



УДК 669.74

Поступила 30.06.2014

Ю. Е. СЕМЧИН, О. И. КОМ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК»

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ БЕСШОВНЫХ ТРУБ НА ОАО «БЕЛОРУССКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БЕЛОРУССКАЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ»

*Рассматривается весь технологический процесс производства высококачественных бесшовных труб на трубопрокатном агрегате ОАО «БМЗ».*

*The whole technological process of the high-quality seamless pipes production on the pipe-rolling unit of JSC “BMZ” is considered.*

Трубопрокатный цех, введенный в эксплуатацию в июле 2007 г. на ОАО «Белорусский металлургический завод» (ОАО «БМЗ»), выпускает трубы диаметром 21,3–168,3 мм, освоено производство более 250 позиций различного назначения. Качество соответствует российским и зарубежным стандартам (ГОСТ, DIN, ASTM, API 5L, EN, API-5CT). Более 80% трубной продукции реализуется за пределы Республики Беларусь.

Весь технологический процесс производства бесшовных труб на трубопрокатном агрегате ОАО «БМЗ» можно условно разбить на ряд этапов и, проанализировав каждый этап в сравнении с существующими в мире технологиями, сделать выводы о его преимуществах либо недостатках.

**1. Нагрев заготовки под прокатку.** В технологии производства бесшовных труб нагрев металла считается одним из существенных технологических этапов. Режим нагрева заготовок перед деформацией в значительной степени определяет качество готовых труб, их механические и технологические свойства, производительность установки, энергосиловые и скоростные показатели процесса прокатки и прессования.

В качестве нагревательной печи для трубопрокатного комплекса Белорусского металлургического завода используется газовая печь с кольцевым вращающимся подом с максимальной производительностью 80 т/ч. Печь позволяет нагревать горячекатаные и непрерывнолитые круглые заготовки сечениями  $\varnothing 140 - 200$  мм до температур пластической деформации.

На существующих в мире трубопрокатных агрегатах для производства бесшовных труб для нагрева заготовок применяют газовые (кольцевые, секционные, с шагающими балками и т. д.) и индукционные печи. Газовые печи с кольцевым вращающимся подом получили наибольшее распространение в трубном производстве, поскольку обладают большой технологической гибкостью, приспособлены для перехода с камерного режима работы на методический и наоборот. В данного типа печах горелки равномерно расположены по окружности печи и позволяют распределять подачу топлива в соответствии с требованиями температурного режима: при камерном режиме – обеспечивают подачу топлива равномерно по всей окружности; при методическом режиме – неравномерно по окружности (например, на методическую (подогрева) зону – 20 %; на сварочную (нагрева) – 65 %; на зону выдержки – 15 %). Горизонтальное расположение пода, герметичность печи благодаря наличию водяного или песочного затвора пода и минимальному числу окон (только для загрузки, выгрузки и 1–2 контрольных), стационарное положение заготовок на поде, что сохраняет первичную окалину в процессе нагрева – все это способствует уменьшению окалинообразования в кольцевых печах [1, с. 505]. Величина потерь металла на угар в кольцевой печи (0,5–1,0 %) значительно меньше величины потерь в печах с шагающими балками (2,5–3,0%) [2].

Таким образом, из всего перечисленного выше можно сделать вывод, что для трубопрокатного

комплекса ОАО «БМЗ» выбрана оптимальная конструкция нагревательной печи, позволяющая обеспечить высокое качество нагрева заготовок для дальнейшей пластической деформации.

**2. Прошивка заготовки с получением гильзы.** В качестве прошивного стана для трубопрокатного комплекса ОАО «БМЗ» был выбран косовальковый прошивной стан поперечно-винтовой прокатки с валками конической (грибовидной) формы и направляющими дисками Дишера.

На современных трубопрокатных агрегатах с непрерывным станом для получения гильз из катаной или непрерывнолитой заготовки применяются прошивные станы винтовой прокатки различной конструкции, а также пресс-валковые прошивные станы.

В мировой практике трубного производства наибольшее распространение получили прошивные станы поперечно-винтовой прокатки двухвалкового типа с направляющим инструментом – линейками или дисками (Дишера). На этих станах достигаются значительные вытяжки и обеспечивается производство относительно тонкостенных гильз. Основным разработчиком и производителем современных модернизированных прошивных станом поперечно-винтовой прокатки за рубежом является немецкая фирма «Mannesmann Demag Meer», разработавшая конструкцию двухвалковых прошивных станом, обеспечивающих повышение коэффициента вытяжки до 5, ужесточение допуска по толщине стенки гильзы, улучшение качества поверхности и сокращение расхода прокатного инструмента [3, с. 137].

