

ПЛЕСНЕЦОВ Ю.А., канд. техн. наук, зав. кафедрой «ОМД» НТУ «ХПИ»
ГОРОБЕЙ Н.Р., студентка, НТУ «ХПИ»
КОВОРТНЫЙ Т.Л., ассистент, НТУ «ХПИ»

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ ПРОКАТА В УКРАИНЕ

Выполненный анализ известных технических решений показал, что они не позволяют на их основе разрабатывать промышленную технологию прокатки полосовых бичевых профилей и не позволяют обеспечить получение требуемых механических свойств готового проката. Для разработки современной технологии производства периодических полосовых профилей с поперечным оребрением, необходим комплекс исследований, которые обеспечат разработку новых способов производства высококачественных периодических профилей с требуемой геометрией и механическими свойствами за минимальное количество пропусков.

Виконаний аналіз відомих технічних рішень показав, що вони не дозволяють на їх основі розробляти промислову технологію прокатки полосових бичових профілів та не дозволяють забезпечити отримання механічних властивостей готового прокату за вимогами. Для розробки сучасної технології виробництва періодичних полосових профілів з поперечним оребренням є необхідним комплекс досліджень, котрі забезпечать розробку нових засобів виробництва високоякісних періодичних профілів з геометрією та механічними властивостями за вимогами та за мінімальну кількість пропусків.

The completed analysis of known technical solutions has shown that they do not allow developing of an industrial technology of cold roll forming of stripped whip roll forms basing on them and do not allow to gain required mechanic properties of final roll forms. To develop the modern technology of production of periodic stripped roll forms with cross ribbing the complex of researches to provide the development of new production capabilities of high quality periodic roll forms with required geometrical and mechanic properties by minimal quantity of passes is required.

В настоящее время актуальной научно-технической проблемой прокатного производства является его техническое перевооружение и переход на передовые менее энергоемкие, более технологичные, полностью автоматизированные технологии, которые обеспечат получение высококачественной металлопродукции, отвечающей по своим механическим свойствам и геометрическим размерам лучшим мировым стандартам. Одной из главных задач технического перевооружения прокатного производства является удовлетворение потребности экономики Украины в металлопродукции требуемого сортамента.

Цель работы – анализ современного состояния производства периодических профилей проката в Украине.

Сортамент периодических профилей

В сортаменте периодических профилей можно выделить четыре основных класса [1-3]:

- профили с односторонним периодом, имеющие элементы только на верхней или нижней их половине;
- профили с двусторонним совпадающим периодом и свободным уширением, имеющие элементы на верхней и нижней половинах;
- профили с двусторонним совпадающим периодом и заусенцами, прокатываемые с большими вытяжками;
- профили с двусторонним совпадающим периодом без свободного уширения и без заусенцев.

Периодические профили с поперечным оребрением относятся к первому классу, поскольку оребрение выполняется только с одной стороны профиля. К

этому классу относятся также различные монорельсовые рейки, зубчатые рейки различных модулей и бичевые профили.

Рейка для монорельсового подъемника (рис. 1) имеет значительные перепады высоты по длине профиля. Отношение максимальной высоты к минимальной составляет 4,5. В связи с этим, основное внимание при прокатке этих профилей направлено на ограничение ширины полосы в местах максимального обжатия.

