

**Список литературы:** 1. Мазур В. Л. Теория и технология тонколистовой прокатки (Численный анализ и технические приложения) / В. Л. Мазур, А. В. Ноговицын. – Днепропетровск : РВА «Дніпро-VAL», 2010. – 500 с. 2. Федоринов В. А. Математическое моделирование напряжений, деформаций и основных показателей качества при прокатке относительно широких листов и полос : монография / В. А. Федоринов, А. В. Сатонин, Э. П. Грибков. – Краматорск : ДГМА, 2010. – 243 с. 3. Николаев В. А. Несимметричная тонколистовая прокатка / В. А. Николаев, В. Н. Скороходов, В. П. Полухин. – М. : Металлургия, 1993. – 192 с. 4. Чекмарев А. П. Методы исследования процессов прокатки / А. П. Чекмарев, С. А. Ольдзиевский. – М. : Металлургия, 1969. – 274 с. 5. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике (для инженеров и учащихся вузов). - М.: Наука. - 1981. – 720 с.

**УДК 621.73**

*ЛЕСОВОЙ М.О.*, аспирант, ГВУЗ «ПГТУ», Мариуполь.

### **БЕЗОТХОДНОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ ДВИЖУЩИХСЯ ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ ПРОКАТА**

Разработана новая технология безотходного разделения движущихся гнутых профилей и труб. Приведен алгоритм расчета усилий надрезки сдвигом неспрофилированной плоской заготовки ножами режущих кромок специальной конфигурации.

**Ключевые слова:** нож, режущая кромка, резка, гибка, лента, профиль, труба.

Розроблена нова технологія безвідходного розділення рухомих гнутих профілів і труб. Приведений алгоритм розрахунку зусиль надрізки зсувом неспрофільованої плоскої заготовки ножами ріжучих кромок спеціальної конфігурації.

**Ключові слова:** ніж, ріжуча кромка, різання, гнуття, стрічка, про-філь, труба.

New technology of zero-emission division of the locomotive bent types and pipes is developed. The algorithm of calculation of efforts is resulted by the nadrezki change of nesprofilovannoy flat purveyance of cuttings edges of the special configuration knives.

**Keywords:** knife, cutting edge, cutting, flexible, ribbon, profil', pipe.

**Постановка проблемы.** В настоящее время идет тенденция к увеличению сортамента выпускаемых профилей и труб, тем самым необходимо увеличивать производительность в линиях профилегибочных (ТЭС) и трубоэлектросварочных станков (ПГС).

Резка металла на заданные по длине размеры ведется на всех предприятиях, связанных с его производством или переработкой. Будучи неотъемлемой частью производственного процесса, резка металла в ряде случаев становится «узким местом», ограничивающим производственные возможности. Это касается, главным образом, резки металла большого сечения или металла, находящегося в движении, в частности, резки профилей и труб по ходу их изготовления [1-3].

**Анализ последних исследований и публикаций.** Резка движущегося металла известными в производстве методами с характеризуется малой производительностью, наличием стружки, большими технологическими припусками и малыми межремонтными сроками оборудования [4-9].

Возникающие проблемы во время резки непрерывно движущегося металла (проката, профиля, трубы) связано с качеством получаемых заготовок, производительностью труда и остаются актуальными на нынешний день в связи с

повышением стандартов качества, предъявляемых к изделиям, увеличения сортамента выпускаемой продукции и стремлением повышения производительности труда.

Решения данной проблемы возможно путём использования предложенного [10] нового способа разделения гнутых профилей проката позволяет получать профиль заданной длины и формы без искажения его геометрических форм.

**Цель статьи** - необходимость совершенствования существующих и изыскание новых прогрессивных методов разделения непрерывно движущихся гнутых профилей и труб, определение энергосиловых параметров процесса надрезки.

**Изложение основного материала.** Разработанный способ заключается в предварительном надрезе сдвигом не спрофилированной движущейся ленты ножами специальной конфигурации режущей кромки. Надрез осуществляется на глубину, меньше глубины трещинообразования, при этом, относительная площадь надрезанной заготовки должна быть не меньше 40% от начальной площади поперечного сечения. После надреза, ленту выпрямляют с помощью дополнительной пары правильных валков. После надрезки сдвигом и спрямления движущейся ленты получают ленту с концентратором напряжений.

