

Поперечно-винтовая прокатка труб

Студенты гр. 10402129: Ващенко Е.Г., Бондаренко А.Н.
 Научные руководители – Зеленин В.А., Липницкий А.С.
 Белорусский Национальный технический университет
 г. Минск

Процесс поперечно-винтовой прокатки осуществляют на двух или трех валках, вращающихся в одну сторону. Оси валков – пересекающиеся или скрещивающиеся прямые [1].

Процессы поперечно-винтовой прокатки реализованы на станах: винтовой прокатки в винтовых калибрах; винтовой прокатки с меняющимся положением осей рабочих валков; продольной прокатки тел вращения (колец, дисков).

На станах винтовой прокатки осуществляется деформация исходного круглого прутка путем его ввинчивания в межвалковое пространство, образованное двумя или тремя валками с винтовыми калибрами, вращающимися в одну сторону. Вращательное и поступательное движение заготовки достигаются вращением валков и соответствующим их наклоном к оси прутка. Деформация прутка при этом происходит вследствие изменения формы витков на валках, постепенно приближающейся к требуемой конфигурации и размерам готового изделия (рисунок 1). Этот процесс весьма эффективен для прокатки червяков, крупных винтов, оребренных труб.

На станах для поперечно-винтовой прокатки осуществляют и процесс прошивки сплошной заготовки. Исходные заготовки имеют постоянное по длине сечение. Их получают непрерывным литьем (слитки) и прокаткой (прокат). Слитки имеют форму цилиндра или правильной многогранной призмы, подкат – форм сплошного или полого цилиндра. Прокатку проводят, как правило, в горячем состоянии. В процессе прошивки исходной заготовки на косорасположенных валках (оси валков скрещиваются) получают толстостенную гильзу – заготовку для получения бесшовных трубчатых заготовок (рисунок2).

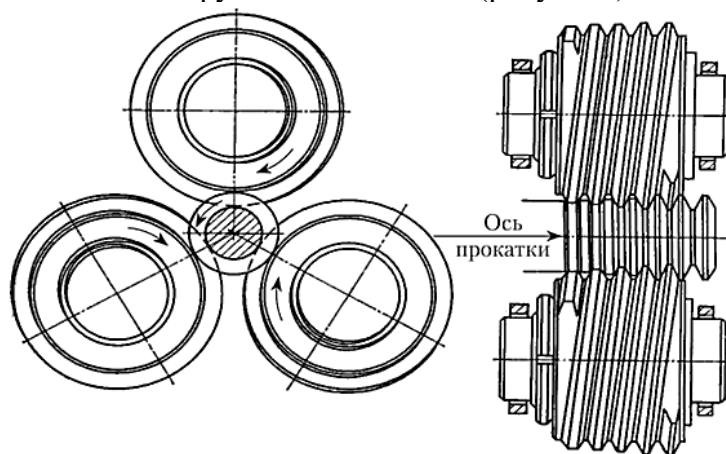


Рисунок1 – Схема непрерывного накатывания резьбы на винтах неограниченной длины

Гильза – толстостенная относительно небольшой длины труба. Служит заготовкой для раскатки труб заданных размеров продольной и поперечно-винтовой прокаткой.

Параметры прокатки (соотношение диаметров валков и заготовки, угол между осями валков, и заготовки, и наклона конической части валка) подобраны так, чтобы из-за неравномерности деформации в центральной части заготовки создавались растягивающие радиальные напряжения (рисунок 2,а). Под действием этих напряжений металл в центральной зоне заготовки разрыхляется, и образуется полость. Чтобы предупредить образование трещин на поверхности полости и получить заготовку трубы заданных размеров, устанавливают коническую оправку 4 (прошивень). Оправку устанавливают с опережением момента самопроизвольного образования полости на 2...3 мм. Оправку закрепляют на стержне, конец которого

установлен во вращающейся опоре. После окончания прокатки гильзу снимают со стержня и направляют на трубопрокатные станы для ее дальнейшей раскатки в трубу.

