

ческая и горнорудная промышленность. – 2000. - № 8, 9. –с. 87-11. 2. Жучков С.М. Проблемы сортопрокатного и метизного переделов в научных исследованиях и разработках Института черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины // Удосканалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії та машинобудуванні. – Краматорск: ДДМА. – 2002. –с. 40-47. 3. Коновалов Ю.В. Черная металлургия Донбасса: ретроспектива – перспектива. // Удосканалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії та машинобудуванні. – Краматорск: ДДМА. – 2002. –с. 66-73. 4. Гулько В.И., Войцеховский В.А., Григорьев А.К. Производство профилей и проволоки в роликовых волоках. – Ижевск: «Удмуртия», 1989. – 132с. 5. Калибрование фасонных профилей. В.Н. Аргунов, М.З. Ерманюк, А.И. Петров, М.В. Харитонович. – М.: Металлургия, 1989. – 208с. 6. Создание энергосберегающего и экологически чистого участка подготовки металла для холодной деформации в профили простых и сложных сечений /С.М. Жучков, Е.В.Барышев, А.П.Лохматов, В.А.Луценко, К.Ю. Ключников // Наука та іновації. – 2009. № . – с. 7. Комплексная технология производства высокоточных профилей для изготовления высокостойких поршневых колец двигателей внутреннего сгорания С.М. Жучков, Ю.Н. Голованов, Е.В. Барышев, К.Ю. Голованов, К.Ю. Ключников / Збірник наукових праць "Металургійна наука – підприємствам Придніпров'я", другий випуск, Дніпропетровськ "Системні технології". - 2005. – С. 30-37. 8. Анализ напряженно-деформированного состояния металла металла при волочении круглой заготовки в свободно вращающихся валках с гладкой бочкой / С.М. Жучков, А.П. Лохматов, Ключников, Ю.В. Кармазина / Науковий журнал "Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні", № 1, Запоріжжя. – 2008. – С. 106-111. 9. Формирование структуры и свойств катанки при охлаждении высокоскоростным воздушным потоком / Марцинив Б.Ф., Горбанев А.А., Борисенко А.Ю. и др // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2001. – № 6. – С. 66 – 70. 10. Современные научные и технологические аспекты производства высокоэффективных видов катанки различного назначения / Луценко В.А., Парусов Э.В., Тищенко В.А, Кекух В.А, Сычков А.Б., Костенко Ю.Д. //Металлургическая и горнорудная промышленность. Дн-ск. – 2005. - №1. – С.58-73.

**УДК 621.771.63;621.981.3**

**ТРИШЕВСКИЙ О.И.**, докт. техн. наук, проф, ХНТУСХ им.П.Василенко,  
**ГОНЧАРЕНКО Е.А.**, аспирант, ХНТУСХ им.П.Василенко, г.Харьков  
**ПАЧКАЕВ Д.П.**, студент, ХНТУСХ им.П.Василенко, г.Харьков

### **НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБЛЕГЧЁННЫХ ПРОФИЛЕЙ ДЛЯ ТЕПЛООБМЕННИКОВ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ПРОМЫШЛЕННОМУ ПРОИЗВОДСТВУ**

Разработана и опробована новая технология изготовления облегчённых профилей для спиральных теплообменников, получен экспериментальный профиль. Рассмотрены результаты исследований усилий и крутящих моментов при формовке облегчённых панелей спиральных теплообменников, предложен состав оборудования специализированной линии для их производства.

Ключевые слова: валковая формовка, гофр, рифление, калибровка валков, энергосиловые параметры, специализированная установка, состав оборудования.

Розроблена та випробувана нова технологія виготовлення полегшених профілів для спіральних теплообмінювачей, отриманий експериментальний профіль. Розглянуті результати досліджень зусиль та моментів, що крутять, при формуванні полегшених панелей спіральних теплообмінювачей, запропонований склад обладнання спеціалізованої лінії для їх виготовлення.

Ключові слова: валкове формування, гофр, рифлення, калібрування валків, енергосилові параметри, спеціалізована установка, склад обладнання.

The results of researches of efforts and twisting moments are considered at manufacture of the facilitated panels spiral heat-exchangers and the structure of the equipment of the specialized line for their manufacture is offered.

