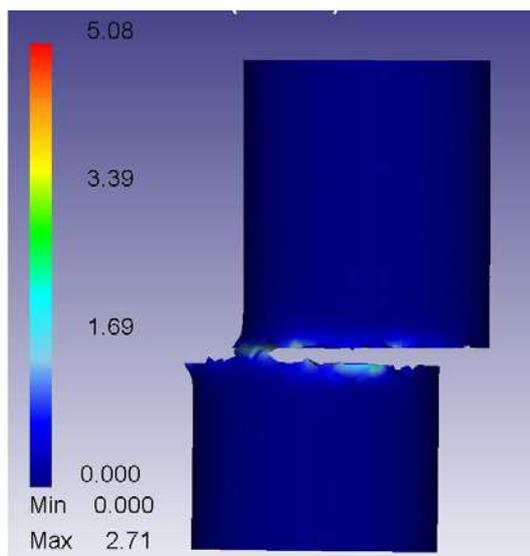
Результаты расчетов для ножей разной конфигурации (см. рис. 2, а, б, в) представлены на рис. 4, а, б, в [5].



a



б



в

Рис. 4. Результаты расчетов: а – $\alpha = 60^0$; б – $\alpha = 50^0$; в – $\alpha = 40^0$

Анализ графиков изменения силы резки на ноже показывает, что она резко возрастает на конечном этапе разделения, что соответствует этапу отделения большого объема отхода.

Анализ полученных результатов показывает, что наиболее оптимальной является форма ножа – рис. 2, б, при которой усилие отрезки составляет порядка 16 кН (рис. 4, б).

Однако качество получаемых заготовок, получаемых при таком способе резки – удовлетворительное.

С целью повышения качества разделяемых заготовок, за счет создания в зоне разделения благоприятного напряженно-деформированного состояния, предложена новая конструкция устройства для отрезки трубчатых деталей (рис. 5) [6].

Устройство работает следующим образом. Разделяемая труба 4 зажимается в патроне 2 металлорежущего станка с помощью зажимных полуштуков 1. Отрезной ролик 3 и контроллер 5 вводятся в контакт соответственно со внутренней и наружной поверхностью трубы 4. Патрон 2 станка вместе с трубой 4 приводится во вращение. Одновременно осуществляется подача отрезного 3 и контроллера 5 на врезание до полного отделения трубчатой заготовки. Цикл работы устройства возобновляется.

Отрезка происходит локально по периметру трубчатой заготовки, что обеспечивает снижение силы отрезки. Учитывая тот факт, что отрезаемая трубчатая заготовка отрезным роликом сдвигается в направлении от оси заготовки, а затем контроллером – к центру заготовки, проявляется эффект Баушингера. При этом имеет место снижение пределов пропорциональности, упругости и текучести материалов в результате изменения знака нагрузки, если первоначальное нагружение вызвало наличие пластических деформаций. Металл, подвергнутый слабой пластической деформации нагрузкой одного знака, обнаруживает при перемене знака нагружения пониженное сопротивление начальным пластическим деформациям. Эффект Баушингера связывают с наличием остаточных напряжений в наиболее деформированных зернах металла, которые складываясь с рабочими напряжениями при изменении знака нагрузки, вызывают понижение указанных выше характеристик образца. Данный эффект также способствует снижению энергосиловых параметров разделения и повышению качества разделяемых трубчатых заготовок.