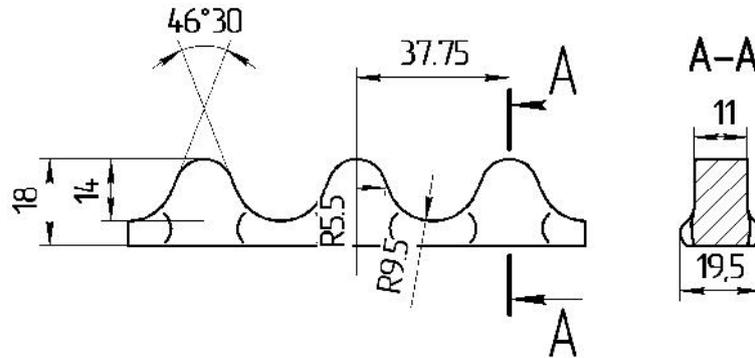


Рис. 1. Рейка для монорельсового подъемника

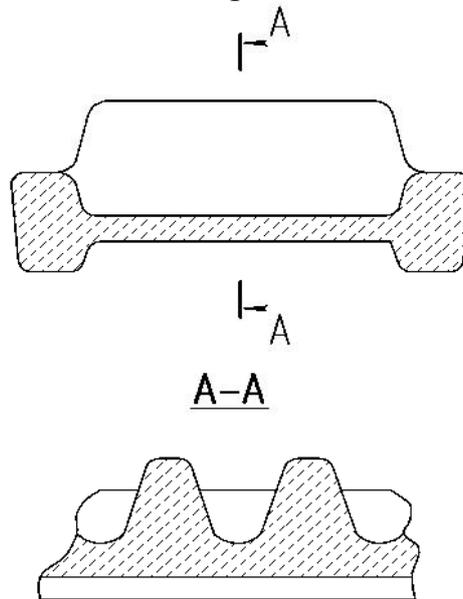


Рис. 2. Зубчатая рейка

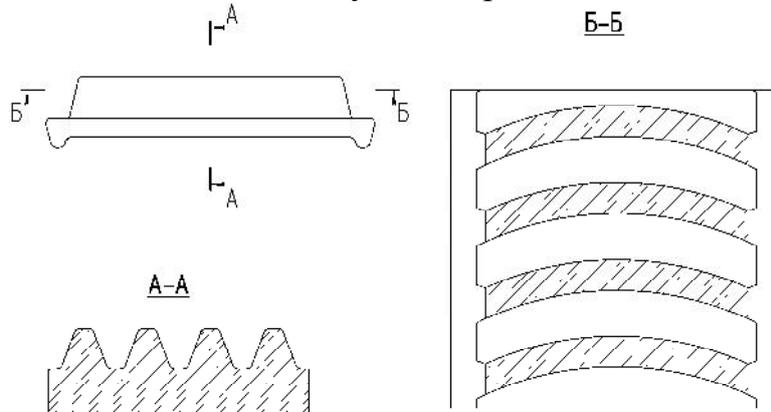


Рис. 3. Зубчатая рейка с арочным зацеплением Новикова

Зубчатые рейки обычно имеют оребрение, выполненное в виде прямого эвольвентного зацепления с различной величиной модуля (рис. 2). Чаще всего встречаются модули 6, 8, 16 и 24. Основное различие в их конструкциях – наличие или отсутствие беговых дорожек (буртов).

Известна также конструкция зубчатых реек с арочным зацеплением Новикова (рис. 3). Особенностью прокатки зубчатых реек является неравномерность обжатия: относительное обжатие полосы по впадине 4...5-ти кратное, тогда как относительное обжатие по вершине зуба минимальное [4]. Кроме того, зубчатые рейки представляют собой профиль с резким поперечным оребрением, поскольку угол наклона граней зуба к оси прокатки равен 70° .

Прокатка таких профилей сопровождается непрерывным изменением во времени обжатий на различных участках длины геометрического очага деформации, которая в свою очередь также переменна.

Изменение объема металла, находящегося в очаге деформации, и обжатия при постоянном значении толщины исходной заготовки и постоянной угловой скорости валков должно вызывает изменение опережения и, как следствие, скорости выхода металла из валков. В этом и есть основное отличие совместного движения шестерни и рейки при их работе в зубчатом зацеплении. Избыток объема металла при изготовлении зубчатых реек в машиностроении удаляют посредством механической обработки (строгания, долбления, фрезерования). При прокатке указанный объем металла вызывает переполнение профиля и, как правило, искажение передней грани зуба, которая в момент выхода из валков не контролируется ручьем валка. Задняя грань на протяжении всего цикла формирования зуба контактирует с передней гранью инструмента и повторяет его конфигурацию. При разработке технологии прокатки зубчатых реек и калибровки валков для ее реализации стараются прокатывать профиль за минимально возможное число проходов во избежание охлаждения раската перед чистовым проходом ниже 1080°C , поскольку ниже этой температуры начинает сказываться существенное увеличение сопротивления деформации металла, тогда как в интервале $1230...1080^\circ\text{C}$ этот показатель для сталей 30ХГСА и 30ХМА – материал из которого изготавливаются зубчатые рейки – практически не изменяется. При прокатке обязательно производят со смазкой чистового калибра.

Изготовление зубчатых реек на современном зуборезном оборудовании является дорогостоящим процессом и сопровождается потерями в стружку до 30...40% металла. Кроме того, изготовление зубчатых реек является и не технологичным процессом, вследствие требуемой значительной (до 2,5 м) длины готовых реек. Поэтому наиболее целесообразно получение таких профилей все-таки методом продольной прокатки, поскольку периодический прокат на 30...40% дешевле соответствующих поковок [5].

В настоящее время в отечественном комбайностроении и в комбайностроении стран СНГ применяется полосовой бичевой профиль по ГОСТ 12492.6 (рис. 4).

