

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 3294

(13) U

(46) 2007.02.28

(51)⁷ В 21В 21/00, 23/00,
В 21D 19/00

(54) **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
БЕСШОВНЫХ ГОРЯЧЕДЕФОРМИРОВАННЫХ ТРУБ**

(21) Номер заявки: u 20060458

(22) 2006.07.07

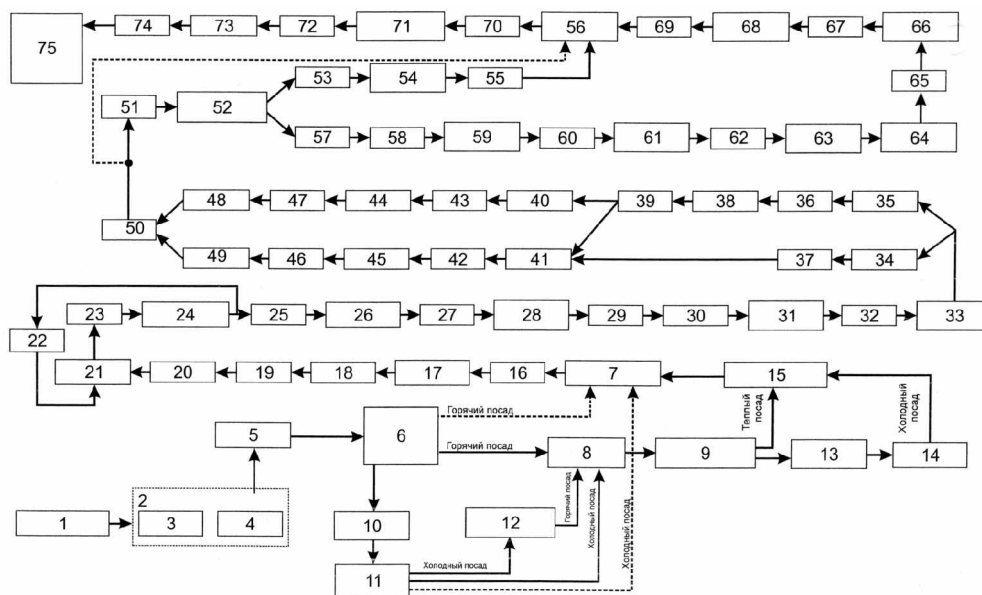
(71) Заявители: Республиканское унитарное предприятие "Белорусский металлургический завод"; Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Тимошпольский Владимир Исаакович; Андрианов Николай Викторович; Ткачев Сергей Павлович; Маточкин Виктор Аркадьевич; Герман Михаил Леонидович; Трусова Ирина Александровна; Кабишов Сергей Михайлович; Мандель Николай Львович; Хлебцевич Всеволод Алексеевич (ВУ)

(73) Патентообладатели: Республиканское унитарное предприятие "Белорусский металлургический завод"; Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(57)

Технологический комплекс для производства бесшовных горячедеформированных труб, включающий склад заготовок, трубозаготовочный стан с участком мерной резки раската, кольцевую печь, прошивной стан для получения полой гильзы, раскатной стан для получения черновой трубы со станцией раскисления и системой гидросбива окалины, трехвалковый четырехклетьевого раскатной стан PQF, извлекательно калибровочный стан с дисковой пилой для обрезки черновой гильзы, редуционно-растяжной стан с индукционной нагревательной печью и системой гидросбива окалины, холодильник с шагающими



Фиг. 1

ВУ 3294 U 2007.02.28

балками, двухниточный участок предчистовой и окончательной отделки труб по сортаменту, участок отжига и термообработки, **отличающийся** тем, что комплекс снабжен производством непрерывно-литых заготовок в составе агрегата для выплавки стали, который посредством агрегата комплексной внепечной обработки стали и машины непрерывного литья заготовок со средством мерной резки заготовок технологически связан горячим посадом круглых заготовок диаметром 200-220 мм с кольцевой печью и горячим посадом блюмов 250 × 300 мм, 300 × 400 мм через нагревательную печь с шагающими балками связан с трубозаготовочным станом 850, а через холодильник и временный склад круглых заготовок диаметром 200-220 мм и блюмов 250 × 300 мм, 300 × 400 мм соответственно технологически связан холодным посадом круглых заготовок с кольцевой печью и холодным посадом блюмов через подогревательную печь и через нагревательную печь с шагающими балками связан с трубозаготовочным станом 850, и холодным посадом блюмов через нагревательную печь с шагающими балками связан с трубозаготовочным станом 850, при этом раскатной стан PQF через систему циркуляции оправок технологически связан с извлекательно-калибровочным станом.

