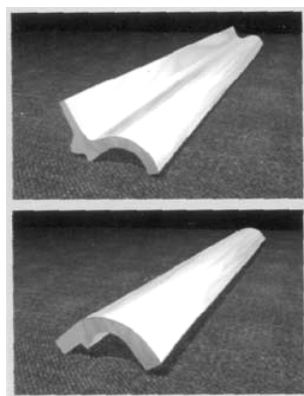


УДК 621.771.09

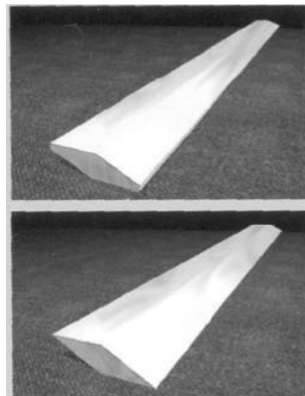
Коваленко С. В.
Гашимов Э. В.
Пастернак В. В.
Шпак А. Н.
Крамчанинов В. М.
Иванов А. А.

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ФАСОННЫХ ПРОКАТНЫХ ПРОФИЛЕЙ И ВНЕДРЕНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИХ ОБРАБОТКИ РОТАЦИОННЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Фасонный профиль – прокат специального назначения с постоянным поперечным сечением, форма которого отличается сложностью и разнообразием. Сложность поперечных сечений фасонных профилей определяется не только разнообразной геометрической и произвольной конфигурацией, образованной сопряжением различных линий (прямых, дуг, окружностей и кривых высших порядков), но также тем, что отдельные элементы самих поперечных сечений резко отличаются формой и размерами, что усложняет их формообразование (рис. 1).



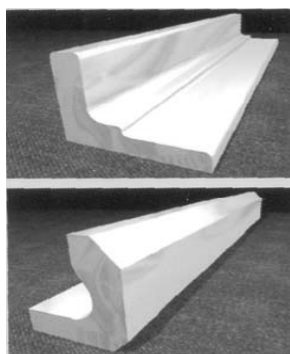
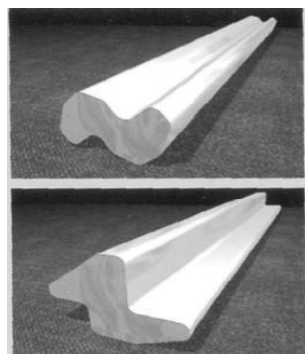
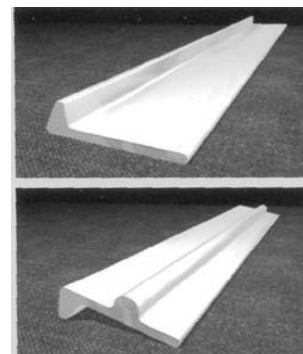
бортовые кольца



ромбический профиль



петля двери

профиль для колец
поворотного кругапрофиль для замочного
кольца

полособульбовый профиль

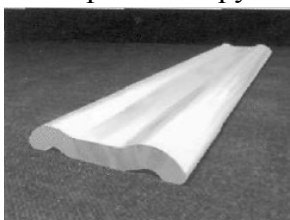
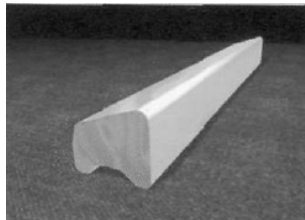
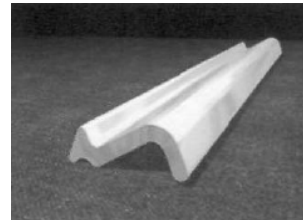
профиль для плашечных
зажимовпрофиль для установочных
колецпрофиль для затворных
колец

Рис. 1. Фасонные прокатные профили

Достаточно близкое совпадение формы поперечного сечения с формой готового изделия, а также высокая точность и качество поверхности предопределяет все более расширяющееся применение этих профилей в различных отраслях промышленности, особенно в автотранспортной, судостроительной, станкоинструментальной и многих других. Вместе с тем, расширение использования фасонных профилей в значительной степени сдерживается сравнительно высокой их стоимостью, обусловленной сложной схемой технологии их производства, дорогостоящей оснасткой и сложностью инженерной подготовки.