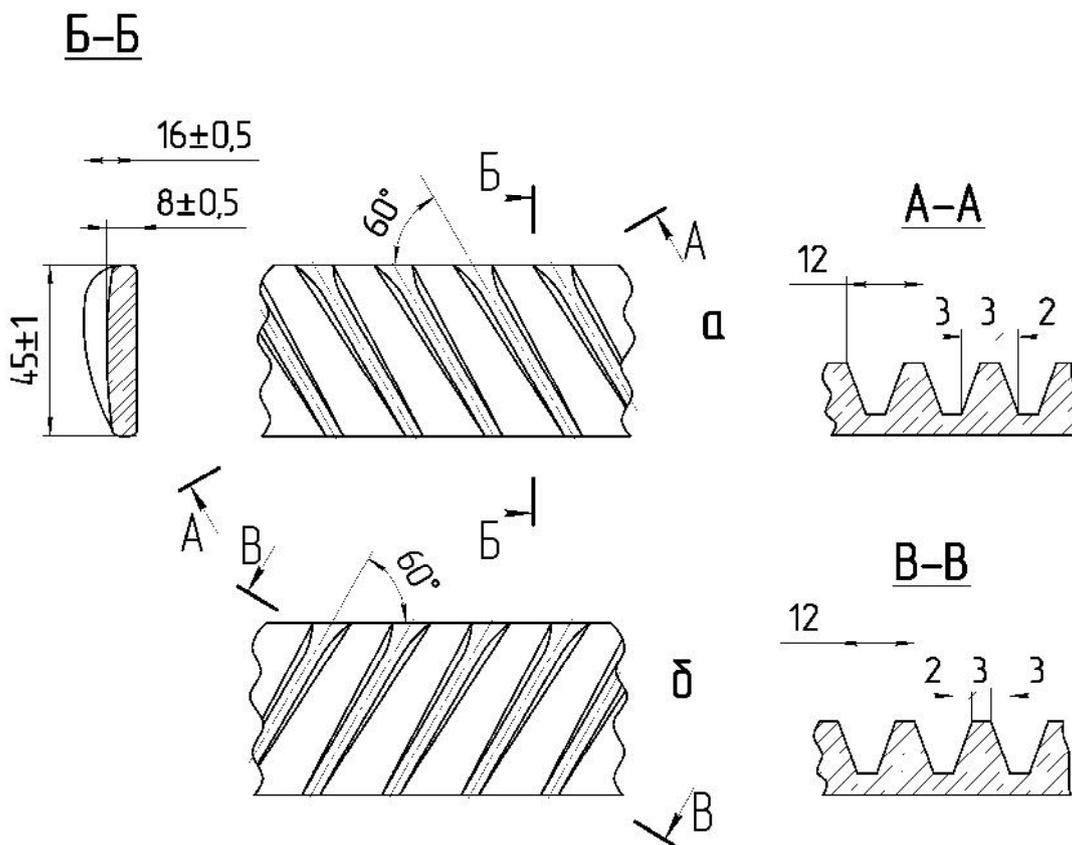


Рис. 4. Профиль полосовой бичевой

Бичевой профиль имеет периодический контур только по верхней стороне профиля и постоянную ширину по всей длине полосы. Шаг выступов на верхней стороне профиля 12 мм. В отличие от зубчатой рейки, оребрение выполнено под углом 60° к продольной оси профиля. Причем это оребрение имеет как правостороннее, так и левостороннее направление. Такое косорасположенное оребрение приводит к неравномерности деформации не только по длине профиля, но и по его ширине. Бичевые профили изготавливаются из стали 50Г. При изготовлении молотильного барабана зерноуборочного комбайна, полосовые профили крепятся к круглым дискам (в свою очередь посаженным на вал) с помощью коробчатого профиля – подбичника. Такая конструкция узла трудоемка при изготовлении и наладке (балансировке готового барабана) при создании нового комбайна в условиях машиностроительного завода, и очень не технологична при замене этих бичей при эксплуатации из-за их выработки (износа) ребер в условиях агропромышленных комплексов.

Все остальные зарубежные комбайностроительные предприятия работают только с применением в своих комбайнах угловых бичевых профилей с оребрением по одной полке (рис. 5), которые обладают рядом преимуществ по сравнению с применением полосовых бичевых профилей. Главным преимуществом этих профилей является цельность конструкции, отсутствие подбичников, что упрощает сборку молотильного барабана и позволяет достичь снижения его веса. Кроме того, у этих бичей [6, 7] увеличена рабочая поверхность за счет выполнения рабочей поверхности ребер по кривой второго порядка.

