

Стасевский С. Л., Угрюмов Ю. Д. /к. т. н./
ГП «Укрگیпромез»
Балакин В. Ф. /д. т. н./
НМетАУ

Тартаковский Б.И. /д. т. н./
ОАО «ЭЗТМ»

Применение переменных режимов деформации при горячей прокатке бесшовных труб. Сообщение 1

Целесообразным направлением дальнейшего развития производства бесшовных горячекатаных труб следует считать проектирование новых станов с возможностью осуществления переменных режимов деформации. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 8 назв.

Ключевые слова: бесшовные трубы, деформация, режимы деформации, горячая прокатка

Reasonable direction of further development of production of seamless hot-rolled pipes one should consider designing of new mills with the ability to carry out variable conditions of deformation.

Keywords: seamless pipes, deformation, deformation modes, hot rolling

Постановка проблемы

Массовое производство бесшовных горячекатаных труб осуществляется на агрегатах различного типа, причем название агрегата определяется названием раскатного стана, на котором осуществляется основная деформация по наружному диаметру и толщине стенки. Поэтому все основные технико-экономические показатели трубопрокатного агрегата зависят от эффективности работы раскатных станов. При этом возможности улучшения работы раскатных станов зачастую ограничиваются используемой технологией, которая имеет свои особенности в зависимости от типа раскатного стана.

В настоящее время получило развитие как направление использования переменных режимов деформации на раскатных станах, так и направление перенесения их на другие станы, входящие в состав трубопрокатного агрегата.

Достаточно широкое применение использования переменных режимов деформации получило при производстве горячей прокаткой новых видов продукции.

В связи с этим важным направлением совершенствования процесса производства горячекатаных труб, с целью повышения его эффективности, является сочетание традиционных технологий на трубопрокатных агрегатах различного типа и переменных режимов деформации при их производстве.

Сущностью технологии с переменными режимами деформации является управление размерами калибра как за счет изменения расстояния между валками, так и изменением диаметра оправки или положением профильной оправки в очаге деформации и раскатного стана.

Применение переменных режимов деформации в отдельных случаях может быть осуществлено без значительных затрат, в других случаях требуется проведение модернизации оборудования для осуществления регулировки прокатного зазора между валками (и в общем случае и оправкой).

В связи с этим наиболее целесообразным направлением дальнейшего развития этого направления следует считать проектирование новых станов с возможностью осуществления переменных режимов деформации.

Анализ публикаций

Вопросам применения переменных режимов деформации при прокатке труб на ТПА различного типа посвящены работы ВНИИМетмаша, ВНИТИ, ЭЗТМ, Урал НИТИ, Укрگیпромеза, ДМетИ, НИАЧермета (г. Днепропетровск) совместно с заводами: Первоуральским новотрубным, Никопольским южнотрубным, Нижнеднепровским трубопрокатным, Днепропетровским трубопрокатным, Волжским трубным и др.

Анализ состояния использования этого направления на ТПА различного типа выполнен в работах ВНИТИ [1, 2], где отражен имеющийся опыт использования переменных режимов деформации на ТПА с пилигримовым [3, 4], автоматическим [5, 6] и непрерывным станами и приведены оптимистические пути развития новой технологии. Отмечается, что широкое применение новой технологии требует решения целого ряда задач, в том числе выбор привода перемещения валков, который должен обеспечить под давлением прокатки перемещение валка на

0,4-5,0 мм при частотах до 800 срабатываний в час. При этом время перемещения валка в зависимости от стана и варианта технологии колеблется от 0,1 до 10 с при ударном приложении нагрузки в момент захвата. Необходимо также решить целый ряд проблем в разработке систем автоматизированного управления перемещением валков, начиная от создания датчиков положения трубы и перемещения валков и кончая элементами систем, осуществляющими контроль и индикацию отработки заданных режимов. В начале 90-х годов XX века по разным причинам это направление было, в основном, свернуто и только в начале XXI века в связи с улучшением ситуации в черной металлургии, как в России, так и в Украине, к этому направлению стали возвращаться. За последние 20 лет появились новые технические решения для использования переменных режимов деформации для совершенствования прокатки труб на ТПА различного типа.