Key words: cold roll forming, corrugation, spiral heat-exchangers, structure of the equipment, specialized line.

## 1. Введение

Одной из первоочередных задач, стоящих перед конструкторами при разработке машин и механизмов новой техники является, наряду с созданием рациональных конструкций, снижение металлоемкости изделий. Решение этой задачи позволяет, как повышать технико-экономические показатели создаваемых машин при их эксплуатации, так и рационально использовать не восполняемые природные ресурсы, например, железную руду, являющуюся исходным сырьем для производства стали – основного конструкционного материала современности.

## 2. Постановка проблемы

Задача снижения металлоемкости конструкций вызывает необходимость при их разработке использовать специальные технические решения, а также создавать технологии, позволяющие повысить прочность, жесткость и несущую способность новой техники.

Отмеченное в полной мере относится к конструкциям различного типа теплообменников, применяющихся в химическом машиностроении. В настоящее время наиболее распространены два вида теплообменников, используемых в котельных установках: трубчатые и регенеративные воздухоподогреватели.[1] Трубчатые теплообменники громоздки. Для уменьшения их габаритов необходимо переходить к трубам малого диаметра, что возможно до определенного предела, ниже которого возникают трудности технологического порядка.

Регенеративные теплообменники более компактные. Принцип их действия основан на прохождении потоков охлаждающей среды по каналам сердечника, находящегося в корпусе теплообменника. Известны конструкции спиральных теплообменников непрерывного действия, в которых охлаждающая среда подается в сердечник 1 через вводной штуцер 2, проходя между его каналами 3 охлаждается, передавая тепло стенкам и корпусу сердечника и охлажденная выходит через отводной штуцер 4 (рис. 1). Недостатком такой конструкции является ограниченная поверхность теплопередачи.

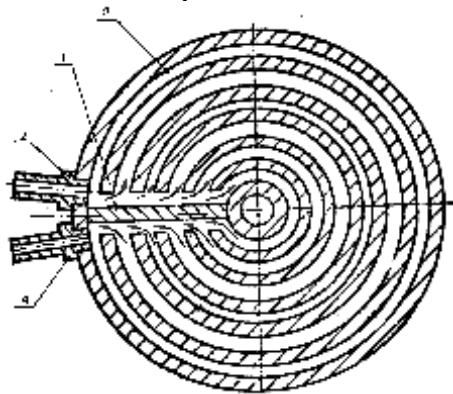


Рис. 1 Спиральный теплообменник непрерывного действия.

Одним из возможных путей усовершенствования таких теплообменников является увеличение поверхности теплообмена сердечника при одновременном снижении его веса, за счет уменьшения толщины стенки (перегородок).

В работах [2,3] приводятся результаты исследования технологии предварительного упрочнения участков листовой заготовки для изготовления швеллера, корытного и других типов

гнутых профилей за счет предварительной формовки на них рифлений.

Данная технология позволила вследствие деформационного упрочнения повысить предел текучести и временное сопротивление разрыву и за счет этого изготавливать профили на 20÷30% более легкие и равнопрочные обычным не упрочненным профилям. Использование подобной технологии позволяет, как снизить толщину листового материала, применяющегося для изготовления сердечника теплообменника за счет нанесения на его участках мелких рифлений, так и повысить теплоотдачу такого сердечника за счет увеличения площади его стенок.

Таким образом, для совершенствования конструкции и повышения эффективности работы регенеративных теплообменников необходима разработка новой технологии изготовления их сердечников. Такая технология должна предусматривать предварительную формовку за счет местной вытяжки металла на листовой заготовке в валках упрочняющих стенки сердечника и увеличивающих их площадь рифлений и последующую завивку гибкой упрочненной заготовки в двухвитковую спираль для образования непосредственно сердечника теплообменника.

В соответствии с габаритами существующих теплообменников была разработана конструкция профиля заготовки для изготовления его облегченного сердечника (рис. 2).