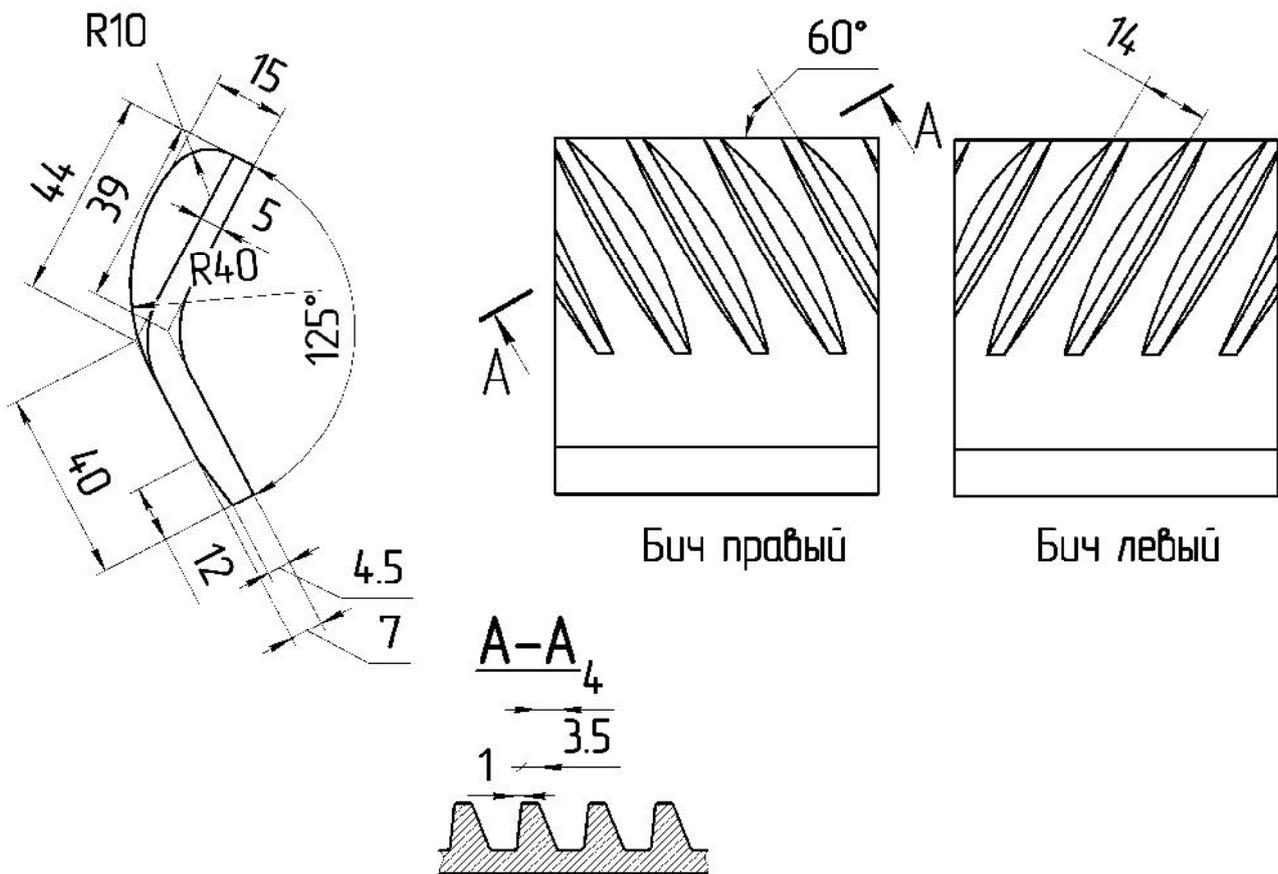


Рис. 5. Профиль угловой бичевой с оребрением по одной полке

Известна перспективная конструкция углового бичевого профиля \8\, которая отличается наличием на «вспомогательной» (наклонной по установке на барабане) полке, так же как и на основной, оребрения (рис. 6). Это оребрение способствует созданию особых аэродинамических условий при обмолоте, способствующих повышению пропускной способности барабана. Конструкция углового бичевого профиля с оребрением по обеим полкам наиболее технологична с точки зрения их производства методом продольной прокатки. Профиль в валках чистовой клетки располагается симметрично относительно вертикальной оси, проведенной через вершину угла бичевого профиля. Уменьшается неравномерность раската по ширине калибра. Наличие ребер на «вспомогательной» полке улучшит условие охлаждения профиля на холодильнике.

В настоящее время производство полосовых бичевых профилей на металлургических предприятиях Украины отсутствует. Это объясняется одной причиной – отсутствием технологии их производства. Применяемая ранее технология прокатки, как уже отмечалось выше, не позволяла обеспечить получение качественного проката без отрыва и залипания зуба профиля в валках чистового калибра стана и тем самым снижения производительности стана и увеличению себестоимости прокатки самого профиля.

Производство угловых бичевых профилей налажено только за рубежом, причем их основным поставщиком и производителем является фирма «Spenser Clark» (Англия).

