



Montage and arrangement of equipment for the seamless hot-rolled pipes production is being carried out at present at RUP "BMZ". The planned date of putting into operation of production is till July, 3, 2007.

А. В. ГОНТАРЬ, О. М. ЛАЗЬКО, Г. Я. ШИЛЕНКО, РУП «БМЗ»

УДК 669.

СОЗДАНИЕ ТРУБОПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА РЕСПУБЛИКАНСКОМ УНИТАРНОМ ПРЕДПРИЯТИИ «БЕЛОРУССКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД»

Главой государства 24 ноября 2004 г. на совещании по вопросу о перспективах развития РУП «БМЗ» было дано поручение о создании на Республиканском унитарном предприятии «Белорусский металлургический завод» мощностей по производству бесшовных горячекатаных труб 250 тыс. т в год с вводом в эксплуатацию до 3 июля 2007 г.

В настоящее время в металлургической промышленности СНГ эксплуатируются трубопрокатные агрегаты и станы, позволяющие изготавливать трубы диаметрами от 0,3 до 2520 мм с толщиной стенки от 0,1 до 100 мм (и более) из различных сталей и сплавов по отечественным и зарубежным стандартам.

Широкий сортамент труб предопределил множество способов и агрегатов, на которых он реализуется. Причем каждый из способов характеризуется наиболее эффективным диапазоном получаемых труб. Кроме того, специфические требования, предъявляемые к трубам, определяют выбор способов их производства. Поскольку трубы используют для решения разнообразных технических проблем, то и изготавливают их в соответствии как со специальными требованиями, изложенными в стандартах, так и в технических условиях, разработанных совместно с потребителями труб с учетом условий их эксплуатации.

Поэтому одним из главных вопросов, который предстояло решить заводу, был выбор технологии производства. На стадии проведения тендера и заключения контракта на поставку основного технологического оборудования было проведено много дискуссий и получены заключения различных научных и производственных организаций.

Основные споры возникали в вопросе выбора технологии прокатки на раскатном стане. Фирмой «Danieli» предлагалась традиционная, проверенная в течение более 25 лет технология непрерывной

прокатки в двухвалковом калибре на удерживаемой оправке RMM или MPM (Multistand Pipe Mill), фирмой SMS Meer — новая технология непрерывной прокатки в трехвалковом калибре на удерживаемой оправке PQF (Premium quality Finishing). После длительных дебатов созданный Советом Министров Республики Беларусь штаб по координации работ, связанных со строительством и вводом в эксплуатацию мощностей по производству бесшовных горячекатаных труб на РУП «Белорусский металлургический завод», поддержал предложение специалистов завода и утвердил выбор технологии PQF. Время подтвердило правильность выбора и ошибочность мнения оппонентов в отношении новой технологии. Сегодня и фирма «Danieli» разработала концепцию проектирования и изготовления оборудования для производства труб по технологии FQM (Fine quality Mill), аналогичной поставляемой фирмой «SMS Meer» на трубопрокатный комплекс БМЗ технологии PQF. Теперь новая технология широко пропагандируется и предлагается фирмой «Danieli» потенциальным потребителям. В марте 2006 г. фирма «Danieli» организовала форум, на котором представила эту технологию. Технология использования трехвалкового стана, по мнению специалистов фирмы [10], обладает следующими основными преимуществами по сравнению с прежней технологией, при которой использовалась двухвалковая система прокатки на удерживаемой оправке:

- улучшение формы переднего и заднего конца трубы и соответственно повышение производительности;
- сокращение запаса оправок для ассортимента производимых труб;
- улучшение допусков по толщине трубы;
- сокращение избыточного потока материала, и таким образом, сокращение прокатных дефектов;

- улучшение стабильности прокатки благодаря тому, что оправка остается в нужном положении в трех зонах под углом 120°;
- ускорение операции замены валков;
- упрощение обработки валков, поскольку при их обработке не требуется регулировка шейки и прокладок в пяти клетях;
- более простой фундамент и, как следствие, сокращение расходов;
- более компактная конструкция стана, что позволяет сократить общую длину линии прокатки.