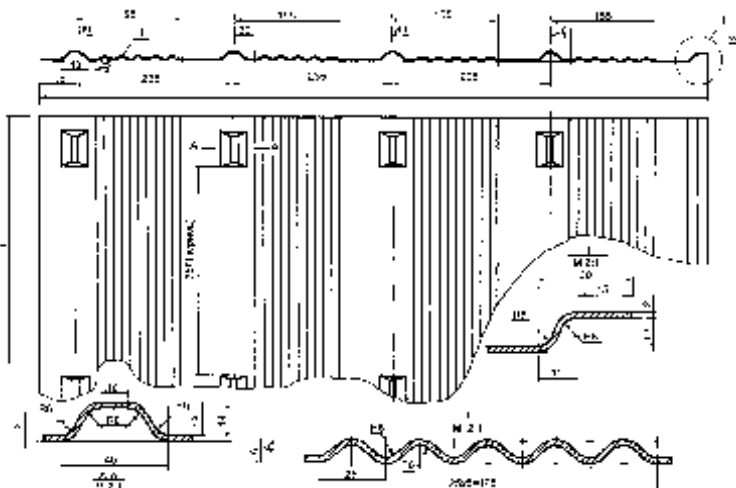


Рис.2 Профиль теплообменника

Профиль представляет собой лист шириной 990 мм из нержавеющей стали 12X18Н10Т толщиной 2 мм с односторонней отбортовкой высотой 12 мм. По ширине профиля расположены четыре одинаковых участка, содержащие группу из пяти продольных рифлений высотой 4 мм и шириной 25 мм. На плоских участках профиля между рифлениями с периодом 350 мм нанесены небольшие продольные периодически повторяющиеся рифты высотой 12 мм, длиной 50 мм, которые при последующей завивке плоской заготовки в двухвитковую спираль играют роль проставок, обеспечивающих равномерность зазора между соседними витками спирали.

Поскольку габаритные размеры профилей превышают размеры штампового пространства выпускаемого прессового оборудования, то изготовление их методом штамповки не представляется возможным. Учитывая это, был разработан новый технологический процесс изготовления профилей заготовки сердечника радиаторов формовкой в валках высокопроизводительных формовочных станков.

Отработка новой технологии изготовления облегченных сердечников, исследования энергосиловых параметров процесса формообразования, качества полученных профилей и их механических характеристик производились на профилегибочном стане 1÷4×50÷300. В качестве экспериментального профиля был принят правый характерный элемент профиля сердечника теплообменника шириной 285 мм, содержащий одностороннюю отбортовку, пять продольных рифлений и один ряд периодически повторяющихся в продольном направлении рифтов.

Принимая во внимание, что формообразование рифлений и рифтов за счет местного утонения материала заготовки сопровождается значительными усилиями деформирования, действующими на рабочие валки, при разработке технологии было предусмотрено формовку пяти рифлений, рифтов и отбортовки на заготовке производить во избежание перегрузки клетки в два этапа:

– **на первом этапе** производить предварительную одновременную формовку 5 рифлений, рифтов и отбортовки, на половину высоты соответствующего элемента на готовом профиле: рифления и рифты формовать за счет местной вытяжки металла заготовки радиусами R6, R11, и высотой 2,5 мм и 6 мм соответственно. Причем, на первом этапе рифт формовать полукруглой формы на всю длину заготовки (т. е. сквозным, а не периодически повторяющимся).

– **на втором этапе** производить окончательную доформовку до заданной высоты рифлений, рифтов и отбортовки (4 и 12 мм соответственно), причем, доформовку рифтов осуществлять за счет местной вытяжки металла при совмещении выпуклого элемента нижнего валка с соответствующей впадиной верхнего валка. При этом синхронизация вращения валков в данной клетки обеспечивалась шестеренной парой с передаточным отношением 2.

Таким образом, при формообразовании рифтов на втором этапе формовки периодически осуществляется их доформовка на заданную чертежом высоту, а также осадка и разглаживание отформованного на первом этапе сквозного рифта до плоского участка на промежутках профиля между рифтами.

Разработанная для осуществления данной технологии калибровка валков приведена на рис. 3.

После завалки в рабочие клетки стана 1÷4×50÷300 валков, изготовленных и собранных согласно калибровке (рис. 3) было произведено опытное профилирование. Визуальный осмотр показал качественное состояние поверхности профилей. Трещин и рисок не наблюдалось. Размеры профилей соответствовали размерам чертежа.