Цель статьи – анализ применения переменных режимов деформации для расширения использования этого направления как для совершенствования процессов прокатки труб на ТПА различного типа, так и для производства новых видов продукции.

Изложение материала

Имеющийся опыт в применении переменных режимов деформации на ТПА различного типа показывает высокую эффективность этого направления, как при производстве горячекатаных бесшовных труб, так и при получении новых видов труб.

Рассмотрим общую схему получения горячекатаных бесшовных труб на трубопрокатных агрегатах (рис. 1).

Производство этих труб в общем случае состоит из трех основных стадий:

- получение гильзы;
- получение черновой трубы;
- получение чистой трубы.

Рассмотрим технологические операции с применением переменных режимов деформации на ТПА различного типа (таблица).

В Украине эксплуатируются ТПА следующих типов: пилигримовый 5-12" на ПАО «Интерпайп НТЗ», автоматический (со станами тандем) 140 на ПАО «Интерпайп НТЗ», непрерывный 80 на Днепропетровском трубном заводе и 30-102 на ОАО «Интерпайп Нико Тьюб», с трехвалковым раскатным станом «200» на ПАО «Интерпайп НТЗ».

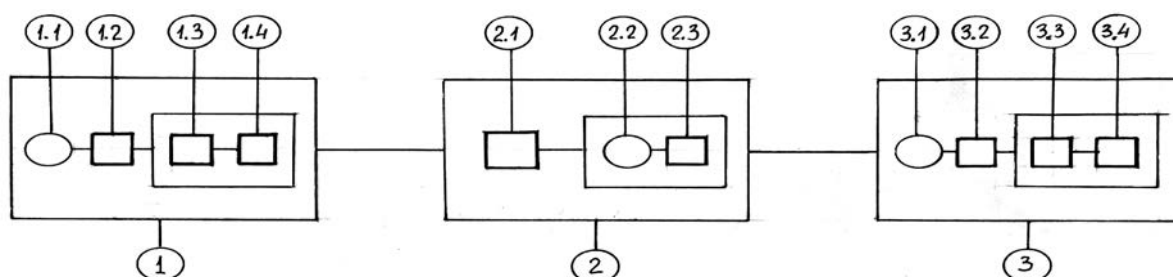


Рис. 1. Обобщенная технологическая схема прокатки труб на ТПА различного типа:

1 – стадия получения гильзы; 2 – стадия получения черновой трубы; 3 – стадия получения чистой трубы: 1.1 – нагрев заготовки под прокатку, 1.2 – обжатие заготовки (НЛЗ), 1.3, 1.4 – процессы получения гильзы в два этапа; 2.1 – раскатка гильзы в черновую трубу, 2.2 – подогрев труб, 2.3 – дополнительная раскатка трубы на оправке; 3.1 – подогрев труб, 3.2 – калибрование/редуцирование труб, 3.3, 3.4 – соответственно горячая и холодная правка труб

Таблица

Технологические операции с применением переменных режимов деформации на ТПА различного типа

Тип ТПА	Стадии прокатки труб			Использование переменных режимов деформации	Перспективы применения переменных режимов деформации
	Получение гильзы	Получение черновой трубы	Получение чистой трубы		
Пилигримовый	1.1; 1.3; 1.4	2.1; 2.2	3.1; 3.2; 3.4	2.1	1.3; 1.4; 2.1
Автоматический (тандем)	1.1; 1.3; 1.4	2.1; 2.3	3.1; 3.2; 3.4	1.3	2.3
Непрерывный	1.1; 1.2; 1.3; 1.4	2.1	3.2; 3.4	2.1	3.2
Трехвалковый раскатной	1.1; 1.3	2.1	3.1; 3.2; 3.4	1.3	2.1
Реечный	1.1; 1.3; 1.4	2.1; 2.3	3.1; 3.2; 3.4	1.3; 1.4	2.1; 3.2

В таблице рассмотрен также вариант современного реечного стана по схеме СРЕ, который получил развитие за рубежом, но в Украине в настоящее время не применяется.

Стадия получения гильзы

На всех ТПА первой стадией является получение гильзы из разного вида заготовки. Исключением здесь является только использование для получения труб полой заготовки (НЛЗ, центробежно-литой и др.).