Одним из перспективных путей снижения стоимости производства фасонных профилей является сокращение числа проходов при горячей и холодной прокатке, что позволяет сократить парк валков и число вспомогательных операций. Для достижения заданной конфигурации сложного сечения профиля проката с сокращенным числом проходов требуется использование больших обжатий, что приводит к образованию заусенцев (облоя) на готовом профиле. Поэтому предусматриваются после одного или нескольких проходов отделочные операции, в частности, удаление облоя, которые осуществляются малопроизводительными способами, например, дисковыми ножницами, с последующей шлифовкой абразивными лентами (фирма Клекнер, Германия), резцами, установленными на волочильных станах, а также, в ряде случаев, и вручную с помощью шлифовальных кругов.

Прокатка без облоя еще больше может усложнить технологию, а также сделать ее неосуществимой в зависимости от формы поперечного сечения. Удаление облоя – операция отделочная, она должна обеспечить плавный переход в пределах заданных допусков, что вызывает определенные сложности ее реализации.

В 1971–1972 г. в Славянском филиале ВНИИМетмаш (в настоящее время ГП «УкрНИИМеталлургмаш») был разработан эффективный способ удаления облоя, а также созданы устройство и инструмент для его осуществления. Достоинством этого способа является гарантированное удаление облоя независимо от его размеров и различных отклонений (размеров и конфигурации сечения, серповидности и т. п.) проката, на котором расположен облой. Внедрение в промышленность этого способа потребовало проведения ряда научно-исследовательских работ, в которых были исследованы параметры процесса, определены требования к конструкции устройства, а также выявлена принципиальная возможность удаления облоя с различных профилей.

Первым объектом внедрения стал Череповецкий сталепрокатный завод, который обеспечивал потребности АвтоВАЗа в специальных сдвоенных, так называемых, профилях «дверной петли» (см. рис. 2, 3).

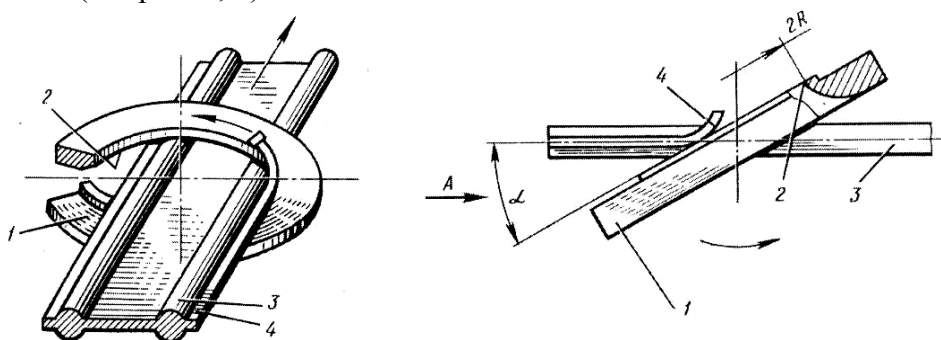


Рис. 2. Схема способа удаления облоя с профилями «дверной петли»:

1 – ротационный кольцевой нож; 2 – режущая кромка; 3 – обрабатываемый профиль; 4 – облой

Новый способ удаления облоя внедрен на заводе турбинных лопаток (г. Санкт-Петербург), на Ижевском заводе, а также на одном предприятии в Германии.

Сущность нового способа удаления облоя заключается в том, что изделие проходит через кольцевой нож, режущая кромка которого перемещается относительно изделия, при этом обеспечивается полное удаление облоя за один проход без повреждения поверхности профильного проката за счет специальной формы внутренней поверхности ножа.