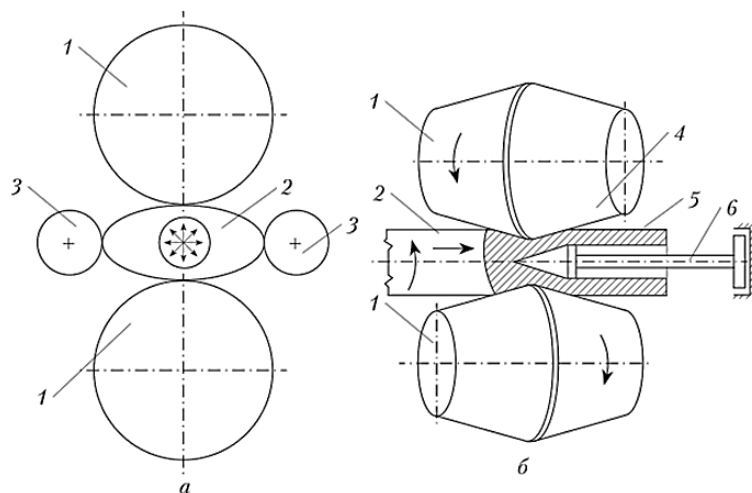


Рисунок 2 – Поперечно-винтовая прокатка заготовки трубы (гильзы):
a – схема создания растягивающих напряжений в центральной части заготовки;
б – схема прокатки;
 1 – валок; 2 – заготовка; 3 – направляющий хвостовик;
 4 – оправка (прошивень); 5 – гильза; 6 – стержень

На предприятии Южно Корейской компании «Сечанг стил» введен в эксплуатацию трубопрокатный агрегат (ТПА) для производства бесшовных труб диаметром от 40 до 80 мм. В основу технологического процесса заложен метод прошивки заготовки с последующими раскаткой гильзы в черновую трубу и калиброванием на станах винтовой прокатки.

Сортамент труб, получаемых на агрегатах с трехвалковым раскатным станом, характеризуется диаметральными размерами и отношением наружного диаметра D к толщине стенки S трубы – D/S . В трубопрокатном производстве наибольшее распространение получили агрегаты среднего и большого типа, на которых получают трубы диаметром от 72 до 250 мм с $D/S \leq 10 \dots 11$ из углеродистых и легированных сталей (рисунок 3).

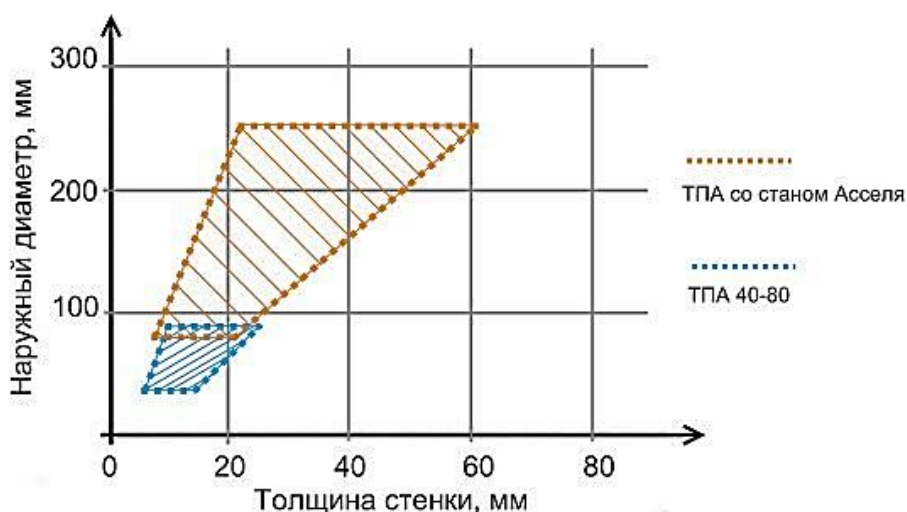


Рисунок 3 – Сортамент бесшовных труб, получаемых на традиционных ТПА со станом Асселя и ТПА40-80