Подготовка заготовки к прокатке

Предлагается заготовка, имеющая утолщенный передний конец, с диаметром 1,08-1,2 от диаметра остальной части. Кроме того утолщенный конец должен иметь длину, составляющую 1-2 диаметра заготовки. Операцию прошивки сплошной заготовки с переменным наружным диаметром в полую гильзу производят на стане винтовой прокатки. При этом обеспечивается получение гильз с внутренней поверхностью высокого качества.

УралНИТИ был разработан и опробован в промышленных условиях новый способ изготовления профилированной трубной заготовки без нарушения сплошности металла для прошивки на двухвалковых станах винтовой прокатки с целью повышения качества внутренней поверхности гильз и труб и уменьшения отходов.

Калибровка валков и схема получения профиля показаны на рис. 2. Входной I и выходной III конусы разделены кольцевым гребнем заданного профиля II, причем гребень первого валка расположен в пережиме, а гребни последующих – по ходу вращения заготовки смещены один относительно другого на величину шага или геликоидального перемещения заготовки от одного валка к другому.

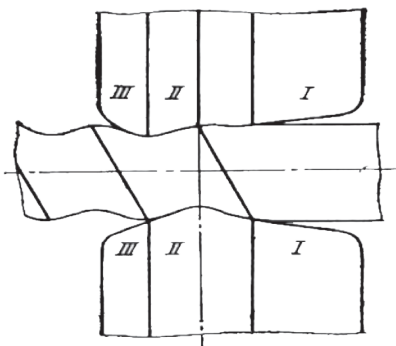


Рис. 2. Калибровка прокатного инструмента и схема получения профиля на трубной заготовке

Применяется также способ подготовки заготовки путем придания ее переднему концу конической формы (по форме входного очага де-

формации прошивного стана), что позволяет улучшить условия захвата и повысить в конечном итоге производительность при одновременном повышении стойкости валков за счет более равномерного их износа во входном конусе очага деформации. Эффективность этого мероприятия повышается, когда одновременно на передний торец наносят центровочное отверстие, что повышает точность передних концов гильз.

Известно также нанесение зацентровочного отверстия на задний торец заготовки. Наиболее полно процесс зацентровки заготовки, а также придания ее переднему концу конической формы исследован в работах МИСиС, ВНИИМетмаш, ДМетИ, ЭЗТМ и др.

Переменные режимы деформации при прошивке заготовки на косовалковом стане (элонгаторе) применяются для улучшения процесса раскатки гильзы в черновую трубу на раскатном стане. Раскатка гильзы в черновую трубу характеризуется кроме установившегося процесса, наличием двух неустановившихся процессов: раскатки переднего и заднего концов. Отсутствие жестких концов при неустановившихся режимах обуславливают повышенную неравномерную поперечную деформацию металла, что приводит к увеличению технологической концевой обрезки, снижению производительности, сужению сортамента прокатываемых труб.

Для улучшения условий захвата гильзы на раскатном стане целесообразно подготавливать передний конец гильзы таким образом, чтобы улучшить условия захвата, снизить неравномерность деформации путем уменьшения толщины стенки за счет придания переднему концу гильзу конической формы.

Наиболее остро необходимость предварительной подготовки передних концов гильз имеет место на ТПА с пилигримовыми станами, вследствие особенностей условий деформации, а именно: значительных суммарных вытяжек, достигающих на пилигримовом стане 10-15, и осуществления деформации металла валками с передним подпором со стороны подающего аппарата. Эти же особенности обуславливают наличие на пилигримовом стане, так называемой, пильгерголовки.

Исследования, выполненные НМетАУ, ГП «НИТИ», ГП «Укрگیпромез» и Нижнеднепровским трубопрокатным заводом, а также опыт промышленной эксплуатации такой технологии путем подготовки передних концов гильз на прошивном стане (элонгаторе) ТПА 6-12" НТЗ подтвердили высокую эффективность этой технологии. По расчетам ГП «Укрگیпромез» ее

использование на ТПА 5-12" Нижнеднепровского трубопрокатного завода позволит получить прирост производства труб в 12 тыс. т. Важными вопросами новой технологии являются следующие [3]:

- определение параметров переднего конца гильзы;
- выбор рациональной технологии подготовки передних концов;
- особенности размещения устройства для подготовки передних концов гильз в линии прошивного стана (элонгатора).