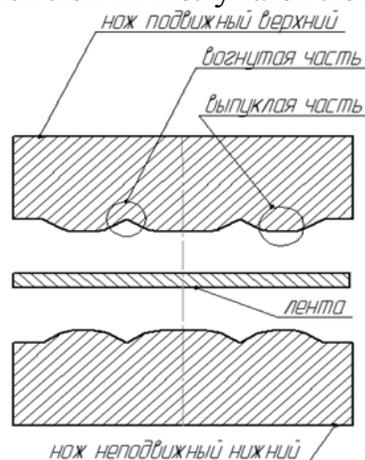


Рис. 1. Зеркально выполненные режущие кромки ножей

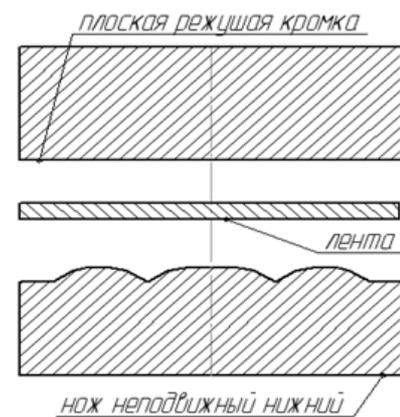


Рис. 2. Верхний нож выполнен с плоской режущей кромкой

Из ленты профилируют гнутый профиль с концентратором, расположенным по всему сечению профиля, что предопределяет разделение профиля по плоскости концентратора без смятия. Профилирование ленты, в профиль нужного сечения со следующим окончательным отделением (благодаря растягивающей с разогревом или знакопеременной нагрузке) профиля по плоскости предварительного надреза, которая находится между надрезанными участками на ножах, один из которых имеет соответствующую криволинейную форму.

Неодновременное спрямление надрезанной ленты производят валки многоклетьевого формовочного стана в процессе формовки ленты. Не одновременность спрямления позволяет получить в ленте концентратор напряжения с меньшим радиусом закругления при вершине надреза, за счет значительно меньшей силы растяжения ленты, действующей при одновременном спрямлении, чем при одновременном. После формовки, сварки

и зачистки сварного шва, его охлаждение производят водой с низкопроцентной добавкой ПАВ (напр., вещества "Этнас"), которое, способствуя эффекту Ребиндера, существенно снижает прочность металла в зоне вершины концентратора напряжений. Затем трубу подвергают калибровке в калибровочном стане, где под действием знакопеременной нагрузки происходит не только правка трубы по сечению, но и окончательное отделение мерной трубной заготовки по плоскости концентратора напряжений, образованного предварительным надрезом сдвигом и спрямлением ленты.

Надрезанные сдвигом участки, которые опираются на выпуклости режущей кромки, продлеваются и радиус выпуклостей  $r$  (рис.3) выбирается таким, чтобы фактическое удлинение металла не превышало 75% относительного удлинения, указанного в стандарте для данной стали.

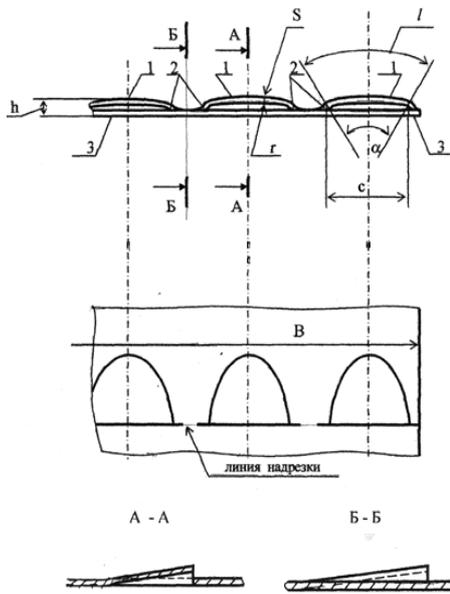


Рисунок 3. Надрезанная лента

дугообразным ножом (фронтальный вид):

где: 1 - прорезанный участок; 2 - надрезанный участок; 3 - сплошная лента;  $S$  - толщина ленты;  $r$  - внутренний радиус дуги участка после сдвига с прорезкой;  $h$  - высота изгиба штабы после сдвига с прорезкой;  $l$  - длина дуги участка после сдвига с прорезкой;  $\alpha$  - центральный угол прорезки по дуге участка;  $c$  - ширина прорезанного участка (хорда при центральном углу); А-А, Б-Б - поперечные надрезы.

Суммарная длина не надрезанных участков ленты имеет сопротивление на разрыв, соответствующий натяжению ленты в процессе профилирования.