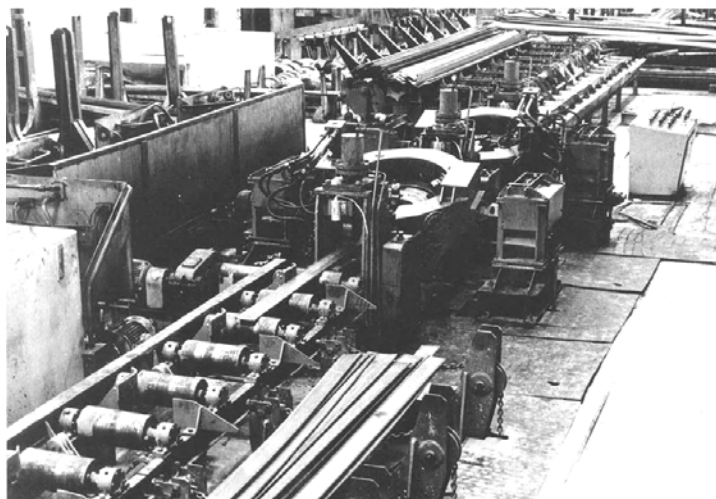


Рис. 3. Агрегат по удалению облоя Череповецкого сталепрокатного завода

Прокатывая профили с облоем, т. е. с гарантированным заполнением калибров, можно:

- 1) получить горячекатаный профиль, точность которого близка точности холоднокатаного;
- 2) уменьшить число проходов при прокатке, производя ее с переполнением калибров;
- 3) заменять одну операцию другой, более производительной, например, волочение – холодной прокаткой, прессование – горячей прокаткой и т. д.
- 4) упростить требования к горячекатаным заготовкам, т. к. холодная прокатка с облоем менее чувствительна к различным отклонениям исходного профиля, чем волочение.

Основными геометрическими характеристиками процесса и инструмента являются диаметр режущей кромки ротационного кольцевого ножа, форма его внутренней поверхности и угол наклона. Режущая кромка теоретически контактирует с поверхностью профиля только в вершине A образуемого ею эллипса (рис. 4).

Расхождение ветви эллипса режущей кромки радиусом R от окружности сечения профиля радиусом r и, соответственно, величина неудаляемой части облоя шириной b зависят от его толщины H и, соответственно, радиусов кривизны режущей кромки и изделия в зоне обработки. При совпадении этих радиусов и толщине облоя H , величина которого практически не более 4 мм, облой удаляется полностью, т. к. величина расхождения режущей кромки и обрабатываемой поверхности Δx на несколько порядков ниже допуска на размер.

Для режущей кромки $R = 150$ мм при обработке профиля $r = 7 \pm 0,2$ (см. рис. 2) и установке ротационного кольцевого ножа под необходимым углом в диапазоне толщин $H = 0,4\text{--}4$ мм теоретическая величина Δx изменяется в пределах от $0,58 \cdot 10^{-6}$ до $0,86 \cdot 10^{-42}$ мм.

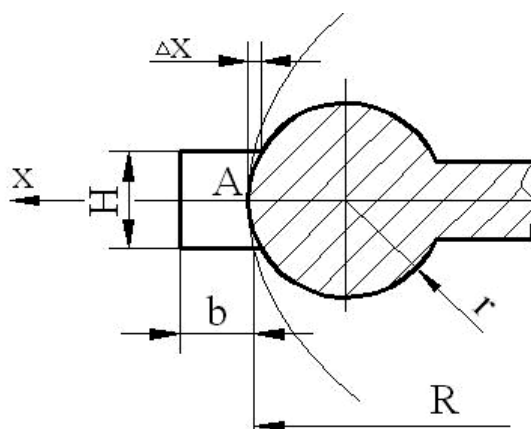


Рис. 4. Схема расчета величины неудаляемого облоя

Большое значение имеет форма внутренней поверхности ротационного кольцевого ножа, которая должна, прежде всего, обеспечить прохождение изделия сквозь инструмент.