Основными параметрами переднего подготовленного конца гильзы являются: длина и толщина стенки на переднем торце. При анализе этого вопроса необходимо исходить из следующих соображений. Для повышения эффективности новой технологии длина переднего конца должна быть равна длине пилигримовой головки (~ 400-500 мм). В то же время не представляется реальным осуществить подготовку такой длины переднего конца гильзы известными методами. Кроме того, ограничением здесь является также температурный фактор из-за возможного сильного подствывания переднего конца гильзы перед пилигримовой прокаткой. Поэтому оптимальная величина длины подготовленного переднего конца гильзы была определена как $l_{on} = (0,4 - 0,6) l_{nr}$, где l_{nr} - длина пилгерголки. При этом толщина стенки гильзы на переднем торце составит $S_m = 0,5 S_r$, где S_r - толщина стенки основной части гильзы. Профиль (конический) переднего конца гильзы будет иметь угол наклона образующей к оси гильзы 7-12°.

Сейчас известны две основные технологии подготовки передних (задних) концов гильз перед пилигримовой прокаткой. Первая технология применяется на ТПА с пилигримовыми станами немецкой фирмы «Маннесманн-Демаг». Она заключается в обжатии переднего (заднего) конца гильзы на дорне на участке внестановой зарядки профилированными матрицами, при этом происходит посадка этого участка на дорн с выборкой зазора между гильзой и дорном (без обжатия по толщине стенки гильзы). В этом случае увеличивается сцепление гильзы с дорном в начальный период пилигримовой прокатки, что позволяет повысить число оборотов валков. Это облегчает также условия затравочного режима, однако не оказывает существенного влияния на снижение обрезки.

Вторая технология, разработанная и испытанная в Украине на Нижнеднепровском трубопрокатном заводе, заключается в подготовке передних концов на прошивном косовалковом стане холостыми валками, размещенными в спе-

циальном обкатном устройстве, установленном на выходной стороне стана [3].

Такая технология обеспечивает получение подготовленных передних концов гильз оптимальных размеров для получения значительного экономического эффекта в виде прироста производства в 12 тыс. т за счет сокращения времени затравочного режима на 50 % и снижения технологической обрезки (затравки) с экономией металла 14 кг/т труб. В настоящее время эта технология не применяется из-за отсутствия необходимого оборудования. Можно считать, что вторая технология является наиболее приемлемой с точки зрения эффективности. Вместе с тем, для использования такой технологии необходимо разработать соответствующее оборудование.

В связи с тем, что обкатное устройство располагается на выходной стороне прошивного косовалкового стана необходимо отметить следующие особенности, которые необходимо учитывать при разработке нового оборудования.

Расстояние между клетью прошивного стана и клетью обкатного устройства должно быть с одной стороны минимальным (даже равным нулю), с целью максимально возможного уменьшения длины межочагового участка гильзы, подвергаемого действию осевого усилия и момента подпора со стороны валков обкатного устройства, а с другой стороны - достаточным для обслуживания выходной стороны клетки прошивного стана. В результате таких взаимно противоположных требований необходимо определить минимальную величину межочагового расстояния, которая не должна быть меньше 1,2 м (из опыта эксплуатации обкатного устройства на ТПА 5-12" НТЗ).

Необходимость выполнения необходимой конструктивной схемы обкатного устройства с грибовидными холостыми валками привели к тому, что величина межочагового промежутка была увеличена до 1700 мм.

При этом процесс обкатки передних концов гильз в холостых валках на выходной стороне прошивного стана протекает устойчиво, если заполнен металлом весь очаг деформации прошивного стана.

Имеющая место в этом процессе межочаговая деформация гильзы в виде взаимного скручивания поперечных сечений и сжатия не должна приводить к существенному увеличению наружного диаметра гильзы, что затруднит задачу гильзы в валки пилигримового стана и даже делает ее невозможной. В НМетАУ и Укрگیпромеже совместно с ЭЗТМ разработан ряд технологических и технических мероприятий для ограни-

чения межочаговой деформации гильзы в допустимых пределах.