Однако многие машиностроительные предприятия испытывают потребность в трубах повышенной точности диаметром 40...70 мм. В связи с этим целью настоящей работы являлось создание технологии и оборудования мини ТПА 40-80 для прокатки труб диаметром 40...80 мм с отношением $D/S \leq 9$ длиной до 6 м с годовым объемом производства до 10 тысяч тонн.

Технологическая схема мини ТПА 40-80 представлена на рисунке 4 и включает резку 1 исходного прутка на мерные заготовки, зацентровку 2 заготовок в холодном состоянии, индукционный нагрев 3 заготовок, термостатирование электрической печи, прошивку 5 в двухвалковом стане с направляющими линейками, индукционный подогрев 6 гильз, раскатку 7 гильз в трехвалковом стане на цилиндрической контролируемо-перемещаемой оправке, калибровку 8 труб в двухвалковом стане с направляющими линейками, контролируемое охлаждение 9 труб на холодильнике цепного типа с вращением трубы вокруг собственной оси.

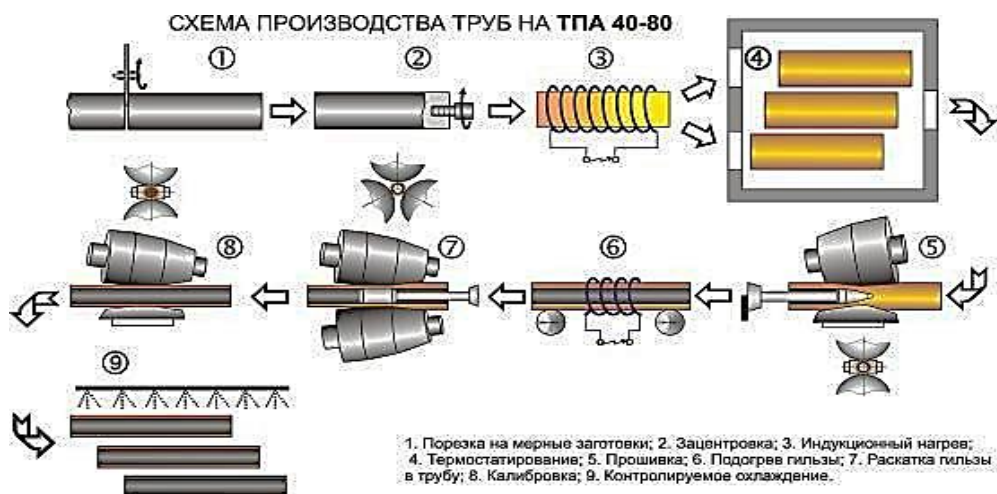


Рисунок 4 –Схема технологического процесса получения труб на ТПА40-80

Первый мини ТПА 40-80 был введен в эксплуатацию в июле 2010 г. на фирме Сечанг Стил, Южная Корея. В течение последующих трех месяцев были достигнуты проектные показатели по производительности и освоены сортамент труб диаметром от 40 до 89 мм с отношением $D/S \leq 9$, допускаемые отклонения труб из углеродистой и низколегированной стали по диаметру составили менее $\pm 0,5 \%$, по толщине стенки – менее $\pm 5 \%$.

Высокая точность труб была достигнута благодаря ряду внедренных технологических приемов и конструкции оборудования. Например, резка заготовок дисковой пилой обеспечивает перпендикулярность торцов заготовок диаметром от 40 до 110 мм в пределах 1...3 мм, эксцентриситет зацентровочного отверстия, нанесенного механическим способом, в холодном состоянии не превышает 2 мм, поэтому разностенность передних концов гильз всех размеров не превышает 0,5 мм.