При последующей навивке полос в спираль сердечника на специальной установке наблюдались следующие дефекты:

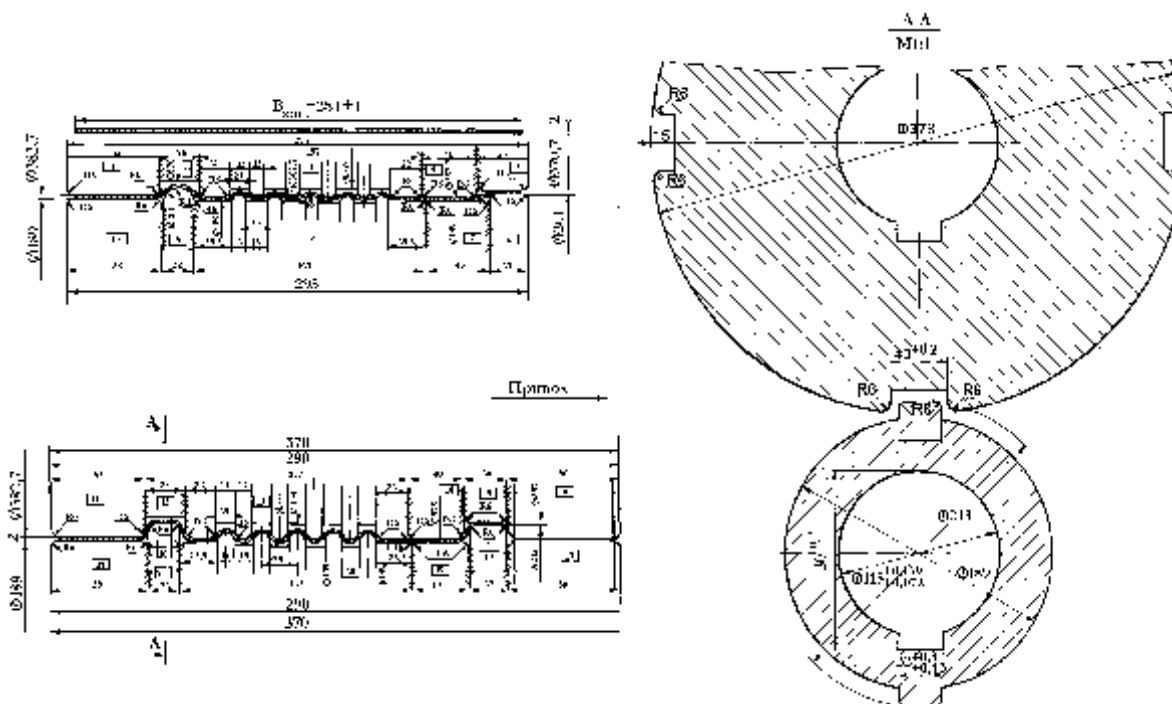


Рис.3 Калибровка валков экспериментального профиля теплообменника

1. Вследствие близкого расположения (30 мм) рифта от кромки полосы наблюдалась волнистость боковых кромок, достигающая величины 5 мм. Для устранения этого дефекта необходимо увеличить расстояние рифтов до кромки полосы, зеркально поменяв местами на профиле участки рифлений с участками, на которых нанесены периодические повторяющиеся рифты.

2. Формовка рифлений в валках, имеющих разные наружные диаметры, сопровождается изгибом заготовки в сторону валков, имеющих меньший диаметр. Для устранения этого дефекта при промышленном производстве подобных профилей формовку рифлений необходимо производить в валках равного диаметра.

3. При навивке наблюдался изгиб полосы в районе расположения рифтов. Изгиб был вызван частично близким расположением рифта к кромке профиля, а в основном большим расстоянием между рифтами в продольном направлении. Для устранения этого дефекта рифт был удален от кромки профиля и произведена корректировка калибровки валков. Корректировкой предусматривалось в два раза уменьшить период расположения рифтов.

После устранения этих недостатков и корректировки калибровки валков было произведено повторное профилирование полосы. В результате был получен профиль, соответствующий требованиям чертежа. С учетом результатов опробования по скорректированной калибровке валков на профилегибочном стане 1-4x50-300 из стали 12X18Н10Т были изготовлены полосы для изготовления сердечника теплообменника (длиной по 10 м) и произведена навивка их на специализированной установке (для изготовления сердечников спиральных теплообменников). Навивка полос показала положительные результаты, что позволяет рекомендовать разработанный технологический процесс к промышленному внедрению.