Оптимальной является поверхность вращения 2-го порядка, меридиальная поверхность которой [1] описывается в параметрической форме уравнениями:

$$x_R = \frac{R-r(1-\sin \rho)}{\sin \rho} \cdot \sqrt{1-\cos^2 \rho \cdot \cos^2 \alpha}; \quad (1)$$

$$y_L = (R-r) \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \cdot \operatorname{ctg} \rho - r \cdot \cos \alpha \cdot \cos \rho, \quad (2)$$

где x_R, y_L – текущие координаты образующей внутренней поверхности; ρ – параметр сечения обрабатываемого изделия в точке касания с внутренней поверхностью инструмента.

Наиболее эффективным результатом применения поверхности 2-го порядка является то, что она исключает врезание режущей кромки в поверхность профиля, на которой расположен облой, т. е. обеспечивает полное его удаление без повреждения основного металла.

В 2007–2008 г. в ГП «УкрНИИМеталлургмаш» были проведены экспериментальные работы по удалению облоя на холоднокатаных профилях Череповецкого метзавода и на горячекатаных профилях, выпускаемых другими российским предприятием. Результаты этих работ позволили выявить ряд существенных отличий в режимах и параметрах процесса. При одинаковых параметрах профиля режущего ножа, углах наклона и усилия прижатия его к профилю, облой с горячекатаного профиля удаляется с повреждением основного металла, т. е. нож врезается в профиль неравномерно, что недопустимо (рис. 5), при этом образуется спирально-винтовая, непредсказуемосходящая с профиля стружка (рис. 6).

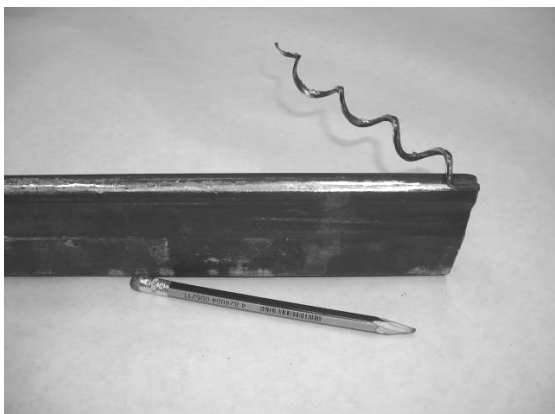


Рис. 5. Неравномерное врезание ножа в металл

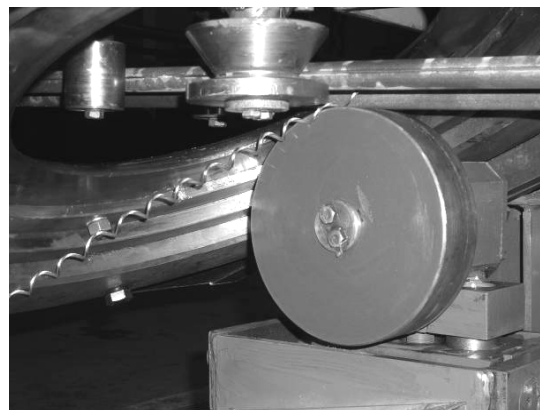


Рис. 6. Непредсказуемосходящая с профиля стружка

По результатам экспериментов определены оптимальные параметры ножа (рис. 7) и режимы удаления облоя с различных горячекатаных профилей (рис. 8).

Усилие резания P (рис. 9) определено по известной зависимости [2], уточненной для условий удаления облоя:

$$P = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times \frac{2 - \varepsilon_n}{2 \operatorname{tg} \alpha} \times \varepsilon_n \times \sigma_6 \times H^2, \quad (3)$$

где $K_1 = \frac{\tau \max}{\sigma_b}$ – коэффициент, равный отношению максимального сопротивления

срезу к пределу прочности; K_2 – коэффициент затупления ножа; K_3 – коэффициент, учитывающий работу по отгибу облоя; K_4 – коэффициент, учитывающий радиус закругления в месте перехода облоя в поверхность профиля; ε_n – коэффициент надреза; σ_6 – предел прочности; F_m – тянущее усилие; P_r^I – горизонтальная составляющая усилия резания; F_{mp}^I –

тянущее усилие от трения поверхности ножа по облою; N – плечо опрокидывания профиля на опорном ролике.