В настоящее время на РУП «БМЗ» ведется монтаж и наладка оборудования производства бесшовных горячекатаных труб.

Основным технологическим оборудованием цеха будет трубопрокатный агрегат с непрерывным станом новой конструкции PQF (6 $\frac{5}{8}$ дюйма),

изготовленный и поставленный фирмой «SMS Meer». Новый цех будет выпускать четыре сортаментные группы продукции:

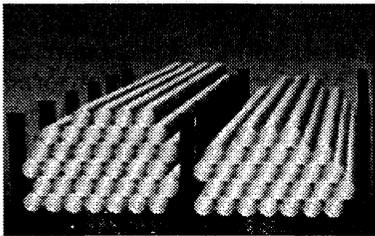
1) трубы для подшипниковой промышленности наружным диаметром от 31,1 до 139,5 мм с толщиной стенки от 4,1 до 20,6 мм;

2) трубы для машиностроительной промышленности наружным диаметром от 21,3 до 168,3 мм с толщиной стенки от 2,3 до 32,0 мм;

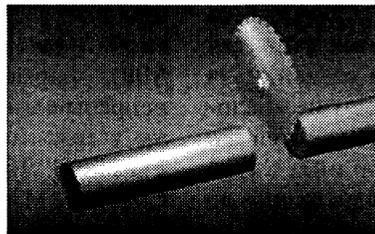
3) котельные трубы наружным диаметром от 32,0 до 168,3 мм с толщиной стенки от 2,5 до 19,0 мм;

4) нефтегазопроводные трубы (без резьбы) наружным диаметром от 51,0 до 168,3 мм с толщиной стенки от 4,0 до 9,2 мм.

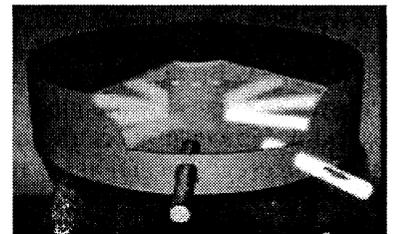
Технологическая цепочка по производству бесшовных труб будет включать в себя операции, приведенные ниже.