Двухстадийный нагрев с выравниванием температуры заготовок по сечению и длине в термостате и последующая их транспортировка до рабочих валков в течение 10...15 с обеспечивают благоприятное осесимметричное распределение температуры по сечению для центрирования оправки в очаге деформации 35–0 центральные слои имеют температуру выше поверхностных на 20...30 °С, что в свою очередь, уменьшает сопротивление деформации на 15...20 %.

Кроме того, процесс прошивки осуществляется с центрированием оправочного стержня с помощью длинной втулки [1], которая также повышает жесткость стержней особенно малых диаметров. Многочисленные измерения разностенности передних и задних концов гильз различных размеров показали, что она находится в пределах 3...5 %.

Раскатка гильзы в трубу осуществляется в трехвалковом стане винтовой прокатки на короткой цилиндрической оправке, контролируемо-перемещаемой по ходу прокатки на величину до 300 мм. Особенностью конструкции рабочей клетки и стана в целом является постоянное положение нижней образующей прокатываемых труб различного диаметра.

Рабочая клетка имеет жесткую сварную станину закрытого типа (рисунок 5), в которой кассета с нижним валком смонтирована в соответствующей расточке. Регулирование кассеты с валком по высоте выполняется прокладками только после переточки валка. Настройку заданного калибра стана выполняют одновременным перемещением верхних рабочих валков от электромеханического привода, воздействующего на нажимные механизмы в виде массивных клиньев.

Такое конструктивное использование рабочей клетки позволило значительно упростить конструкцию приемного желоба и отводящего рольганга и уменьшить массу оборудования. В то же время ось прокатки, а следовательно, оправочный стержень с оправкой при настройке стана перемещается в вертикальной плоскости на заданную величину. Оправка и оправочный стержень в процессе прокатки работают на растяжение, перед раскаткой в гильзу вдувается сухая технологическая смазка на основе фосфатов. Благодаря углу подачи рабочих валков равному 10° и частоте вращения 200 мин^{-1} длительность процесса раскатки гильз в трубы длиной 6,0 м составляет 17...18 с.

Податливость калибра рабочей клетки при прокатке труб 89×11 мм находится в пределах 0,3...0,4 мм. Калибрование осуществляется в двухвалковом стане винтовой прокатки с направляющими линейками обкаткой трубы рабочими валками с обжатием по диаметру равным 4...10% при температуре металла, сохранившейся после операции раскатки $850 \dots 950 \text{ }^\circ\text{C}$. Рабочая клетка имеет жесткую сварную станину закрытого типа, в расточках которой смонтированы кассеты с рабочими валками, стул с линейкодержателем нижней линейки и траверса с линейкодержателем верхней линейки. Угол подачи рабочих валков – постоянный, равный 120° , частота вращения – 200 мин^{-1} , угол раскатки – 100° (грибовидная схема) скорость прокатки составляет примерно 0,6 м/с, машинное время калибрования труб длиной до 6,0 м составляет менее 11 с. Анализ пооперационного графика показал, что «узким» местом мини ТПА, с точки зрения производительности, является раскатной стан, минимальное время цикла прокатки труб длиной 6,0 м на этом стане достигает 28 с. Фактически на агрегате работают с циклом прокатки 30...60 с.