Двухвалковые прошивные станы конструкции «Mannesmann Demag Meer» имеют следующие особенности:

- вертикальное расположение рабочих валков, что улучшает условия монтажа направляющих дисков и облегчает размещение индивидуальных приводов рабочих валков;
- использование приводных дисков вместо направляющих линеек, что улучшает условия продольного перемещения заготовки и, как следствие, позволяет увеличить длину прокатываемых гильз до 9,5 м;
- выдачу оправки вместе с гильзой из линии стана и внестановую замену оправок, обеспечивающую уменьшение вспомогательного времени цикла («время паузы») до 4–5 с;
- возможность обработки как катаной, так и непрерывнолитой заготовки без ее предварительного обжатия.

Если же сравнивать станы с валками бочковидной и грибовидной формы, то в стане с бочковидными валками окружная скорость валка, скорость

вращения заготовки и скорость подачи возрастают от входа к «пережиму» валков, а в грибовидном прошивном стане эти параметры все время нарастают от входа к выходу валков, что увеличивает скорость прошивки. Изменение угловой скорости заготовки вдоль очага деформации приводит к скручиванию металла при прошивке. В бочковидных станах ввиду того что угловая скорость заготовки до «пережима» возрастает, а после «пережима» падает, скручивание металла во входном конусе направлено в сторону вращения заготовки, а в выходном – в обратную сторону. В грибовидных прошивных станах скручивание металла вдоль всего очага деформации направлено в сторону вращения заготовки и не меняется в процессе прошивки. Изложенное дает основание полагать, что напряженное состояние металла при прошивке в грибовидном прошивном стане наиболее благоприятно с точки зрения получения качественных гильз при повышении производительности стана. Следует также отметить, что по литературным данным и данным, полученным на трубопрокатных заводах, брак по наружным и внутренним плёнам в установках с грибовидными прошивными станами не превышает 0,06 %, в то время как брак по наружным и внутренним плёнам в установках с бочковидными валками более 4%.

В настоящее время наибольшее распространение за рубежом получают именно прошивные станы с двухпорными грибовидными валками (положительным углом раскатки) и индивидуальным приводом валков.

Из всего перечисленного выше можно сделать вывод, что современный двухвалковый прошивной стан поперечно-винтовой прокатки с вертикально расположенными грибовидными валками, с дисками Дишера и системой замены оправок удовлетворяет всем требованиям в отношении качества продукции, производительности агрегата, износа инструмента и удобства обслуживания.

**3. Раскатка гильзы в черновую трубу на раскатном стане.** В качестве раскатного стана выбран 4-клетьевого непрерывный стан с удерживаемой оправкой и трехвалковыми клетями (конструкция PQF). Каждый валок оснащен индивидуальным приводом. Перед станом установлена трехвалковая клеть обжатия полой заготовки (калибровочная). Задача оправки в гильзу – внестановая. Снятие трубы с гильзы после раскатки осуществляется в 3-клетьевого стане-извлекателе (AZW 450 I 3).

Стан PQF является конструкторской разработкой, выданной компанией «INNSE», Италия (в настоящее время входит в состав «SMS MEER»).

В мировой практике превращение гильзы в черновую трубу осуществляется путем ее продольной, косой или поперечной раскатки на короткой или длинной оправке. Методы реализации этого процесса характеризуются большим разнообразием, сложными технологическими схемами и конструкциями оборудования и постоянно совершенствуются с целью повышения качества труб, снижения материалоемкости, энергоемкости и трудоемкости их производства.

Отличительный признак непрерывной прокатки – одновременная деформация металла трубы в нескольких последовательно расположенных клетях. Клетки непрерывного стана оказываются взаимосвязанными друг с другом через прокатываемую трубу и оправку. Основное достоинство процесса – возможность прокатки труб большой длины с высокой скоростью. К преимуществам ТПА такого типа следует отнести также благоприятные условия деформации металла в непрерывном стане, минимальные технологические отходы и расположение оборудования, удобное для автоматизации технологических операций.