Для уменьшения массы пилигримовой головки, удаляемой в отходы, на ЧТПЗ предложен способ подготовки задних концов гильз перед пилигримовой прокаткой. Сущность способа заключается в том, что при прошивке заднего конца гильзы, соответствующего длине пилигримовой головки на косовалковом стане, осуществляют сведение приводных рабочих валков на 20-30 мм в зависимости от задаваемой вытяжки. При этом экономия металла за счет уменьшения массы пыльгерголки на стане 8-16" ЧТПЗ при прокатке труб размером 377×9 мм составляет 10-13 кг на тонну.

Применяют также переменный режим деформации по длине гильзы, согласно которому прошивку осуществляют при плавном сведении валков на 5-15 % за время процесса, затем гильзу, имеющую конусную наружную поверхность задают концом меньшего диаметра в пилигримовые валки и после прокатки участка гильзы протяженностью 10-15 % ее длины увеличивают величину подачи на 5-10 %, что снижает поперечную разностенность концов труб.

На ТПА с автоматическим или станом «тандем» основная деформация производится на прошивном стане. При этом имеет место образование температурного перепада по длине гильзы вследствие того, что полая гильза, внутри которой находится водоохлаждаемый стержень оправки, теряет температуру более интенсивно, чем заготовка. В результате образуется температурный перепад между передним и задним концами гильзы, составляющий 35-105 °С [7]. Величина этого перепада значительно больше для более тонкостенных гильз, при более высокой температуре на выходе из очага деформации, при большем времени остывания. Наличие температурного перепада по длине гильзы обуславливает перепад температуры и силы прокатки в короткооправочном раскатном стане, изменения в нем прокатного зазора и появление продольной разностенности труб.

Величина продольной разностенности на разном сортаменте составляет 0,2-0,7 мм [6]. Ее наличие приводит при прокатке гладких труб к повышению средней толщины стенки и, соответственно, расходного коэффициента металла, а при производстве нарезных труб – дополнительно к трудностям выполнения качественной резьбы на утолщенном и утоненном концах трубы.

С целью улучшения условий захвата, обеспечения возможности оптимального распределения деформации между прошивным и автоматстаном и одновременного снижения про-

дольной разностенности труб используется технология прокатки труб, включающая прошивку с переменным режимом деформации, предусматривающим получение гильзы с увеличивающейся от переднего к заднему концу толщиной стенки. При последующей прокатке в автоматстане нарастающая величина обжатия компенсирует температурный перепад по длине гильзы, стабилизирует усилие прокатки, прокатный зазор, среднюю толщину стенки по длине черновой трубы. Данная технология, разработанная НМетАУ и НПТЗ, была внедрена на ТПА 350 с автоматическим станом [6].

При прокатке труб с отношением $D/S > 12$ на ТПА с трехвалковым раскатным станом появляется спиральный след по длине трубы и «триангуляция» заднего конца, что затрудняет извлечение трубы из рабочей клетки, приводит к повреждению валков и усложняет транспортировку по стану.

Для обеспечения возможности прокатки труб с $D/S = 12-30$ была предложена новая технология, которая внедрена на ТПА 200 Волжского трубного завода [8].

Согласно предложенной технологии при прошивке заготовки утоняют задний конец гильзы со стороны внутреннего диаметра путем перемещения оправки в направлении противоположном осевому перемещению гильзы. При этом уменьшается величина прокатного зазора между валками и профильной короткой оправкой. Необходимое перемещение оправки в этой технологии определяется задаваемым утонением стенки заднего конца гильзы и углом выходного конуса на валке и оправке прошивного стана.

Например, при прошивке гильзы диаметром 126 мм из заготовки диаметром 114 мм толщина стенки в средней части гильзы составляет 14 мм, а толщина стенки гильзы на заднем конце гильзы – 12 мм. Утонение стенки на конце гильзы составляет 2 мм.