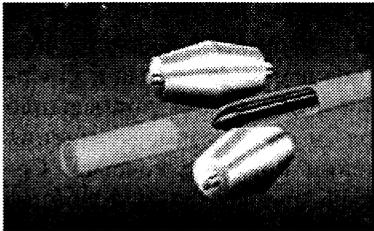
1. Складирование заготовок



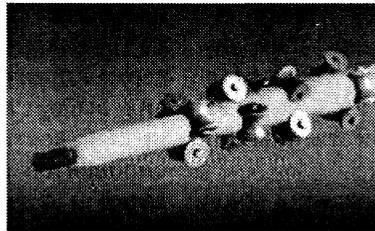
2. Порезка заготовок



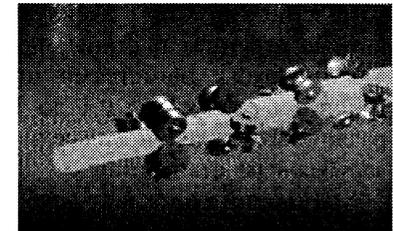
3. Нагрев в кольцевой печи



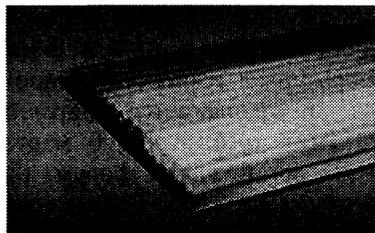
4. Прошивка



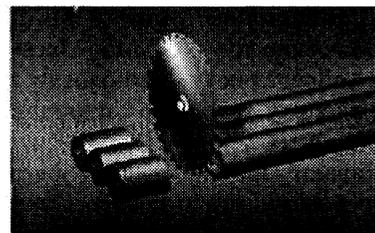
5. Раскатка



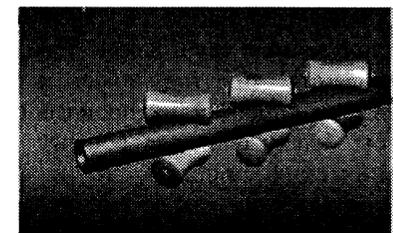
6. Редуцирование



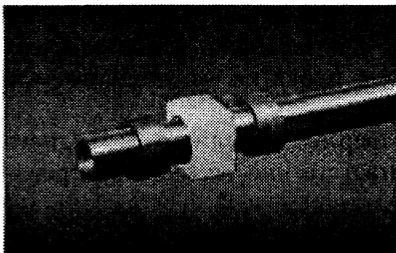
7. Охлаждение на холодильнике



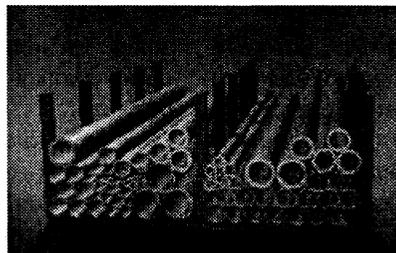
8. Порезка труб



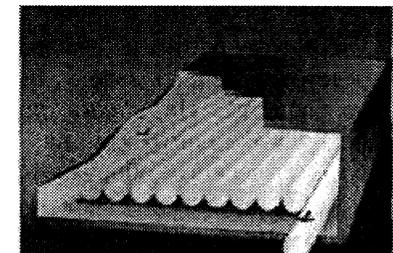
9. Правка



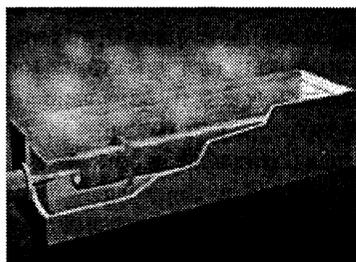
10. Контроль вихревыми токами



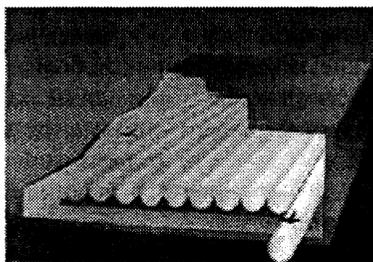
11. Промежуточное складирование



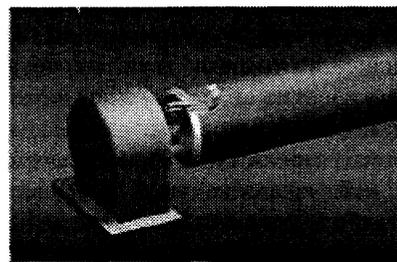
12. Печь закалки (отжига)



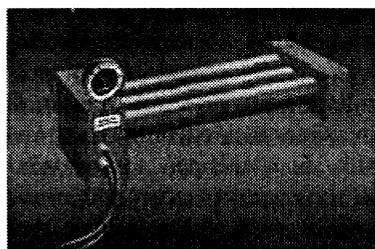
13. Узел быстрого охлаждения



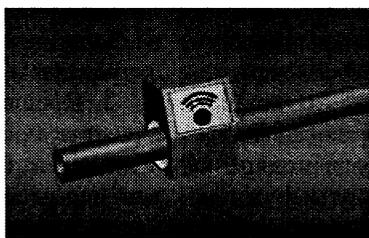
14. Печь отпуска



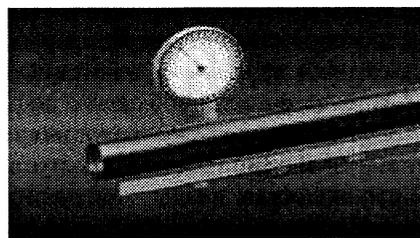
15. Обработка торцов



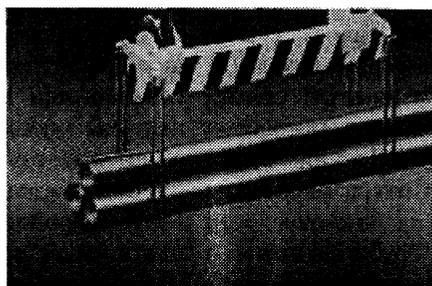
16. Гидроиспытания



17. УЗК



18. Взвешивание, маркировка, упаковка



19. Отгрузка

Качество получаемых труб будет соответствовать российским и зарубежным стандартам (ГОСТ, DIN EN, ISO, API 5L). По желанию потребителя будет возможно производство и поставка продукции по совокупным требованиям стандартов.