Для получения дополнительных сведений о новом технологическом процессе, служебных свойствах изготовленных по нему профилей, которые необходимы для правильного выбора и проектирования технологического оборудования, определения возможности совмещения процесса формообразования гофров с процессом на-

вивки готовой полосы были проведены дополнительные экспериментальные исследования.

**Целью** исследований являлось определение энергосиловых параметров формообразования модели профиля теплообменника 990x4x350x12x2 мм, а также деформированного состояния металла полученных профилей.

В соответствии с разработанной технологией формовка рифлений и рифтов производилась в двух клетях стана, а навивка профилей – в третьей клетки. Измерение давлений металла на валки выполнялось с помощью месдоз мембранного типа, устанавливаемых под нажимные винты клеток стана. Эти месдозы мало чувствительны к перекоосу подушек валков и установке не по центру нажимного винта клетки. Тарировка месдоз проводилась предварительно на эталонном прессе.

При скручивании шпинделя наибольшие поверхностные деформации направлены под углом  $45^{\circ}$  к его оси. По каждой из этих осей на шпиндель наклеивались по два соединённых последовательно датчика, образующих одно из плечей измерительного полумоста. Съём сигналов с вращающегося шпинделя производился при помощи струнного токосъёмника. Шпиндели тарировались с помощью рычага и груза. Все измерения производились с помощью тензометрической станции «Топаз-1» (точность измерений  $\pm 2\%$ ) и шлейфового осциллографа Н-700 (точность измерений  $\pm 3\%$ ).

Для определения энергосиловых параметров процесса формовки рифлений на профилях были измерены усилия в валках двух первых клеток и крутящие моменты на верхнем и нижнем шпинделях валков, а также момент на шпинделе смотки в третьей клетки. Для сравнения исследования энергосиловых параметров проводились как на профилях из легированной стали 12Х18Н10Т, так и из обычной углеродистой стали Ст.3.

Полученные после расшифровки осциллограмм значения усилий и крутящих моментов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Значения энергосиловых параметров формообразования панелей спиральных теплообменников

Профилируемая заготовка	№ клетки	Усилие, Р (н)	Момент на верхнем шпинделе $M_B$ (Нм)	Момент на нижнем шпинделе $M_H$ (Нм)	Момент на шпинделе смотки $M_{CM}$ (Нм)
1	2	3	4	5	6
Нержавеющая сталь 12Х18Н10Т	1	35500	210	680	–
	2	90000	–	1200	3400
Сталь Ст.3	1	20000	210	300	–
	2	51000	–	910	–

Максимальные усилия при формовке рифлений и рифтов на заготовке панелей облегчённых спиральных теплообменников из нержавеющей стали 12Х18Н10Т составляют для первой клетки 35,5кН, для второй клетки – 90 кН, что на 77% и 76% превышает максимальные значения этих параметров при формовке профилей из стали Ст.3. Максимальные значения крутящего момента зафиксированы во второй формирующей клетки стана – 1200 Нм для стали 12Х18Н10Т и 910 Нм для стали Ст.3 соответственно. Проведенные исследования показали, что по разработанной технологии

профиль панели облегчённого спирального теплообменника из нержавеющей стали 12X18H10T может быть освоен в промышленности на специализированной формовочно-завивочной линии.

Поскольку формообразование упрочняющих профиль сердечника теплообменника рифлений по разработанной технологии осуществляется за счёт местной вытяжки, т.е. утонения металла, с целью установления эксплуатационных характеристик полученной продукции было исследовано деформированное состояние по толщине профиля. Деформации по толщине металла (утонение) определялись путём замера резьбовым микрометром толщин металла по контуру профиля и сравнения их с толщинами в тех же точках на плоской заготовке до профилирования. Установлено, что максимальных величин утонение металла достигает в местах вытяжки по углам вершин рифтов и достигает 24%. На плоских участках утонение отсутствует. В связи с большой величиной утонения было решено на выпуклых формирующих элементах рифтов произвести скругление большим радиусом (12мм вместо 6мм) т.е. максимально приблизиться к сферической поверхности рифтов. Повторная формовка рифтов со скорректированными формирующими элементами показала, что утонение на вершинах рифтов уменьшилось с 24% до 16%, что удовлетворяет условиям эксплуатации. Утонение же на вершинах упрочняющих рифлений не превышало 6 – 7%. Полученные результаты дают основание положительно оценить разработанную технологию, так как она позволяет получать качественные профили без трещин и разрывов.