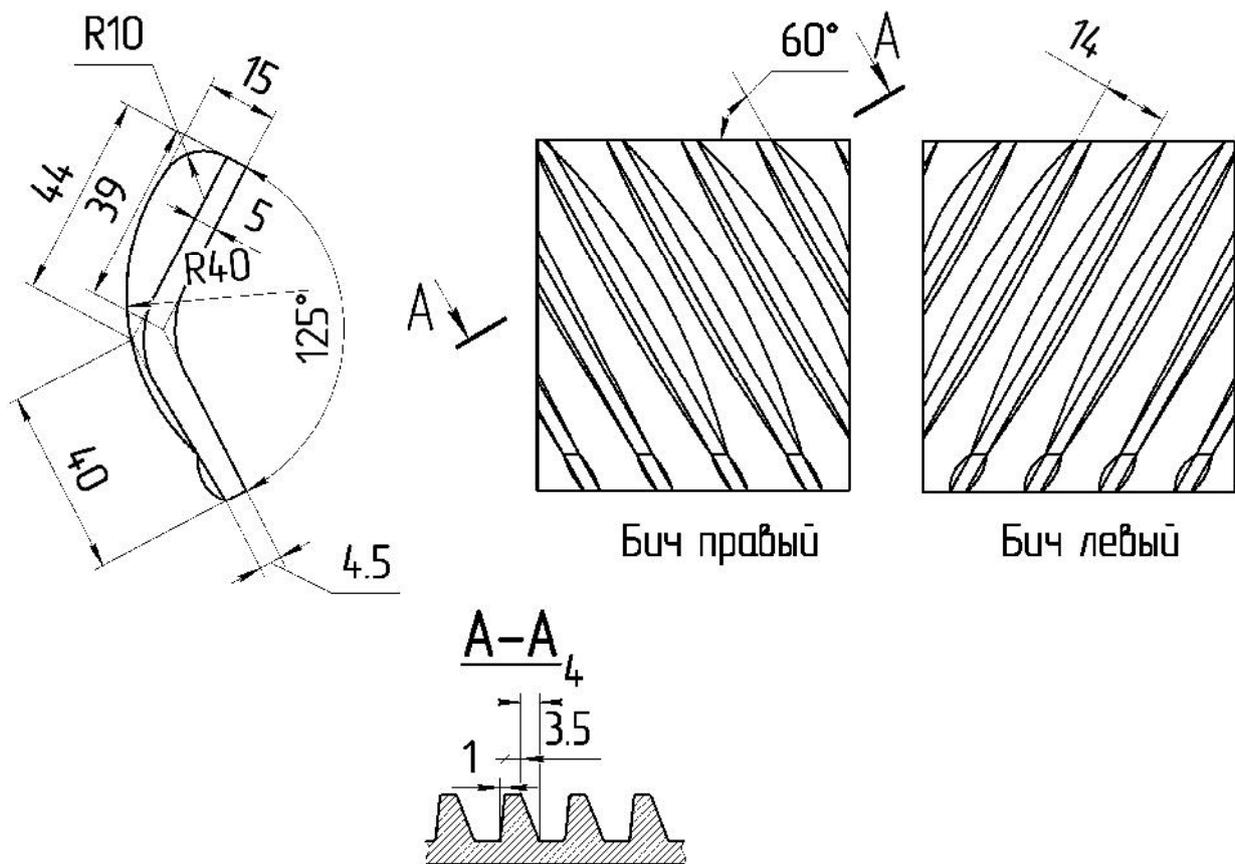


Рис. 6. Профиль угловой бичевой с оребрением по обеим полкам

Поскольку Украина относится к странам с высокоразвитым агропромышленным комплексом, одним из основных направлений деятельности ее является выращивание зерновых культур, уборка которых требует применения зерноуборочной техники – комбайнов. Поэтому актуальной и важнейшей задачей перед металлургической промышленностью является разработка новой технологии производства бичевых профилей с улучшенными механическими характеристиками. Причем разработка технологии производства полосовых бичевых профилей является первоочередной задачей, так как именно на этих профилях работают все отечественные комбайностроительные заводы. В последующих работах целесообразно разработать и технологию производства угловых бичевых профилей, поскольку все импортные комбайны, используемые в Украине, работают только на таких профилях и в скором времени их сработанные молотильные агрегаты потребуют замены и как следствие импортных закупок изношенных запчастей. Количество импортных комбайнов, имеющих в хозяйствах Украины, составляет ~ 35тыс. шт.

Производство угловых бичевых профилей налажено только за рубежом, причем их основным поставщиком и производителем является фирма «Spenser Clark» (Англия).

С учетом изложенного, проведение исследований по разработке технологии, исследование основных параметров прокатки полосовых бичевых профилей является важной и актуальной задачей.

Анализ способов производства периодических профилей проката

Имеется целый ряд технических решений, направленных на получение периодических профилей с поперечным оребрением методом холодной накатки. Сущность этих решений заключается в накатывании поперечных ребер на профиле двумя зубчатыми рейками [9, 10]. Рейки движутся в противоположных направлениях на вращающейся заготовке или с помощью роликов [11], расположенных в плоскости поперечного сечения заготовки.

Данные технические решения обладают рядом существенных недостатков: - сложность изготовления самого инструмента (накатной головки, зубчатых реек – матриц и т.д.):

- низкая производительность самого процесса;
- возможность получения зубчатых реек с модулем не более 5 мм.

Известно производство зубчатых реек с помощью газовых резаков [12] путем вырезания требуемых выступов – ребер на заготовке. Однако, ввиду плохого качества поверхности ребер. Большой себестоимости, малой производительности и не технологичности. Данный способ применяют для изготовления реек неотчетливых зацеплений и в небольших объемах.