Изменяя количество и длину не надрезанных участков легко достичь оптимального соотношения между прочностью этих участков на разрыв и эпюрой растягивающих напряжений в поперечном сечении надрезанной ленты, при ее натяжении в процессе профилирования.

Окончательное отделение мерной трубной заготовки может быть произведено после правки трубы в калибровочном стане разогревом места надреза индуктором, снижающим прочность металла и приложением растягивающей нагрузки.

Расчет технологического усилия надрезки движущейся неспрофилированной заготовки.

Общее технологическое усилие резки:

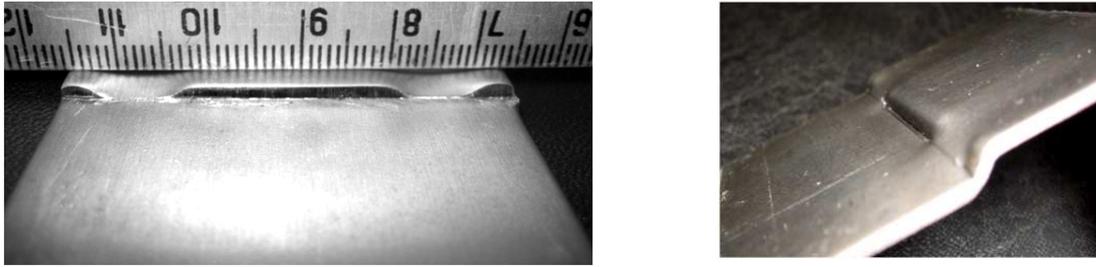
$$P_{общ} = P_{параллел.нож} + P_{гильотин.нож} + P_{гибки} + P_{формовки} \quad (1)$$

где:  $P_{параллел.нож}$  - усилие резки параллельными ножами, кН.

$P_{гильотин.нож}$  - усилие резки на гильотинными ножами, кН.

$P_{формовки}$  - усилие затрачиваемое на формовку, кН.

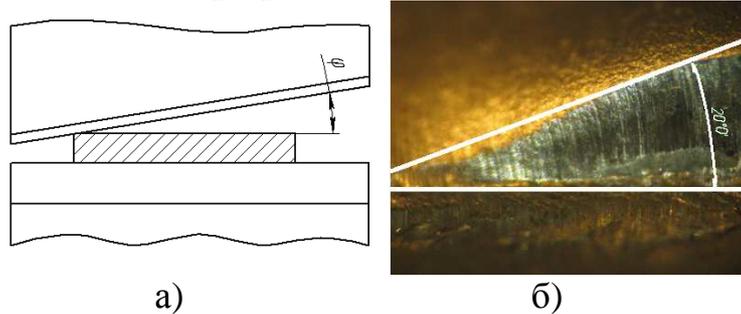
$P_{гибкит}$  - усилие сдвига, кН.



а) б)  
Рис. 4. Надрез сдвигом неспрофелированной заготовки.  
а) Фронтальный вид; б) Вид сбоку.

Как видно из Рис. 4а, вдоль линии надреза, выделяются три характерных участка, составляющие общее технологическое усилие надрезки. Участки, характеризующие процесс резки заготовки параллельными ножами, находятся в диапазоне 6.7 – 6.8; 8.1 – 10.2; 11.4 – 11.5; участки, характеризующие процесс резки заготовки гильотинными или наклонными ножами, находятся в диапазоне 6.8 – 7.1; 7.8 – 8.1; 11.1 – 11.4; 10.2 – 10.5; участки, характеризующие процесс формовки 6.7 – 7.3; 7.8 – 10.5; 10.9 – 11.5; участки характеризующие процесс гибки Рис.4б, находятся в диапазоне 7.2 – 7.7; 10.5 – 11.0 мм Рис.4а.

Усилие, затрачиваемое при резке на гильотинных ножницах:



а) б)  
Рис. 5. Участок заготовки, надрезаемый гильотинными ножами:  
а) Схема резки наклонными ножами; б) практический надрез наклонными ножами

Формула для определения усилия резки гильотинными ножницами:

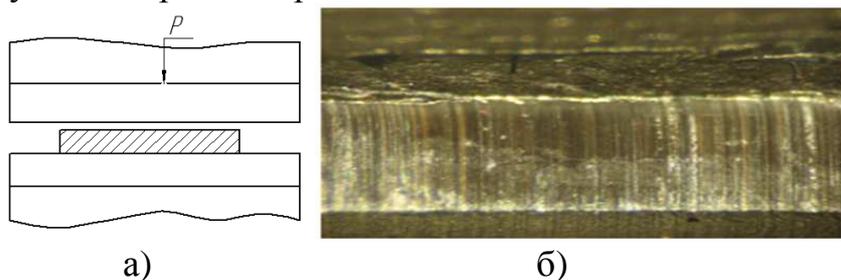
$$P_{г.н.} = \frac{0,5 \times s^2 \times \tau_0}{\operatorname{tg} \varphi} \quad (2)$$

где: s- толщина заготовки мм<sup>2</sup>.