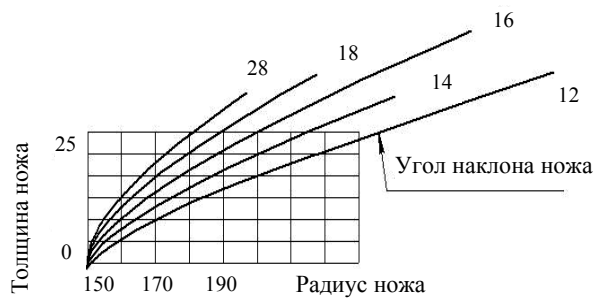


Рис. 7. Профили ножа в зависимости от угла его наклона (12° – 20°)

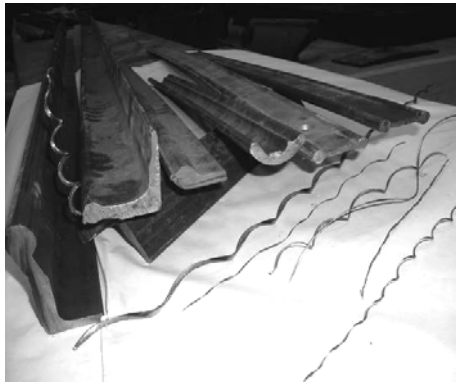
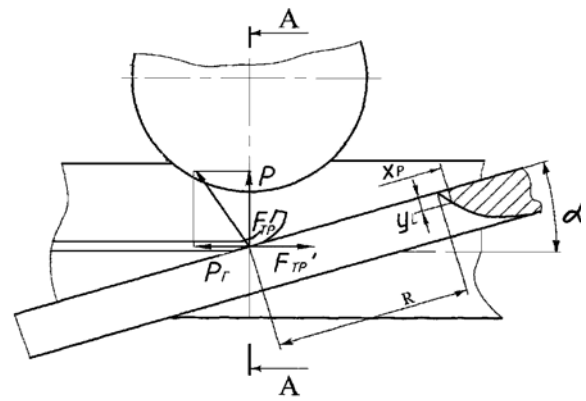


Рис. 8. Горячекатаные профили и стружка снятого с них облоя

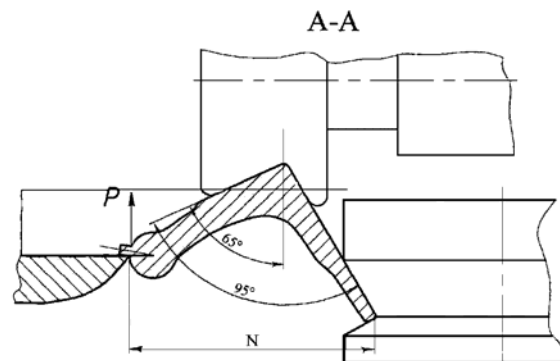


Рис. 9. Расчетная схема усилия резания

Исследования позволили разработать проект, а также изготовить машину для снятия облоя МСО-1 (рис. 10), которая после наладки и испытания с 2008 года эксплуатируется на одном Российском предприятии.