Таким образом, положительные результаты, полученные при освоении экспериментального профиля, а также данные исследований энергосиловых параметров процесса и деформированного состояния готовых профилей позволяют рекомендовать разработанный технологический процесс с некоторыми добавлениями для реализации в промышленных условиях на проектируемой специальной линии (рис.4). Учитывая, что в конструкции сердечника спирального теплообменника используется двухвитковая спираль, формовка упрочнённых заготовок для создания такого сердечника в предлагаемой линии осуществляется одновременно на двух участках навстречу друг другу.

В качестве исходного материала для формовки промышленных профилей сердечников спиральных теплообменников должна применяться нержавеющая рулонная сталь 12X18H10T толщиной 2 мм, поставляемая в рулонах шириной 1000 мм. Рулоны со склада заготовок доставляются к накопителю, обеспечивающему необходимый их запас для загрузочного устройства.

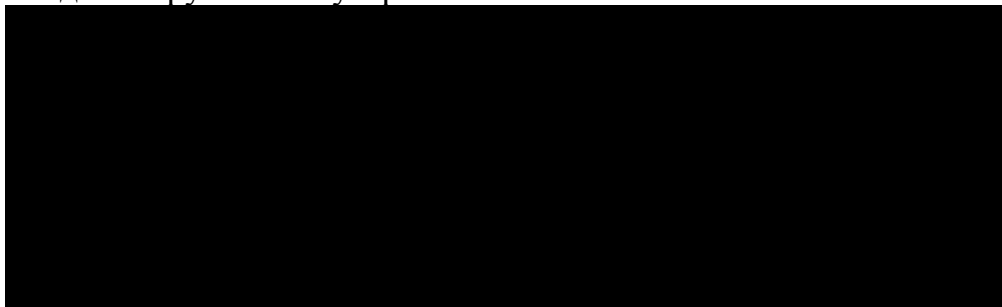


Рис.4 Специализированная линия для формовки и навивки профилей в теплообменники

Загрузочное устройство (1) передаёт рулон от накопителя на барабан разматывателя (2). Разматыватель предназначен для приёма рулона, подлежащего обработке на линии, разворота его в положение удобное для отгибки переднего конца полосы,

удерживания вращающегося рулона во время разматывателя полосы и создания требуемого натяжения. Далее по технологическому циклу заготовка передаётся в правильную машину (3), которая предназначена для предварительной правки металла в холодном состоянии после размотки и должна обеспечить плоскостность заготовки в соответствии с требованиями ГОСТ 19904-90 (нормальная плоскостность).

После правки полоса поступает в гильотинные ножницы (4), где обрезается деформированный передний и задний концы рулона, вырезаются дефектные участки, производится порезка полосы на мерные длины перед задачей её в формовочный стан. Ножницы должны быть оборудованы устройствами для удаления обрезки. Для сброса обрезков полосы в эти устройства ножницы могут быть дооборудованы откидными столами.

Затем полоса через задающее устройство, представляющее собой две пары не приводных вертикальных роликов (5) задаётся в рабочие клетки (6) формовочного стана. Количество рабочих клеток с каждой стороны от завивочного устройства обусловлено получением качественных профилей заданной конфигурации и для случая формовки профиля сердечника теплообменника составляет по 3 двухвалковые клетки открытого типа с каждой стороны. Регулировка положения верхних валков по высоте осуществляется нажимным и уравнивающим устройствами. Привод нажимных винтов – механический, обеспечивающий одновременное и раздельное вращение винтов. Передаточное отношение между валками равно единице. Привод стана групповой от электродвигателей.

Учитывая, что экспериментальные исследования энергосиловых параметров процесса проводились на модели профиля, составляющей четвёртую часть сечения промышленного профиля, максимальное усилие формовки, развиваемое в формующей клетке, должно быть не менее 360 Кн. Основные диаметры верхних и нижних рабочих валков в каждой клетке должны быть одинаковыми и выбираться с учётом формовки рифтов и отбортовок высотой до 20 мм. Максимальный крутящий момент на валах клеток – 2,3 кНм.