$\tau_0$ - сопротивление срезу  $\tau_0 = (07-09)\sigma_b$ , 360 МПа.

$\varphi$ - угол наклона режущей кромки.  $\angle 20^\circ$ .

Усилие на участках резки параллельными ножами:



а) б)  
Рис. 6. Участок неспрофелированной заготовки, надрезаемый параллельными ножами. а) Схема резки параллельными ножами; б) практический надрез

Формула для определения усилия резки параллельными ножами:

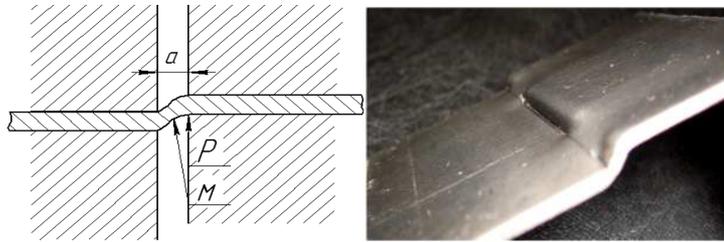
$$P_{\text{параллельно}} = F \times \tau_0 \quad (3)$$

где:  $\tau_0$ - сопротивление срезу,  $\tau_0 = \sigma_s \times (0.8)$  (МПа);

F- площадь дрезаемой поверхности, мм<sup>2</sup>;

$\sigma_s$ - предел прочности, 450 МПа.

Усилие гибки ненадрезанных участков заготовки



а)

б)

Рис. 7. Схема гибки ненадрезанных участков заготовки

а) Схема изгиба; б) Практический изгиб надрезаемой заготовки

Изгибающий момент при гибке:

$$M = P \times a \quad (4)$$

где: P – усилие гибки МПа;

a – плечо мм.

Формула для определения усилия гибки:

$$P_{\text{гибки}} = \frac{M}{a} \quad (5)$$

$$M = \frac{bs^2}{6} (1,5 + \epsilon_s) \sigma_b \quad (6)$$

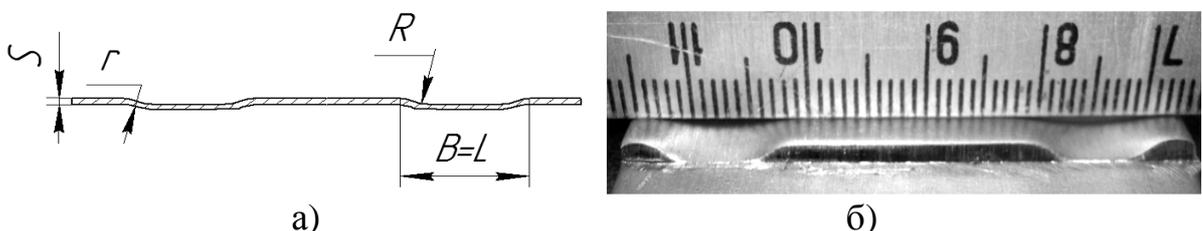
где: b- ширина изгибаемого участка, мм<sup>2</sup>;

s – толщина мм<sup>2</sup>;

$\epsilon_s$ - относительное удлинение материала при растяжении образца в момент образования шейки;

$\sigma_b$ - предел текучести, МПа.

Усилие формовки:



а)

б)

Рис. 8. Схема формовки участков надрезаемой заготовки

а) Схема формовки; б) Участки формовки.

Формула для определения усилия формовки:

$$P_{\text{формовки}} = (0.7 \div 1.0) \times L \times s \times \sigma_b \quad (7)$$

где: L – длина периметра рёбер жесткости, мм;

S – толщина заготовки мм;

$\sigma_b$ - предел текучести, МПа.

Таким образом, разработанный способ позволяет повысить качество разделяемых мерных заготовок, а так же скорость профилирования при изготовлении гнутых профилей проката на непрерывных станах без нарушения формы поперечного сечения профиля.