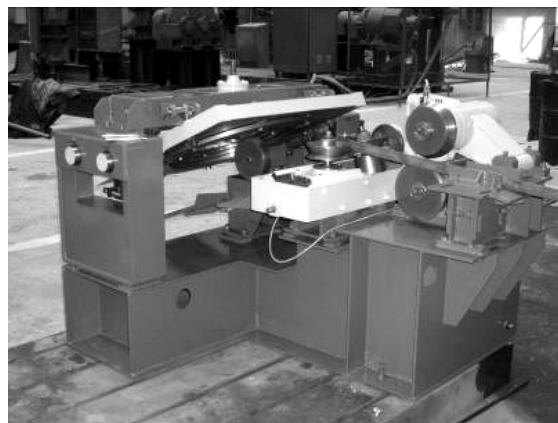
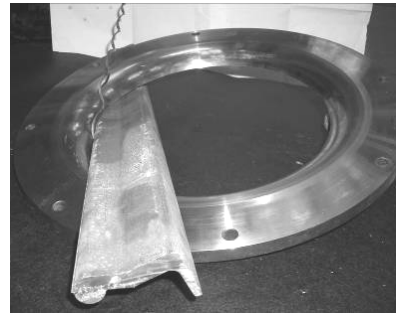
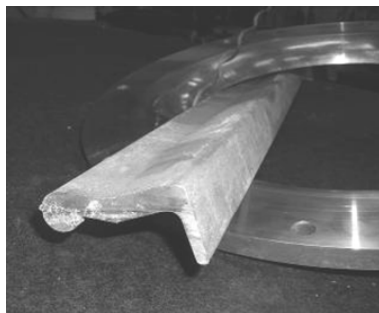


Рис. 10. Машина для снятия облоя МСО-1

Внедрение МСО-1 позволило снимать облой на горячекатаных профилях с технологической скоростью до 1 м/с за один проход без повреждения основного металла профиля одним универсальным ротационным ножом.

Машина МСО–1 работает в наладочном и полуавтоматическом режиме, технологические параметры (скорость вращения ножа и усилие его прижима к профилю плавно регулируются, что позволяет освоить снятие облоя с других профилей).

Отличительной особенностью конструкции машины является то, что профиль в процессе снятия облоя перемещается без приложения к нему внешнего тянущего усилия.

Накопленный ГП «УкрНИИМеталлургмашем» опыт позволяет разрабатывать оптимальные технологии прокатки фасонных прокатных профилей за счет гарантированного качественного снятия с них облоя.

ВЫВОДЫ

1. Анализ существующих технологических схем производства точных фасонных профилей и тенденций развития этого производства показывает, что применение процесса высокопроизводительного и качественного снятия облоя позволяет упростить и удешевить освоение новых фасонных профилей за счет:

- сокращения числа проходов при прокатке;
- более точного выполнения конфигурации профилей и сужения поля допусков размеров;
- замены операций формообразования более производительными, например, холодную прокатку – горячей или волочение – холодной прокаткой.

2. Возможность эффективного удаления облоя с одновременным образованием фаски или скругления заданным радиусом позволит расширить сортамент и объемы производства фасонных профилей с несимметричным поперечным сечением сдвоенной прокаткой и последующим разделением.

Несмотря на достаточно широкую универсальность способа удаления облоя, при его внедрении необходимо учесть, что:

- не все профили целесообразно прокатывать с облоем и не с любых он может быть удалён;
- аналитический способ проверки принципиальной возможности снятия облоя не учитывает ряд факторов, поэтому необходимо проведение экспериментальных работ, подтверждающих возможность качественного его удаления;
- проводимые ранее исследования проводились в основном на холоднокатаных фасонных профилях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маскилейсон А. М. Трубоправильные машины / А. М. Маскилейсон, В. И. Сапир, Ю. С. Комисарчук. – М.: Машиностроение, 1971. – 208 с.
2. Королёв А. А. Механическое оборудование прокатных цехов чёрной и цветной металлургии / А. А. Королёв. – М.: Металлургия, 1978. – 544 с.

- Коваленко С. В. – директор ГП «УкрНИИМеталлургмаш»;
Гашимов Э. В. – гл. инженер ГП «УкрНИИМеталлургмаш»;
Пастернак В. В. – зав. отделом ГП «УкрНИИМеталлургмаш»;
Шпак А. Н. – зав. отделом ГП «УкрНИИМеталлургмаш»;
Крамчанинов В. М. – ведущий конструктор ГП «УкрНИИМеталлургмаш»;
Иванов А. А. – аспирант ДГМА.

ГП «УкрНИИМеталлургмаш» – Государственное предприятие «Украинский научно-исследовательский институт металлургического машиностроения», г. Славянск;

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: vniimet@ukr.net
amm@dgma.donetsk.ua