Стадия получения черновой трубы

При прокатке труб на ТПА с пилигримовыми станами на раскатном (пилигримовом) стане производится основная деформация по диаметру и толщине стенки. Поэтому для повышения точности труб путем снижения ее продольной разностенности осуществляют прокатку с переменными режимами деформации за счет перемещения верхнего валка в процессе прокатки. Для этого контролируют толщину стенки труб за пыльгерстаном (или в процессе прокатки) и при отклонении толщины стенки от номинальной осуществляют корректировку прокатного зазора изменением положения верхне-

го валька. Кроме того, такая технология используется при осуществлении прокатки тонкостенных труб ≤ 8 мм, когда для облегчения условий затравочного режима увеличивают раствор валков с последующим его уменьшением до исходного положения после окончания затравочного режима.

Наличие при пилигримовой прокатке технологически неизбежных затравочного конца и пилигримовой головки, отделяемых в обрезь и составляющих основную долю в расходном коэффициенте металла при прокатке, обуславливают поиск технического решения, которое позволило бы существенно уменьшить расход металла.

Была предложена (ДМетИ, ВНИТИ, Укрпромезом и НТЗ) новая технология прокатки труб на ТПА с пилигримовыми станами, сущность которой заключается в том, что при прокатке на пильгерстане концевых участков гильзы длиной 0,1-3,0 ее диаметра увеличивают раствор валков в 1,02-1,15 раза по сравнению с раствором при прокатке середины трубы и полученную с утолщенными концами трубу подвергают поперечно-винтовой раскатке до выравнивания толщины стенки по длине [4]. Для реализации предложенной технологии в состав ТПА с пилигримовыми станами должны входить обкатные косовалковые машины (риллинги). Предложенная технология является эффективной при прокатке тонкостенных труб с отношением диаметра к стенке 22:60.

При прокатке труб на ТПА с автоматическим станом и станом «тандем» в средней (основной) части труб имеется неиспользуемая часть минусового поля допуска по толщине стенки, что обусловлено повышенной концевой поперечной разностенностью.

Дополнительное использование минусового поля допуска по толщине стенки в основной части готовых труб и снижение за счет этого их металлоемкости представляется возможным, если вести прокатку с переменными режимами деформации по толщине стенки. При этом прокатка концевых участков трубы должна производиться с минимальной средней толщиной стенки, при которой фактическая концевая разностенность не приводит к превышению пределов минусового допуска по толщине стенки.

Основная часть трубы должна производиться с минимальной средней толщиной стенки, при которой фактическая разностенность основной части также не приводит к превышению пределов минусового допуска. Минусовое поле допуска при этом используется практически полностью. Величина дополнительного обжатия по стенке h при существующем уровне точности труб составляет 2-3 % от номинальной толщины стенки. Согласно предложенной технологии переменное обжатие по стенке осуществляют в обкатных машинах (риллингах) за счет уменьшения расстояния между валками при прокатке основной части трубы, при этом длина концевых участков, прокатываемых по действующей технологии, составляет около 2-5 диаметров трубы.

Исследования, проведенные ДМетИ на ТПА 140 со станом тандем (ДТЗ) показали, что дополнительное утонение стенки на основной части готовых труб (длиной примерно 0,8 длины трубы) составило 0,11 мм, снижение массы 1 пог. м - 1,1 %.

Схема формоизменения трубы по предложенной технологии показана на рис. 3.

Труба после автоматстана (стана «тандем») имеет геометрические параметры, определяемые наружным диаметром D_a и толщиной стенки S_a (см. рис. 3а). После прокатки трубы в обкатной машине с утонением $h_{об}$ в средней части трубы геометрические параметры трубы будут следующими: $D_{об}'$ и $S_{об}'$ - соответственно диаметр и толщина стенки на конце трубы, $S_{об}$ - толщина стенки в средней части трубы (см. рис. 3б).

При этом $S_{об}' - S_{об} = h_{об}$.

При этом на готовой трубе диаметром D в горячем состоянии минимальная толщина стенки концевых участков S_k определяется с учетом их разностенности, как $S_0 = S_k - h$ (см. рис. 3в).

Методика расчета таблицы прокатки таких труб в обкатных машинах и калибровочном стане приведена в работе [5].

При производстве труб на ТПА, в состав которых входят редуционно-растяжные станы, концы труб получают утолщенными и их приходится отрезать, что вызывает значительные потери металла в обрезь.