**Список литературы:** 1. Соловцов С.С. Безотходная резка сортового проката в штампах/ С.С. Соловцов.-М.: Машиностроение, 198. -175с. 2. Автоматизация трубопрокатных и трубосварочных станов. Волков В.В., Достенко М.А., Тетиор Л. Н. М., «Металлургия», 1976, 248с. 3. Диамантопуло К.К. Прогрессивная технология разделки исходных материалов в кузнечно-штамповочном производстве: учебное пособие/ К.К. Диамантопуло, А.П. Атрощенко Ж Мариупольский металлург.инст-т.- Мариуполь,1992.- 60с. 4. Авторское свидетельство СССР № 893418, М кл.<sup>2</sup> В 23 D 25/00, В 23 D 21/04. Штмп для резки движущегося материала. Л.Н.Соколов, Л.Л. Роганов, К.К. Диамантопуло (СССР).- №2895727; Заявл. 17.03.1980; Оpubл. 30.12.1981, Бюл. №48. -6с.; 2 ил. 5. Авторское свидетельство СССР № 1013136, М кл.<sup>3</sup>. В 23 D 23/00. Штмп для резки профилей. Е.С. Игнаткин, С.С. Гаврилов, Н.С. Суворовцев (СССР).- №3331845; Заявл. 01.09.1981; Оpubл. 5.02.1982, Бюл №15. 6. Авторское свидетельство СССР № 1311864 кл. В 23 D 21/00. Отрезной штмп / К.К. Диамантопуло, А.Д. Кирицев, С.Н. Горелов (СССР).- №3864314 Заявл. 04.03.1985; Оpubл. 13.02.1987, Бюл. №19. 7. Пат. 21171А Україна, МКВ 6 В 23 D 23/00. Спосіб поділу гнучких профілей прокату / К.К. Діамантопуло, В.І. Капланов, О.К. Діамантопуло (Україна).- № 94043267; Заявл.12.04.1994; Оpubл. 27.02.1998, Бюл. №1. -6с.; іл. 8. Пат. 4815U Україна МКВ 7 В 23 D 23/00. Штмп для поділу профілів / К.К. Діамантопуло, О.І. Сердюк, Ю.К. Діамантопуло (Україна). – №20040403099; Заявл. 26.04.2004; Оpubл. 15.02.2005, Бюл.№2.- 6с.; іл. 9. Пат. 4816U Україна МКВ 7 В 23 D 23/00. Спосіб поділу гнутих профілів. К.К. Діамантопуло, О.І. Сердюк, Ю.К. Діамантопуло, О.К. Діамантопуло (Україна).- № 20040403100; Заявл. 26.04.2004; Оpubл. 15.02.2005, Бюл.№2.- 8с.; іл. 10. Пат. 51765U Україна МПК 11 В23 D 23/00. Штмп для поділу гнутих профілів прокату. Лісовий М.О., Діамантопуло К.К., Коробенко О.С., (Україна).- № 201002551; Заявл. 09.03.2010р.; Оpubл. 26.07.2010, Бюл. №14.- 4с.; іл.

**УДК 621.771**

**ГОРОБЕЙ Н.Р.**, студ., НТУ «ХПИ»

**ПЛЕСНЕЦОВ Ю.А.**, канд. техн. наук, зав. кафедрой ОМД, НТУ «ХПИ»

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОКАТКИ УГЛОВЫХ БИЧЕВЫХ ПРОФИЛЕЙ**

При проведении экспериментов наблюдалось скручивание бичевого профиля вдоль его продольной оси, что требовало последующей правки профиля. Операция отличалась большой трудоемкостью из-за сложной конфигурации профиля и не всегда приводила к устранению искажения его геометрии. Для устранения скручивания при прокатке угловой бичевой стали с ребрами по одной полке разработан новый технологический процесс прокатки.

При проведенні експериментів спостерігалось скручування бичевого профілю уздовж його повздовжньої осі, що вимагало подальшого редагування профілю. Операція відрізнялась великою трудоемністю через складну конфігурацію профілю і не завжди приводила до усунення викривлення його геометрії. Для усунення скручування при прокатці кутової бичевої сталі з ребрами по одній полиці розроблено новий технологічний процес прокатки.

In the experiments observed twisting Flail profile along its longitudinal axis, which required subsequent edits profile. Operation were great complexity due to the complicated configuration profile