Особый интерес представляют способы производства периодических профилей с поперечным оребрением, основанные на использовании продольной прокатки. Из всего многообразия технологических процессов [4, 5] можно выделить несколько основных направлений их развития – это прокатка на плите [13-15], прокатка с обеспечением надлежащих условий деформации металла путем усовершенствования рабочего инструмента [16-22] и прокатка профилей за один проход в периодическом калибре [23].

Технология прокатки на плите [13-15] заключается в прокатке нагретой заготовки между валками и калибрующей плитой. Плита устанавливается перед подачей в зону деформации и подтормаживается [13] или перемещается прикладыванием регулируемого по величине осевого усилия, направленного против хода прокатки [14]. Применяют вместо плиты саму заготовку, т.е. заготовки складывают попарно в пакет и деформируют, причем температура одной из заготовок в 1,04...1,14 раз больше температуры другой [15]. Недостатком описанных технологических процессов [13-15] является сложность проектирования и эксплуатации оборудования при их реализации и малая производительность процесса.

Известен способ прокатки профилей с заусенцами [16], согласно которому, в зоне образования заусенцев сообщают скорость в 1,01...1,04 раза большую скорости металла в зоне деформации.

Отдельными техническими решениями предлагается перед задачей в валки боковые участки заготовки подогревать [17] или охлаждать [18] до получения перепада температур от 20°С до 200°С. Однако, реализация этих решений [16-18] требует разработки специального оборудования, что усложнит конструкцию прокатных клеток.

Известны также технические решения, в которых при прокатке в зоне перехода от большего обжатия к меньшему и на участках с постоянным обжатием осуществляют торможение деформируемого металла путем нанесения выступов и углублений на прокатываемую заготовку, высотой равной 0,1...0,5

допуска на высоту профиля [19] или на участке с убыванием обжатия увеличивают усилие прокатки на величину, равную $0,5 \dots 1,0$ разности усилий прокатки на участках с нарастанием и убыванием обжатия [20].

Нанесение дополнительных выступов или впадин усложнит конфигурацию профиля и снизит качество поверхности получаемого профиля. Для применения второго способа потребуется дополнительное синхронизирующее устройство и новое техническое решение, обеспечивающее получения постоянной толщины полотна профиля.

Способом продольной прокатки зубчатых профилей [21] предусмотрено после завершения формирования полного профиля зуба осуществлять пластический изгиб головки зуба, что выполнить на существующем оборудовании затруднительно.

Представляет интерес способ получения зубчатых реек [22] путем прокатки заготовки между одним зубчатым и несколькими гладкими валками, образующими постепенно уменьшающийся по высоте калибр. Однако реализация этого способа требует решения вопроса стабилизации вытяжки металла по периметру бандажа на различных участках профиля.

Наиболее перспективной представляется прокатка периодических профилей в двухвалковых калибрах за один проход [23]. Однако, при расчете бандажей необходимо учитывать различные параметры процесса деформации. Выполнение бандажей контррифлеными не позволит получить требуемую геометрию профиля.

Известен также способ прокатки изделий с шагом оребрения меньшим длины очага деформации, гладкий не приводной валок выполняют меньшего диаметра и к нему прикладывают тормозящий момент [24]. По мнению авторов это должно обеспечить выход готового раската из периодического ручья без загиба. Однако, вследствие большой степени деформации в чистовом периодическом калибре и при подтормаживании нижнего валка захват металла будет затруднен.

При прокатке периодических профилей предусматривают подачу в очаг деформации со стороны гладкого валка жидкости, повышающей коэффициент трения, с одновременной подачей технологической смазки со стороны калиброванного валка [25, 26] или предлагают, с целью лучшего обеспечения выполнения ребер на профиле, прикладывать высокочастотные колебания к боковым поверхностям заготовки непосредственно в зоне деформации.

Известен способ продольной прокатки периодических профилей, согласно которому контролируется натяжение полосы между последними двумя клетями стана, при этом отношение напряжений натяжения к сопротивлению металла пластической деформации находится в пределах $0,05 \dots 0,1$, что обеспечивает определенную величину скольжения заготовки [27].

Известно и техническое решение по непрерывной формовке поперечных ребер жесткости в полосовом материале [28]. Однако, получение профилей с большим перепадом высот этим способом затруднительно.

Предлагается способ прокатки реечных профилей с трапецеидальной формой зуба [29], согласно которому накатка зубчатого профиля на полосе

осуществляется в ребровом калибре с кантовкой полосы на 90° , что требует из-за большой энергоемкости периодических профилей создания специальных клетей повышенной жесткости.