(56)

1. SU № 1838011 АЗ, МПК⁵ В21В 17/02 // Бюл. № 32. - 1993.
2. Патент SU № 364143, МПК В 21В 19/00 // Бюл. № 4. - 1993.
3. RU № 2166389 С2, МПК В 21В 3/02. - Опубл. 10.05.2001.

Полезная модель относится к металлургии, к технологии изготовления товарной продукции на технологическом комплексе для производства стальных горячекатаных бесшовных труб путем получения непрерывно-литой заготовки и получения трубы из непрерывно-литой заготовки или из покупной заготовки, в том числе и из катаной.

Известен технологический комплекс для производства стальных горячекатаных бесшовных труб, включающий склад заготовок, нагревательный агрегат, прошивной стан для получения полой гильзы, трубопрокатный стан, калибровочный стан и редуционно-растяжной стан [1].

В соответствии с технологией известного комплекса, круглый или многогранный слиток нагревают до 1200...1220 °С, из слитка на прошивном стане получают полую гильзу и с температуры прошивки 1100...1200 °С на трубопрокатном стане раскатывают в трубу нужного диаметра. По окончании прокатки осуществляют калибровку и правку с выходом годной продукции.

Известный комплекс обладает ограниченными технологическими возможностями, т.к. в нем предусмотрена возможность производства труб только из покупной литой заготовки, что ограничивает сортамент труб по типоразмеру и марочному составу сталей и повышает себестоимость готовой продукции.

Известен технологический комплекс для производства стальных горячекатаных бесшовных труб, включающий литейный агрегат на основе машины центробежного литья, склад литых заготовок, нагревательный агрегат, прошивной стан, трубопрокатный стан, участок термообработки, склад готовой продукции [2].

На этом комплексе полую заготовку отливают центробежным литьем, отлитую и охлажденную заготовку нагревают со скоростью не более 70 °С/мин до температуры 830...950 °С, при которой выдерживают в течение 1...5 ч, после чего охлаждают до температуры 690...730 °С со скоростью 2...10 °С/мин и затем с произвольной скоростью до цеховой температуры. Перед подачей заготовки в трубопрокатный стан ее нагревают до 1100...1200 °С, раскатывают в заданный размер и при температуре до 1100 °С подвергают кривой прокатке на длинной оправке тремя и более валками.

Известный комплекс обладает ограниченными технологическими возможностями, т.к. в нем предусмотрена возможность производства труб только из литой заготовки, что ог-

раничивает сортамент труб по типоразмеру и марочному составу сталей и повышает себестоимость товарной трубы.

В качестве прототипа принят технологический комплекс для производства стальных горячекатаных бесшовных труб, включающий литейный агрегат на основе машины центробежного литья, склад литых заготовок, нагревательный агрегат, пилигримовый стан и непрерывный 7-клетевой раскатной стан, участок термообработки, склад готовой продукции [3].

Центробежным литьем отливают полузаготовку с отношением наружного диаметра к внутреннему от 1,05 до 1,7, например диаметром 100 мм и толщиной стенки до 20 мм. Эту заготовку в газовой печи нагревают со скоростью не более 70 °С/мин до температуры 830...950 °С и при этой температуре выдерживают в термостате в течение 1...5 ч. Затем в термостате замедленно охлаждают со скоростью 2...10 °С/мин до температуры 690...730 °С, после чего заготовку извлекают из термостата и с произвольной скоростью охлаждают до цеховой температуры. Перед подачей заготовки в прошивной стан ее разогревают до температуры 730...1100 °С и при этой температуре раскатывают в заданный размер, после чего заготовку с температуры 915 °С прокатывают на пилигримовом и непрерывном 7-клетевом стане на оправке в трубу с внешним диаметром 80 мм и толщиной стенки 3 мм. Вытяжка при горячей прокатке заготовки в трубу составляет $A = 11,26$. После горячей прокатки трубу выдерживают при температуре 835 °С в течение 24 ч, т.е. подвергают высокотемпературному отжигу.

Готовую трубу после прокатки помещают в термостат, если ее температура находится в пределах 730...950 °С, или в печь, если ее температура ниже 730 °С, и выдерживают при температуре 730...950 °С в течение 24 ч. Затем трубу охлаждают на воздухе до цеховой температуры и помещают на склад.

Комплекс-прототип обладает также ограниченными технологическими возможностями, т.к. в нем предусмотрена возможность производства литых трубных заготовок только центробежным литьем, что ограничивает сортамент труб по типоразмеру и марочному составу сталей и снижает себестоимость товарной трубы.