Качество труб на различных этапах технологического процесса будет контролироваться новейшей системой лазерного измерения толщины стенок «LASUS»; двумя установками обнаружения поверхностных дефектов при помощи вихревых токов (по SEP 1925); установкой обнаружения продольных трещин в толщине стенки при помощи ультразвука (по стандартам API 5L и DIN EN 10216); проверкой на герметичность при помощи гидроиспытательного пресса.

По требованию Заказчика и/или в соответствии с нормативными документами будут проводиться следующие виды механических и технологических испытаний: на растяжение; на ударный изгиб; измерение твердости (по Бриннелю, Виккерсу, Роквеллу); испытания труб на раздачу, на сплющивание.

По требованию Заказчика на трубы будут наноситься антикоррозионное покрытие и одеваться пластиковые заглушки.

Например, для изготовления колец подшипников качения используют только бесшовные трубы, так как в процессе работы тела качения милли-

оннократно воздействуют на дорожки качения колец переменной нагрузкой. Каждая точка этих поверхностей должна иметь одинаковые физико-механические свойства. Котельные трубы, используемые на тепловых электростанциях, должны обладать высокой теплопроводностью, выдерживать в течение длительного времени воздействие высоких температур и давлений и не подвергаться коррозии в атмосфере топочных газов. Поэтому такие трубы изготавливают бесшовными из специальных низкоуглеродистых легированных, так называемых котельных сталей.

Эти примеры показывают, что технологический процесс производства горячедеформированных труб вне зависимости от типа агрегата включает ряд последовательных операций, основные из которых следующие: нагрев заготовки под прокатку; получение гильзы, черновой и чистовой трубы.

Анализ технологического процесса

Весь технологический процесс производства бесшовных труб на трубопрокатном агрегате, который будет построен на РУП «БМЗ», можно условно разделить на ряд этапов.

1. Нагрев заготовки под прокатку. В технологии производства бесшовных труб нагрев металла считается одним из существенных технологичес-

ких 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 типа нагревательной печи для трубопрокатного комплекса Белорусского металлургического завода выбрана газовая печь с кольцевым вращающимся подом максимальной производительностью 80 т/ч. Печь позволяет нагревать горячекатаные и непрерывнолитые круглые заготовки сечениями диаметрами 140–200 мм до температур пластической деформации (около 1300 °С). Рабочее пространство такой печи выполнено в форме замкнутого пустотелого кольца с вращающимся подом и ограниченного наружными и внутренними стенками и подвесным сводом. Заготовки лежат неподвижно на вращающемся поду, вместе с подом они проходят все необходимые зоны нагрева и выгружаются через окно выдачи. Под печи движется толчками, причем при каждом толчке он поворачивается на угол, соответствующий расстоянию между соседними заготовками 10 или 12°. Скорость вращения пода может изменяться в зависимости от размера нагреваемой заготовки.

На существующих в мире трубопрокатных агрегатах для производства бесшовных труб для нагрева заготовок применяют газовые (кольцевые, карусельные, секционные и с шагающими балками) 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 [2, стр. 505]. Поэтому 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%) [4]. Еще одним важным недостатком печей с шагающими балками по

сравнению с кольцевыми является то, что для их эффективного использования необходимо применение более ограниченного количества типоразмеров длин заготовок либо применение для всего сортамента одной стандартной длины заготовки, разрезаемой после нагрева пилой горячей резки на заданные длины.

Таким образом, можно сделать вывод, что для трубопрокатного комплекса РУП «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 РУП «БМЗ» был выбран косовалковый прошивной стан поперечно-винтовой прокатки конструкции «СТР 1000 VD» 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 станов поперечно-винтовой прокатки за рубежом является немецкая фирма «Mannesmann Demag Meer», разработавшая конструкцию двухвалковых прошивных станов, обеспечивающих повышение коэффициента вытяжки до 5, ужесточение допуска по толщине стенки гильзы, улучшение качества поверхности и сокращение расхода прокатного инструмента [1, стр. 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;
- возможность обработки как катаной, так и непрерывнолитой заготовки без ее предварительного обжаривания.