Ранее применяемая технология прокатки полосовых бичевых профилей на стане 360 предусматривала прокатку фасонной заготовки (подката) с последующим выполнением оребрения за один проход в чистовом периодическом калибре. При этом применяемая технология не позволяла обеспечить стабильный прямолинейный выход готового проката из чистового калибра, что приводило к окову валка с периодическим ручьем или отрыву зуба с готового проката с его залипанием в калибре (в теле) зубчатого валка. В связи с тем, что длина готового профиля превышает окружную длину валка в несколько раз, залипший оторванный элемент профиля отпечатывался при последующем заходе в очаг деформации на готовом прокате в виде невыполненного профиля ребра и таким образом прокатанный профиль переводится в брак. При этом требовалась полная остановка стана для очистки зубчатого валка от этого залипшего элемента. Исходя из изложенного, конструкция чистового калибра для прокатки бичевых профилей предусматривала применение не цельнолитых валков, а бандажированных. На одном валу располагалось 4 бандажа с периодическими ручьями. В этом случае, при залипании одного ручья, прокат перенаправлялся для прокатки в другой ручей. Когда все калибры залипали, следовала опять остановка стана и перевалка залипшего валка или его очистка на месте после охлаждения. Такая прокатка бичевых профилей была нетехнологична, экономически не оправдана и требовала проведения дополнительных исследований с целью ее корректировки.

Проведенный анализ [30] известных технических решений показал, что они не позволяют на их основе разрабатывать промышленную технологию прокатки полосовых бичевых профилей - профилей с односторонним оребрением и не позволяют обеспечить получение требуемых механических свойств готового проката в местах наибольшего износа профилей в процессе эксплуатации. Термообработка с прокатного нагрева нецелесообразна из-за необходимости последующей механической обработки профилей, так для полосовых бичевых профилей нужна пробивка отверстий для их применения (крепления к дискам молотильного барабана) [31]. Термообработка после прокатки и пробивки отверстий связана с большими дополнительными затратами.

Заключение

Таким образом, выполненный анализ научно-технических и патентных источников информации позволил установить:

1. Для разработки современной технологии производства периодических полосовых профилей с поперечным оребрением, необходимо выполнить комплекс исследований, которые обеспечат разработку новых способов производства высококачественных периодических профилей с требуемой геометрией и механическими свойствами за минимальное количество пропусков.

2. Проведенный анализ известных технических решений показал, что они не позволяют на их основе разрабатывать промышленную технологию прокатки

полосовых бичевых профилей и не позволяют обеспечить получение требуемых механических свойств готового проката.