По технологии PQF прокатка труб осуществляется в трехвалковых регулируемых клетях на удерживаемой оправке. С точки зрения стоимости вложений, эффективности технологии и качества продукции она имеет больше преимуществ по сравнению с общеизвестными двухвалковыми установками МРМ (RMM). Эти преимущества заключаются в следующем:

- только одна гидравлическая система регулирования раствора валков, что обеспечивает простоту в обслуживании;
- более низкая степень деформации под ручьем валка в первой клетке, что обеспечивает возможность большего удлинения материала;
- меньший перепад окружной скорости между основанием ручья и фланцем валков, за счет чего достигается более ровная деформация в калибре как в устойчивом, так и переходном режиме;
- сокращение фланцевого участка трубы (не соприкасающегося с валком или оправкой), что позволяет лучше контролировать поток металла по направлению к фланцу – это становится особенно очевидным при прокатке хвостовой части, когда поток металла не сдерживается материалом у входа в клетку, как это бывает при устойчивом режиме работы;
- повышение срока службы оправки и валков;
- равномерное распределение температуры по черновой трубе;
- снижение образования плавников на концах трубы – за счет этого снижается концевых потерь;

- сокращение отклонений по допускам на толщину стенок.

Такие технические преимущества приводят к повышению эффективности по сравнению со станом традиционной конструкции (МРМ).

Выбранная конструкция раскатного стана (стан PQF) позволяет выпускать продукцию более высокого качества и при этом с большей рентабельностью, чем на агрегатах с непрерывными станами традиционной конструкции.

**4. Промежуточный подогрев черновых труб.** Промежуточный подогрев необходим для выравнивания температур по длине и сечению черновых труб – это требуется только для тонкостенных труб, доля которых может составить 20–40 % сортамента. В качестве устройства промежуточного подогрева выбран индуктор, который обладает следующими преимуществами по сравнению с газовой печью:

- подбирая частоту индуктора, можно добиться толщины «скин-эффекта», равной толщине стенок трубы, что обеспечивает скорость и равномерность прогрева;
- ввиду большой скорости нагрева практически исключено окисление;
- значительно меньшие геометрические размеры установки;
- возможность отключения при нецелесообразности использования.

**5. Редуцирование черновых труб на 28-клетевом редуцирующе-растяжном стане.** На редуцирующе-растяжном стане ряд 3-валковых клеток выполняет в непрерывном режиме обжатие трубы по диаметру, без участия оправки. В качестве редуцирующе-растяжного стана выбрана комбинированная трехвалковая конструкция, включающая 10 клеток с валками номинальным диаметром 450 мм и 18 клеток с валками номинальным диаметром 330 мм. Клетки оснащены внутренними коническими редуцирующими. Каждая клетка имеет один входной вал от общих редуцирующих коробок. За счет возможности варьировать количество клеток и частоту вращения удается получать готовые трубы необходимого профильного сортамента всего из нескольких размеров черновых труб, поступающих с раскатного стана. Горячую безоправочную прокатку в мировой практике применяют для калибровки труб по диаметру (калибровочные станы), значительного уменьшения диаметра и изменения толщины стенки труб (редуцирующие станы).

Опыт эксплуатации редуцирующих станов показал, что увеличение числа валков, образующих калибр, уменьшает поперечную разностенность труб. Следовательно, 28-клетевой редуцирующе-

растяжной стан трехвалковой конструкции, оснащенный системой измерения толщины стенки, отвечает современным тенденциям в технологиях по производству бесшовных горячедеформированных труб.

После редуционно-растяжного стана происходит транспортировка труб по транспортному рольгангу, а затем их боковое выбрасывание на поле холодильника с помощью специального устрой-

ства. Шагающие балки с электромеханическим приводом осуществляют перемещение труб по полю холодильника и при этом одновременное их вращение вокруг своей оси – этим обеспечивается более равномерное охлаждение.

На этом процесс производства черновых труб можно считать законченным и трубы поступают на линию отделки.

#### Литература

1. Грудев А. П., Машкин Л. Ф., Ханин М. И. Технология прокатного производства. М.: Металлургия, 1994.
2. Тимошпольский В. И., Гусова И. А., Андрианов Д. Н. и др. Математическая модель выбора печи для нагрева трубных заготовок // Сталь. 2004. № 10.
3. Данченко В. Н., Коликов А. П., Романцев Б. А., Самусев С. В. Технология трубного производства. М.: Интернет инжиниринг, 2002.

Репозиторий БНТУ