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 пленам в установках с грибовидными прошивными станами не превышает 0,06%, в то время как брак по наружным и внутренним пленам 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.

Таким образом, можно сделать вывод, что современный двухвалковый прошивной стан поперечно-винтовой прокатки с вертикально расположенными грибовидными валками, с дисками Дишера и системой замены оправок, поставляемый в рамках контракта, 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 четырехклетевой 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 трехклетевом стане-извлекателе (AZW 450 I 3).

Стан PQF является конструкторской разработкой, выдвинутой компанией «INNSE», Италия (в настоящее время входит в состав «SMS Meer»)

в 1999 г. после успешного применения гидравлического нажимного механизма в трубопрокатных станах [6].

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 материало-, 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. До недавнего времени во всех непрерывных станах использовались клетки двухвалковой конструкции (так называемая технология MPM). Многоклетевые трубопрокатные станы MPM в течение многих лет были образцом современного оборудования для высококачественного производства бесшовных стальных труб — об этом свидетельствует довольно большое количество многоклетевых трубопрокатных станов MPM, поставленных фирмой «SMS Meer» в различные страны мира (16 шт.) [7]. О преимуществах трехвалковой деформации было известно давно, однако развитие в этом направлении сдерживалось отсутствием устройств, с помощью которых возможно было бы производить синхронную регулировку положения всех трех валков. Это стало возможным после появления разработок фирмы INNSE.

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 MPM (RMM). Эти преимущества заключаются в следующем [7]:

- 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 в 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 конечная потеря;

- сокращение отклонений по допускам на толщину стенок.

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

Таким образом, можно сделать вывод, что конструкция раскатного стана (стан PQF), позволит выпускать продукцию более высокого качества и при этом с большей рентабельностью, чем на агрегатах с непрерывными станами традиционной конструкции.

4. Система измерения толщины стенок трубы LASUS. На базе ряда предшествующих разработок 80-х годов фирма «SMS Meer» в сотрудничестве с компаниями «V & M» и «MFI» создала, успешно испытала и внедрила в эксплуатацию новый прибор для измерения толщины стенок горячих труб под названием LASUS («лазер — ультразвук»). Действие этого прибора основано на использовании индуцируемых лазером ультразвуковых импульсов [7]. Данная система обеспечивает точное измерение толщины отдельных стенок трубы, когда температура при ее прокатке достигает 1000 °С. При этом часть оправки может оставаться внутри трубы. Такие возможности измерительной системы помогают расширить применение уже проверенной на практике технологической системы CARTA (будет поставлена вместе со станом PQF).

Разнообразие возможностей применения системы и отличное качество измерительных величин обеспечивают совершенно новый уровень качества при производстве бесшовных труб.

5. 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 %. Поэтому в качестве устройства промежуточного подогрева выбран индуктор, который обладает следующими преимуществами по сравнению с газовой печью:

- подбирая частоту индуктора, можно добиться толщины «скин-эффекта», равного толщине стенок трубы, что обеспечивает скорость и равномерность прогрева;

- практически исключено окалинообразование;

- значительно меньшие геометрические размеры установки;

- возможность отключения при нецелесообразности использования.

6. Редуцирование черновых труб на 28-клетье-вом редуционно-растяжном стане. На редуционно-растяжном стане ряд трехвалковых клетей выполняет в непрерывном режиме обжатие трубы по диаметру, без участия оправки. В качестве редуционно-растяжного стана выбран комбинированный трехвалковый, включающий 10 клетей с валками номинальным диаметром 450 мм и 18 клетей с валками номинальным диаметром 330 мм, оснащенными коническими редукторами внутри клетей. Каждая клетка имеет один входной вал от общих редукторных коробок. За счет возможности варьировать количество клетей и частоту вращения удается получать готовые трубы необходимого профильного сортамента всего из нескольких размеров черновых труб, поступающих с раскатного стана. Горячую безопрочную прокатку в мировой практике применяют для калибровки труб по диаметру (калибровочные станы), значительного уменьшения диаметра и изменения толщины стенки труб (редукционные станы). В составе ТПА их обычно устанавливают за раскатным оправочным станом [1, стр. 266].