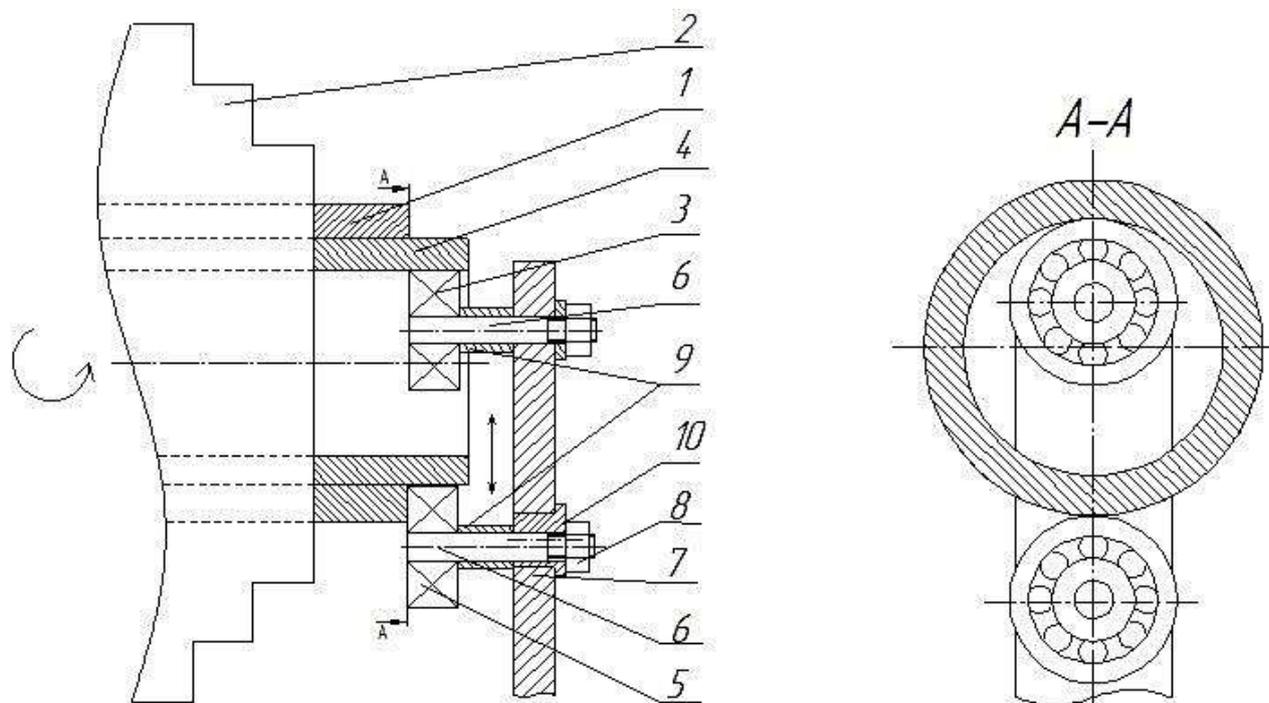


Рис. 5. Устройство для отрезки трубчатых заготовок от цилиндрической трубы

ВЫВОДЫ

На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Проведен анализ способа разделения труб плоским ножом с использованием программного продукта DEFORM-3D.
2. Проведенные теоретические исследования позволили выявить последовательность образования стружки-отхода по ходу ножа, оценить энергосиловые параметры процесса разделения и прогнозировать качество разделяемых заготовок.
3. Анализ полученных результатов показывает, что наиболее оптимальной является остроконечная форма ножа с углом в вершине 50 град, при которой усилие отрезки составляет 16 кН.
4. На основе анализа безотходных способов разделения труб на мерные заготовки предложен новый способ отрезки и конструкции оборудования для его реализации.
5. Использование предложенных решений позволяет повысить качество отрезанных трубчатых заготовок, способствует снижению энергосиловых параметров разделения и повышению культуры производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грановский Г. И. *Резание металлов: учебник для вузов.* / Г. И. Грановский, В. Г. Грановская. – М. : Высш. шк., 1976. – 304 с.
2. Соловцов С. С. *Безотходная разрезка сортового проката в штампах* / С. С. Соловцов. – М. : Машиностроение, 1985. – 176 с.
3. Карнаух С. Г. *Совершенствование оборудования для разделения сортового проката на мерные заготовки* // *Обработка материалов давлением : сб. науч. тр.* – Краматорск : ДГМА, 2017. – № 2 (45). – С. 154–160.
4. Диамантопуло К. К. *Экспериментальное исследование разрезки труб в штампе с радиусным ножом* // *Кузнечно-штамповочное производство.* – 1988. – № 6. – С. 8.
5. *Process research of pipes sectioning with flat knife* / Roganov L. L., Karnaukh S. G., Karnaukh D. S., Shevchenko E. P. // *12th International conference «Research and development in mechanical industry» RaDMI 2012, Vol. 2.* – С. 862–865.
6. Пат. № 74204 Украина, МПК (2012.01) B23D 23/00, B23D 31/00. *Пристрій для відрізання трубчастих деталей від циліндричної труби* / Роганов Л. Л., Карнаух С. Г., Роганов М. Л., Карнаух Д. С. – № u201202787 ; заявл. 12.03.2012 ; опубл. 25.10.2012, Бюл. № 20.

REFERENCES

1. *Granovskij G. I. Rezanie metallov: uchebnik dlja vuzov.* / G. I. Granovskij, V. G. Granovskaja. – M. : Vyssh. shk., 1976. – 304 s.
2. *Solovcov S. S. Bezothodnaja razrezka sortovogo prokata v shtampah* / S. S. Solovcov. – M. : Mashinostroenie, 1985. – 176 s.
3. *Karnauh S. G. Sovershenstvovanie oborudovanija dlja razdelenija sortovogo prokata na mernye zagotovki* // *Obrabotka materialov davleniem : sb. nauch. tr.* – Kramatorsk : DGMA, 2017. – № 2 (45). – S. 154–160.
4. *Diamantopulo K. K. Jeksperimental'noe issledovanie razrezki trub v shtampe s radiusnym nozhom* // *Kuznechno-shtampovocnoe proizvodstvo.* – 1988. – № 6. – S. 8.
5. *Process research of pipes sectioning with flat knife* / Roganov L. L., Karnaukh S. G., Karnaukh D. S., Shevchenko E. P. // *12th International conference «Research and development in mechanical industry» RaDMI 2012, Vol. 2.* – С. 862–865.
6. Пат. № 74204 Украина, МПК (2012.01) V23D 23/00, V23D 31/00. *Pristrij dlja vidrizannja trubchastih detalej vid cilindrichnoji trubi* / Roganov L. L., Karnauh S. G., Roganov M. L., Karnauh D. S. – № u201202787 ; zajavl. 12.03.2012 ; opubl. 25.10.2012, Bjul. № 20.

Карнаух С. Г. – канд. техн. наук, доц., зав. каф. ОПМ ДГМА;

Мироненко Е. В. – д-р техн. наук, проф. ДГМА.

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

Статья поступила в редакцию 11.08.2018 г.