Расположенное далее по ходу технологического цикла устройство для натяжения полосы (7) предназначено для равномерной и качественной смотки полосы в сматывающем устройстве.

Центральным механизмом новой технологической линии является сматывающее устройство (8). Оно предназначено для смотки движущихся навстречу друг другу полос в оболочку двухвиткового спирального теплообменника. В устройстве должна быть предусмотрена автоматическая сварка передних концов отформованных полос и зажатие участка сваренного профиля до начала завивки двухвитковой спирали. Крутящий момент на шпинделе сматывающего устройства для навивки полного профиля должен быть не менее 14 кНм. При навивке полос устройство должно обеспечивать создание равномерного зазора между полосами на протяжении всего процесса, лёгкий съём навитого сердечника теплообменника с устройства, надёжное и быстрое крепление задних концов двухвитковой спирали на оболочке.

Все технологические операции, выполняемые на специализированной линии, должны быть механизированы с полным исключением ручного труда на всех основных и вспомогательных операциях.

### **Выводы**

Таким образом, выполненные исследования позволили: разработать новый тип облегчённого профиля для спиральных теплообменников, принципиально но-



вую технологию его формообразования в валках формовочного стана, получить в процессе отработки технологии экспериментальные профили, установить, что по качественным показателям они удовлетворяют условиям эксплуатации сердечников спиральных теплообменников. Полученные значения энергосиловых параметров процесса формообразования профилей позволяют выполнить силовой расчёт проектируемого для изготовления сердечников теплообменников специального оборудования. Определён предварительный состав специализированной линии для выпуска подобной металлопродукции, который может быть использован при проектировании оборудования.

**Список литературы:** 1. Капавец, Г. Е. Теплообменники и теплообменные системы.[Текст] / Г.Е.Капавец. –К: Наук. думка, 1981.– 272с. 2. Тришевский О.И., Томенко Ю.С., Полстянкин Е.Г., Крюк А.Г. Упрочнение гнутых профилей и повышение жёсткости путём рифления их плоских элементов. // Кузнечно-штамповочное производство. 1988. №12. С.19-21. 3. Тришевский О.И., Полстянкин Е.Г., Дебердеев Р.Ю., Янчинский А.П., Томенко Ю.С. Снижение металлоёмкости гнутых профилей за счёт деформационного упрочнения. // Metallurg. 1988. №8. С.36-37.

**УДК 621.771.2**

**ЧУМАКОВ В.П.**, инженер – металлург, старший преподаватель КМФ НМетАУ, г. Кривой Рог

**КОРЕНКО М.Г.**, магистр металлургии, заведующая лабораториями кафедры Процессов и машин обработки давлением КМФ НМетАУ, г. Кривой Рог

**СТАРОСТА Н.В.**, специалист металлургии, ассистент кафедры Процессов и машин обработки давлением КМФ НМетАУ, г. Кривой Рог

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ТОРЦОВ БЛЮМОВ ПРИ ПРОКАТКЕ НА ЗАГОТОВОЧНЫХ СТАНАХ**

Рассмотрен процесс формоизменения торцов раската при прокатке на непрерывно-заготовочном стане. Предложена технология подготовки бляма к последующей прокатке на непрерывно-заготовочном стане.

Ключевые слова: Слиток, бляма, заготовка, расход металла, очаг деформации.

Розглянутий процес змінення форми торців розкату при прокатці на безперервно – заготівельному стані. Запропонована технологія підготовки бляма до подальшої прокатки на безперервно – заготівельному стані.

Ключові слова: Злиток, бляма, заготівка, витрату металла, осередок деформації.

The process of change of form of butt ends of roll is considered at rolling on a continuous-purveyance figure. Technology of preparation of bloom is offered the subsequent rolling on a continuous-purveyance figure.

Keywords: Bar, bloom, purveyance, threw an expense, hearth of deformation.

### **1. Введение**

Технология подготовки бляма предусматривает зачистку дефектов расположенных на концах бляма в виде усадочной раковины, рыхлости в головной части и накатов в донной части. При этом значительная часть металла уходит в обрезь. Изучение и определение характера течения металла в очаге деформации с целью уменьшения расхода металла является актуальной темой.