Двухвалковые клетки по сравнению с трехвалковыми более просты конструктивно и соответственно менее трудоемки при изготовлении и удобней в эксплуатации. Однако опыт эксплуатации редуционных станов показал, что увеличение числа валков, образующих калибр, уменьшает поперечную разностенность труб. Современные редуционные станы укомплектовываются в основном трехвалковыми клетями. Даже такой уникальный по сортаменту труб трубопрокатный агрегат 400 в г. Рат (Германия), прокатывающий трубы диаметром до 355 мм, имеет в своем составе редуционно-калибровочный стан с трехвалковыми клетями.

28-клетье-вой редуционно-растяжной стан трехвалковой конструкции, оснащенный системой измерения толщины стенки LASUS, 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 устройства. Шагающие балки с электромеханическим приводом осуществляют перемещение труб по полю холодильника и при этом одновремен-

ное их вращение вокруг своей оси — этим обеспечивается более равномерное охлаждение.

7. Операции отделки.

7.1 Горячекатаные трубы, поступающие с холодильника, передаются системой поворотных консолей на уровень выходных конвейеров и транспортируются по рольгангам к дисковым пилам пакетной резки. После резки трубы транспортируются к поперечно-роликовым правильным машинам, где подвергаются правке с целью устранения кривизны. После правки трубы передаются на установки продувки сжатым воздухом, а затем на установки неразрушающего контроля, на которых с помощью вихревых токов выявляются дефекты. Система испытания вихревыми токами обнаруживает трещины на наружной поверхности и трещины, близкие к наружной поверхности. Трубы, на которых обнаружены неустраняемые дефекты, отбраковываются.

После установки неразрушающего контроля трубы поступают на маркировочную машину (чернильная матричная система), а затем складироваться на промежуточном складе.

7.2. Термообработка требуется только для определенной части сортамента труб. Трубы, подвергаемые термообработке, с промежуточного склада передаются в печь для закалки и отжига (при необходимости

предусмотрена возможность обхода этой печи). После нагрева трубы транспортируются по рольгангу к узлу быстрого охлаждения, после быстрого охлаждения — по рольгангу к печи для отпуска (при необходимости предусмотрена возможность обхода печи для отпуска). После отпуска трубы подвергаются правке на машине горячей правки и далее транспортируются к поперечному транспортеру.

7.3 Термообработанные трубы (либо трубы, на которых не требуется термообработка) поступают по поперечному транспортеру на линию торцовки концов труб, на которой происходят их торцовка, снятие фасок, гидроиспытания и неразрушающий контроль с помощью ультразвука. После ультразвукового контроля трубы маркируются и увязываются в пакеты, а затем складироваться на складе готовой продукции, после чего производится их отгрузка.

Линия отделки предусматривает минимальное количество операций, необходимых для производства труб согласно планируемому сортаменту: подшипниковых, общего назначения (для нужд машиностроения), котельных, нефтегазо-проводных.

В таблице приведен сравнительный анализ допусков на геометрические размеры готовых труб, которые будут производиться в соответствии с требованиями контракта с допусками требований основных отечественных и зарубежных стандартов.

Сравнительный анализ допусков на геометрические размеры готовых труб, получаемых по технологии PQF (согласно контракту и требованиям стандартов)