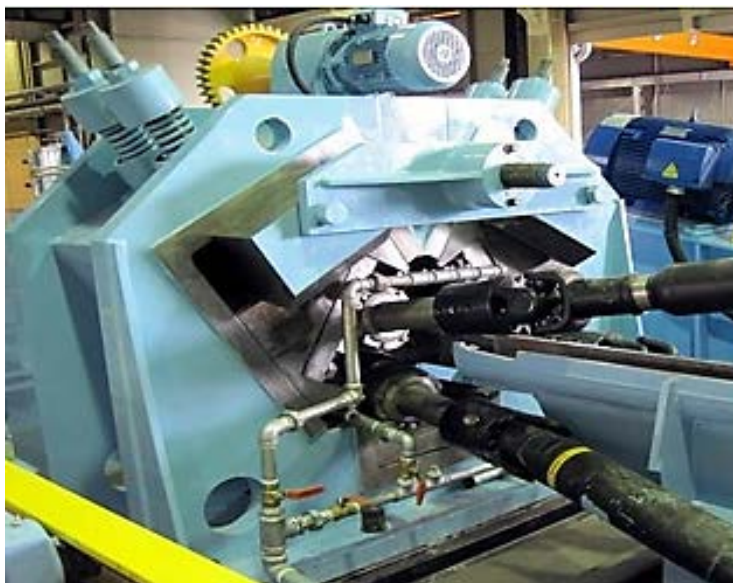


Рисунок 5 – Выходная сторона трехвалкового раскатного стана с нижним стационарным валком ТПА40-80

Наибольшему износу при прокатке подвергаются оправки прошивного и раскатного станков малых диаметров 28...40 мм, направляющие линейки. Оправки прошивного стана изготовлены из стали 4Х5МФС с наплавкой носка жаропрочным сплавом на никелевой основе, во время работы оправки охлаждаются водой непрерывно изнутри, а в паузах между прошивками – водой

снаружи. Износостойкость оправок диаметром 28...40 мм составляет в среднем 140 прошивок, оправок диаметром 60...80 мм достигает 300...400 шт.

Цилиндрические оправки раскатного стана также изготовлены из стали 4X5МФС и термообработаны на твердость 40...44 HRC. Установлено, что в процессе прокатки оправки диаметром 28...40 мм разогреваются до 500...550 °С, износ выражается в уменьшении диаметра и после прокатки 30...35 шт. труб длиной 5,0 м и достигает 0,2 мм. Изношенные оправки восстанавливают переточкой на оправки меньшего диаметра.

Направляющие линейки прошивного и калибровочного станом изготовлены из стали 20 с наплавкой рабочей части жаропрочным сплавом. Для повышения износостойкости линейки снабжены отверстиями для непрерывного охлаждения изнутри во время прокатки

Следует отметить, что линейки такой конструкции являются многократно восстанавливаемыми.

Рабочая поверхность изношенных линеек вновь наплавляется жаропрочной проволокой.

Таким образом, успешный опыт внедрения и эксплуатации мини ТПА 40-80 с трехвалковым раскатным станом свидетельствует о возможности расширения сортамента труб повышенной точности для машиностроения с отношением $D/S \leq 9$ из углеродистой и низколегированной стали.

Список использованных источников

1 Черепяхин, А.А. Технология машиностроения. Обработка ответственных деталей: учебное пособие для среднего профессионального образования / А.А. Черепяхин, В.В. Клепиков, В.Ф. Солдатов. – Москва: Издательство Юрайт, 2020. – С. 65–68.

2 Дольский, А. М. Технология конструкционных материалов: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. 6-е изд., испр. и доп. / А.М. Дольский [и др.]. – М.: Машиностроение, 2005. – 74 с.

3 Обработка металлов давлением: учебник / Б.А. Романцев [и др.]. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2008. – 960 с.

4 Исследование и разработка методики проектирования технологического инструмента станом винтовой прокатки гильз и труб / А.С. Алещенко // Дисс. канд. техн. наук. – М.: МИСИС, 2010. – 150 с.

5 Данилов, Ф.А. Горячая прокатка и прессование труб / Ф.А. Данилов, А.З. Глейберг, В.Г. Балакин // – М.: Металлургия, 1972. – 576 с.

6 Повышение износостойкости оправок прошивного стана / Б.А. Романцев [и др.] // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – М.: МИСИС, 2008. – №10. – С. 16–19.

7 Патент РФ 2250147 Способ винтовой прошивки литой заготовки / Д.А. Пумпянский [и др.] БИ № 11 2005 г.