Сокращение этих потерь металла является важной задачей при производстве труб на со-

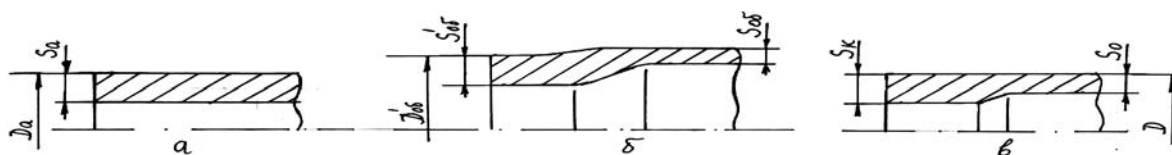


Рис. 3. Схема формоизменения трубы в процессе прокатки с переменной по длине толщиной стенки: а - на автоматстане или стане «тандем»; б - на обкатной машине; в - на калибровочном стане

временных агрегатах с непрерывными длинно-оправочными станами.

В начале 70-х годов XX столетия ВНИИМетмаш разработал технологический процесс и оборудование для прокатки труб с утоненными концами в непрерывном длинно-оправочном стане с целью компенсации концевых отходов при последующем редуцировании с натяжением. При этом утонение стенки на концах черновых труб осуществляется путем перемещения верхних валков в двух предчистовых клетях непрерывного стана. Сущность новой технологии состоит в том, что перед прокаткой очередной трубы растворы валков в этих клетях устанавливают уменьшенными на величину, соответствующую утонению стенки на переднем торце трубы. В процессе прокатки переднего конца трубы растворы последовательно увеличивают, при прокатке средней части трубы их сохраняют постоянными, а при подходе заднего конца трубы вновь уменьшают. Во время паузы перед прокаткой следующей трубы растворы валков изменяют на величину, соответствующую разности утонений стенки на переднем и заднем концах трубы.

Система утонения концов труб включает быстроедействующие электрогидравлические нажимные механизмы, встроенные в нажимной винт, установленные на двух предчистовых клетях, насосно-аккумуляторную станцию и бесконтактную систему программного управления.

Технологический процесс и оборудование, разработанные ВНИИМетмашем для прокатки труб с утонением концов внедрены впервые в 1975 г. на 9-ти клетьевом непрерывном стане ТПА 30-102 Первоуральского новотрубного завода. Эта технология проработала около 10 лет и позволила сэкономить свыше 5 тыс. т металла в год за счет сокращения концевых отходов при последующем редуцировании труб с натяжением. В 2001 г. модернизированная система утонения концов труб была введена в эксплуатацию на ТПА 20-102 ПНТЗ. Эксплуатация системы еще раз подтвердила ее высокую эффективность. Длина отрезаемых после редуцирования утолщенных концов труб при прокатке из черновых труб с утоненными концами снижена на 30-50 % в зависимости от суммарного обжата по диаметру в редуцирующем стане.

На ТПА с трехвалковыми раскатными станами, позволяющими прокатывать трубы с высокой точностью по толщине стенки ($\pm 6\%$), значительные трудности возникают при прокат-

ке относительно тонкостенных труб с $D/S > 12$. Для повышения тонкостенности прокатываемых труб применяют различные способы. Один из них, приведенный выше, предусматривает утонение заднего конца гильзы со стороны внутреннего диаметра во время прошивки заготовки за счет перемещения оправки, что уменьшает зазор между валками и оправкой и снижает толщину стенки гильзы. Однако этот метод имеет ограничение по увеличению отношения D/S прокатываемых труб. Разведение валков трехвалкового раскатного стана с гребнями при прокатке заднего конца гильзы с утоненным концом позволяет расширить диапазон отношения D/S в сторону увеличения. При этом сумма величины утонения стенки конца гильзы при прошивке и величины разведения каждого валка с гребнем на раскатном стане должна быть равна 1,1-1,3 высоты гребня [8].

Технология прокатки труб с разведением валков при прокатке заднего конца гильзы широко используется на ТПА с трехвалковыми раскатными станами. На ТПА 200 ПАО «Интерпайп НТЗ» используется трехвалковая клеть раскатного стана конструкции ЭЗТМ, которая отвечает современным требованиям технологии. Конструкция клетки* раскатного стана позволяет прокатывать широкий диапазон труб с отношением $D/S \leq 30$.