Параметр	Диапазон параметра, мм	Величина допускаемых предельных отклонений					
		При процессе PQF	согласно требованиям основных мировых стандартов				
			ГОСТ 8732-78 (повышенной точности)	ГОСТ 8731-74	ISO 9329	ISO 1129	ISO 3183
Толщина стенки	<5,0	6,5%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	+0,6 мм -0,5 мм
	от 5,0 до 7,0	6,0%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	+15% -12,5%
	от 7,0 до 10,0	5,0%	12,5%	12,5%	12,5%	12,5%	+15% -12,5%
	от 10,0 до 13	4,0%	12,5%	12,5%	12,5%	10,0%	+15% -12,5%
	от 13 до 15	3,5%	12,5%	12,5%	12,5%	10,0%	+15% -12,5%
	от 15 до 30	3,5%	+10% -12,5%	+10% -12,5%	10,0%	7,5%	+15% -12,5%
	свыше 30	3,5%	10,0%	10,0%	10,0%	7,5%	+3,75 мм -3,00 мм
Наружный диаметр	до 50	0,3 мм	0,5 мм	0,5 мм	1%	0,5% 0,75%	0,5 мм
	от 50 до 100	0,3 мм	0,8%	0,8%	1%	1%	0,5 мм
	от 100 до 219	0,3%	0,8%	0,8%	0,5 мм	1%	0,75%

Литература

1. Данченко В.Н., Коликов А.П., Романцев Б.А., Самусев С.В. Технология трубного производства. М.: Интернет инжиниринг, 2002.
2. Грудев А.П., Машкин Л.Ф., Ханин М.И. Технология прокатного производства. М.: Металлургия, 1994.

3. Потапов И.Н., Коликов А.П., Дрян В.М. Теория трубного производства. М.: Металлургия, 1991.
4. Тимошпольский В.И., Трусова И.А., Андрианов Д.Н., Козлов С.М., Ратников П.Э. Математическая модель выбора печи для нагрева трубных заготовок // Сталь. 2004. №10.

5. Кривандин В.А., Егоров А.В. Тепловая работа и конструкции печей черной металлургии. М.: Металлургия, 1989.

6. Доклад главного инженера Тянджинской трубной корпорации Ян Шенга «Анализ технологии и качественных характеристик стана для прокатки на оправке с трехвалковыми клетями (PQF)».

7. Доклад начальника отдела проектирования и сбыта установок для производства бесшовных труб фирмы «SMS

MEER» Манфреда Леферинка «Основные современные технологии для производства высококачественных труб».

8. Зайцев О. Новые технологии производства труб от «SMS Meer» // Металлы мира. 2004. №4.

9. Телен Н., Ринальди П., Шенг Я. Технология PQF для производства бесшовных стальных труб // «Stahl und Eisen». 2004. N.124.

10. Первый контракт Даниели Центро Тубе в Н.Р. Китай и первая технология, основанная на трехвалковом FQM. «Danieli News». 2005. N.144.



ИЗДАТЕЛЬСТВО

“НОВОЕ ЗНАНИЕ”

НОВИНКА



Технология и оборудование для производства стержней методом Cold-box-amin

Д.А. Кудин, Д.М. Кукуй, Б.В. Куракевич, А.П. Мельников

Впервые обобщены вопросы теории и практики производства песчано-смоляных стержней и форм методом Cold-box-amin (холодное отверждение). В настоящее время на его применении основываются практически все проекты по модернизации стержневого производства.

Механизм метода Cold-box-amin заключается в отверждении стержневой смеси в ненагреваемой оснастке продувкой газообраз-

ным катализатором из группы третичных аминов. К безусловным достоинствам метода относятся высокие рабочие характеристики стержней (низкая газотворность, высокая прочность, возможность изготовления моноблоков, точность размеров, чистота поверхности отливок); высокие экономические показатели (производительность, низкий уровень брака стержней и отливок, низкая энергоемкость); улучшение экологических показателей по сравнению с процессами горячего отверждения стержней.

В предлагаемом издании дана сравнительная характеристика технологических, экономических и экологических показателей различных стержневых технологий.

Систематизированы данные по связующим материалам. Описан механизм формирования прочности вяжущей системы Cold-box-amin. Представлен материал по основному и вспомогательному стержневому оборудованию производства ведущих специализированных предприятий. Приведены примеры освоения технологии Cold-box-amin на предприятиях СНГ.

Книга адресована в качестве производственно-практического пособия для инженерно-технических работников литейного производства.

Срок выхода — январь 2007 г.

Наши координаты:

в Москве: (495) 234-58-53, e-mail: ru@wnk.biz

в Минске: (+375-17) 211 -50-38, e-mail: nk@wnk.biz