Список литературы: 1. Портнов М.Л. Зерноуборочные комбайны. — М.: Афопромиздат, 1986. 2. Смирнов В.С., Дурнев В.Д, Кашевский Н.П. Продольная периодическая прокатка. — М.: Машгиз, 1961. - 255 с. 3. Филипов Н.С. Продольная прокатка периодических профилей. — М.: Metallurgizdat, 1956. — 127 с. 4. Воронцов Н.М., Жадан В.Т., Грицук Н.Ф. и др. Периодические профили продольной прокатки (оборудование и технология). — М.: Metallurgiya, 1978. — 232 с. 5. Бахтинов В.Б., Бахтинов Ю.Б. Производство профилей переменного сечения. -М.: Metallurgiya, 1981. — 275 с. 6. Патент 3927679 (США). Рифленый бич молотильного барабана/Вильям Ашермен; - Заявл. 24.07.74; - Оpubл. 23.12.75, МКИ А 01 12/22. 7. Патент 3105496 (США). Молотильный барабан/Уильбер Вебер, Роббер Эштон; - Заявл. 21.09.60; -Оpubл. 01.10.63, НКИ 130-27. Воронцов Н.М.,Биллер В.В., Грицук Н.Ф. и др. Периодические бичевые профили для молотильных агрегатов. УкрНИИМет, Харьков, 1984, 11 с. (Рукопись деп. В Черметинформации 19.03.85 г., № 2817 4М-85 ДЕП). 8. А.с. 1029888 (СССР). Бич молотильного барабана/ГСКБ г. Таганрог, Ю.Н. Ярмашев, Е.Г. Казначеев и др.- Заявл. 18.06.80;- Оpubл. в Б.И., 1983, №27, с.14. 9. Накатывание способом Roto Flo. Wirthaftliche Kaltumformung mittels Roto Flo-Verfahren. Hermann Kiihnel. “Techn. — Rept. — Spez.”, 1982; №9А, 56-58 (нем.). 10. А.с. 184802 (СССР). Способ накатывания зубьев реек/«Оргстанкинпром»; М.В. Хоруженко, В.Н. Пудиков, Т.М. Болотина и др.; - Заявл. 21.11.64; -Оpubл. в Б.И., 1966, №16. 11. Холодное накатывание зубьев, резьбы и других асимметричных профилей. Kiihnel H.Kaltumformen var verzahnungen, Gewinder and anderer ratationsssymmetrischen Pratile. “ Werkstatung Betr.“ 1981, 114, №4, 261-264, 3,6 (нем.). 12. А.с. 4382-76 (ЧССР). Способ производства зубчатых реек для реечных холодильников прокатных станков. Sposob vyrobny rostnic chladiacich rastov valcavacich tratf. Topit Iozef, Antal Iozef, Weiss Pavol, Zvolensky Ladislav; Заявл. 02.07.72; - Оpubл. 15.12.81. 13. А.с. 821012 (СССР). Способ прокатки периодических профилей с односторонним периодом/ ДМетИ; В.С. Лиханский, В.А. Сорокин, А.Д. Размахин и др.; - Заявл. 22.12.78;- Оpubл. в Б.И. 1982, №10. 14. А.с. 912374 (СССР). Способ прокатки периодических профилей с односторонним периодом/ А.И. Аникеев, Ю.С. Кресанов, А.Г. Сочан и др.; - Заявл. 25.01.79;-Оpubл. в Б.И. 1982, №10. 15. А.с. 923691 (СССР).Способ продольной прокатки односторонних периодических профилей/ДМетИ; В.С. Лиханский, В.А. Сорокин, В.И. Еские и др.;-Заявл. 10.07.79;-Оpubл. в Б.И. 1982, №16. 16. А.с. 863112 (СССР). Способ продольной прокатки периодических профилей с заусенцами/ДМетИ; В.С. Лиханский, В.А. Сорокин, Г.Л. Лебедик и др.;-Заявл. 27.06.79;-Оpubл. в Б.И. 1981, №34. 17. А.с. 804147 (СССР). Способ прокатки периодических профилей с заусенцами/Всесоюзный проектно-технологический институт тяжелого машиностроения; И.А. Антипенко, А.А. Зезюлинский, В.А. Сорокин и др.; - Заявл. 30.03.79; -Оpubл. в Б.И. 1981, №14. 18. А.с. 821007 (СССР). Способ прокатки несимметричных периодических профилей/ДМетИ; В.С. Лиханский, В.Н. Поляков, А.А. Сорокин и др.;-Заявл. 02.11.78;-Оpubл. в Б.И. 1981, №14. 19. А.с. 633654 (СССР). Способ продольной прокатки периодических профилей/УкрНИИМет; Е.Н. Изотов, Н.Ю. Вавилов, Г.А. Сагитов; - Заявл. 08.02.74; - Оpubл. в Б.И. 1978, №43, с.34. 20. А.с. 816641 (СССР). Способ прокатки периодических профилей/В.А. Сорокин, А.Д. Размахин, С.А. Сорокин; - Заявл. 03.05.76; - Оpubл. в Б.И. 1981, №12, с.38. 21. А.с. 721211 (СССР). Способ продольной прокатки зубчатых профилей/ Барбарич М.В., Прокофьев А.И.;-Заявл. 25.07.78;- Оpubл. в Б.И. 1980, №10, с.38. 22. А.с. 204310 (СССР) .Способ получения зубчатых реек/Всесоюзный научно-исследовательский институт и проектно-конструкторский институт металлургического машиностроения; И.М. Капитонов, В.И. Зюзин;-Заявл. 12.10.66;-Оpubл. в Б.И. 1967, №22. 23. А.с.87005 (СССР). Устройство для изготовления листов постоянного и переменного сечения из легких сплавов и стали с ребрами жесткости/ Б.И. Матвеев, В.Ф. Калугин, С.В. Певзнер;-Заявл. 07.10.49;-Оpubл. в Б.И. 1965, №1. 24. А.с. 269121 (СССР). Способ прокатки изделий с односторонним поперечным оребрением/ А.М.Березко; - Заявл.17.06.63;-Оpubл. в Б.И. 1970, №15, с.16. 25. А.с. 880593 (СССР). Способ прокатки односторонних периодических профилей / ДМетИ; В.С.Лиханский, В.А.Сорокин,

А.Д.Размахнин и др.;-Заявл. 06.04.79;-Опубл. в Б.И. 1981, №42. **26.** А.с. 940981 (СССР). Способ прокатки профилей переменного сечения/ А.С.Сиднев, В.А.Борисов; - Заявл. 27.06.80;-Опубл. в Б.И. 1982, №25. **27.** Патент 54-81857(Япония). Способ продольной прокатки периодических профилей/ Сумитото киндзоку когё; Курокава Томоаки;-Заявл. 27.06.79;-Опубл. 23.01.81. **28.** Пат. 47-32194 (Япония). Непрерывная формовка поперечных ребер жесткости в полосовом материале/ Ф.Д.КРДМПСОН;-Заявл. 11.11.69;-Опубл. в 13.07.82. **29.** Пат. 4338807 (США). Способ прокатки речных профилей с трапецидальной формой зуба/ Заявл. 26.08.80; - Опубл. 13.07.82. **30.** Воронцов Н.М., Биллер В.В., Грицук Н.Ф. и др. Анализ способов производства профилей с поперечным оребрением. УкрНИИМет, Харьков, 1984, 9 с. (Рукопись деп. в Черметинформации 19.03.85, №2818М-85 ДЕП). **31.** Зерноуборочные комбайны «Дон». - М.:Агропромиздат, 1986, с. 47...52.