Клеть оборудована системой автоматического уменьшения угла подачи при прокатке заднего конца трубы. Такая технология применяется при прокатке труб с $D/S \geq 11$.

Клеть оборудована также системой регулятора калибра валков, которая используется при прокатке тонкостенных подшипниковых труб с $D/S = 10-12$; передельных труб с $D/S \leq 14$, труб с толщиной стенки 6-7 мм. Основной режим работы регулятора калибра связан с разведением правого или левого (а также одновременно двух) валков на величину 0,1-2,0 мм при прокатке задних концов труб.

Для стабильной работы при прокатке труб с $D/S = 15-30$ может быть использован специальный технологический инструмент – линейки с нажимными устройствами и специальными бабанами с валками.

Необходимо отметить, что применение специальных линеек для ограничения поперечной деформации (овализации) трубы в калибре достаточно трудоемко. При этом изношенные линейки могут оставлять следы на трубах. Поэтому можно считать, что для прокатки тонкостенных труб с отношением $D/S = 15-30$ на ТПА 200

Примечание. * – Клеть разработана при участии к. т. н. Кущинского Г. Н., который внес значительный вклад в проектирование и освоение новой клетки.

ПАО «Интерпайп НТЗ» целесообразным является применение технологии, при которой использование существующего регулятора калибра будет дополнено технологией прошивки с утонением задних концов гильз со стороны внутреннего диаметра.

Для реализации такой технологии необходимо вместо существующего установить на прошивном стане новый упорно-регулируемый механизм конструкции ЭЗТМ, обеспечивающий перемещение оправки в процессе прошивки.

Библиографический список

1. Опыт и перспектива использования переменных режимов горячей деформации при производстве бесшовных труб / Ю. М. Миронов, А. Г. Ратнер, А. И. Нечипоренко, И. П. Бойко // В сб.: Новые технологии производства стальных труб. М.: Металлургия, - 1983 (МЧМ СССР). - С. 19-27.

2. Освоение технологии прокатки труб с переменной деформацией по длине / Г. И. Гуляев, Ю. М. Миронов, И. П. Бойко и др. // Сталь. - 1986. - № 6. - С. 54-57.

3. Пути снижения технологической обрезки на пилигримовых станах / В. В. Березовский, Ю. Д. Угрюмов, Д. Ю. Угрюмов // Металлург. и горноруд. пром-сть. - 2003. - № 3. - С. 59-64.

4. Повышение эффективности прокатки труб на пилигримовых установках / О. А. Пляцковский, Ю. Д. Угрюмов, В. М. Статников и др. // Металлург. и горноруд. пром-сть. - 1982. - № 2. - С. 19-20.

5. Прокатка труб с повышенным использованием поля минусового допуска на ТПА с автоматстаном и станом тандем / М. И. Ханин, О. С. Марков, Э. Ф. Кузнецов // Металлург. и горноруд. пром-сть. - 1989. - № 4. - С. 24-26.

6. Ханин М. И. Технология прокатки тонкостенных труб повышенной точности на агрегате с автоматическим станом с использованием нестационарных режимов деформации при прошивке / Металлург. и горноруд. пром-сть. - 2002. - № 8-9. - С. 361-363.

7. Ханин М. И. Режимы прошивки, обеспечивающие снижение продольной разностенности труб на агрегатах с короткооправочными станами. - Металлург. и горноруд. пром-сть. - 2013. - № 2. - С. 48-50.

8. Тартаковский Б. И. Особенности производства тонкостенных труб на агрегате с трехвалковым станом. - Сталь. - 2009. - № 11. - С. 71-72.

Поступила 24.10.2014

Вниманию авторов и читателей!

ООО «Укрметаллургинформ «НТА» проведена большая работа по созданию архива электронной версии журнала «Металлургическая и горнорудная промышленность» за период с 2004 г. по текущий номер. Информировем о появившейся возможности осуществления подписки на архив электронной версии журнала.

**Сотрудничество с ООО «Укрметаллургинформ «НТА»
создает надежный информационный фундамент
Ваших достижений.**