В основу полезной модели поставлена задача расширения технологических возможностей нового комплекса для производства стальных горячекатаных бесшовных труб путем независимой технологии пропускания через кольцевую печь по восьми автономным и технологически взаимосвязанным потокам при различных ритмах работы комплекса с широким диапазоном марочного состава металла с различными геометрическими размерами от непрерывно-литой и катаной круглой трубной заготовки собственного производства до покупных заготовок различных производителей.

Поставленная задача достигается тем, что в технологическом комплексе для производства стальных горячекатаных бесшовных труб, включающем склад заготовок, трубозаготовочный стан с участком мерной резки, кольцевую печь, прошивной стан для получения полый гильзы, раскатной стан для получения черновой трубы со станцией раскисления и системой гидросбива окалины, трехвалковый четырехклетевой раскатной стан PQF, извлекательно калибровочный стан с дисковой пилой для обрезки черновой гильзы, редуционно-растяжной стан с индукционной нагревательной печью и системой гидросбива окалины, холодильник с шагающими балками, двухниточный участок предчистовой и окончательной отделки труб по сортаменту, участок отжига и термообработки, согласно полезной модели, комплекс снабжен производством непрерывно-литых заготовок, агрегат для выплавки стали которого посредством агрегата комплексной внепечной обработки стали и машины непрерывного литья заготовок со средством мерной резки заготовок технологически связан горячим посадом круглых заготовок диаметром 200-220 мм с кольцевой печью и горячим посадом блюмов 250 × 300 мм, 300 × 400 мм через нагревательную печь с шагающими балками с трубозаготовочным станом 850, а через холодильник и временный склад круглых заготовок диаметром 200-220 мм и блюмов 250 × 300 мм, 300 × 400 мм соответственно технологически связан холодным посадом круглых заготовок с кольцевой печью и холодным посадом блюмов через подогревательную печь и через нагревательную печь с шагающими балками технологически связан с трубозаготовочным станом 850, и

BY 3294 U 2007.02.28

холодным посадом блюмов через нагревательную печь с шагающими балками технологически связан с трубозаготовочным станом 850, при этом раскатной стан PQF через систему циркуляции оправки технологически связан с извлекательно калибровочным станом.

Технический результат, получаемый при решении поставленной задачи, проявляется в возможности получения товарной продукции на различных технологических стадиях: выплавка и получение товарной трубы путем управления технологическим регламентом работы модулей, из которых построен технологический комплекс для производства стальных горячекатаных бесшовных труб.

Для лучшего понимания техническое решение поясняется чертежом, где

фиг. 1 - общая технологическая схема технологического комплекса для производства стальных горячекатаных бесшовных труб;

фиг. 2 - дифференциальная технологическая схема комплекса.

Технологический комплекс для производства стальных горячекатаных бесшовных труб включает производство непрерывно-литых заготовок в составе агрегата 1 для выплавки стали, который посредством агрегата комплексной внепечной обработки стали, например, в составе печи-ковша 3 и вакууматора 4, и машины 5 непрерывного литья заготовок с участком 5 мерной резки заготовок технологически связан горячим посадом круглых заготовок диаметром 200-220 мм с кольцевой печью 7 и горячим посадом блюмов 250 × 300 мм, 300 × 400 мм через нагревательную печь 8 с шагающими балками связан с трубозаготовочным станом 9 типа 850, а через холодильник 10 и временный склад 11 круглых заготовок диаметром 200-220 мм и блюмов 250 × 300 мм, 300 × 400 мм соответственно технологически связан холодным посадом круглых заготовок диаметром 200-220 мм с кольцевой печью 7 и технологически связан холодным посадом блюмов 250 × 300 мм, 300 × 400 мм через подогревательную печь 12 и через нагревательную печь 8 с шагающими балками связан с трубозаготовочным станом 9. Трубозаготовочный реверсивный стан 9 типа 850, в зависимости от требований технологической инструкции, загружают блюмами 250 × 300 мм, 300 × 400 мм. После прокатки на стане 9 получают круглый раскат диаметром 80...160 мм и в зависимости от технологических карт раскат пропускают через холодильник 13 на воздухе, через временный склад 14 готовой продукции стана 850 и холодным посадом далее транспортируют через участок 15 мерной резки раската в кольцевую печь 7. По другой технологии с трубозаготовочного стана 9 теплым посадом полужесткий раскат пропускают через участок 15 мерной резки раската в кольцевую печь 7.

Кольцевая печь 7 посредством системы транспортировки 16 связана с прошивным станом 17 для получения полой гильзы из круглой заготовки и через станцию 18 раскисления, транспортный манипулятор 19 и систему 20 гидросбива окалины с полой гильзы связана с трехвалковым четырехклетьевым раскатным станом 21 модели PQF для получения черновой трубы. Раскатной стан 21 через систему 22 циркуляции оправок, конвейер 23 технологически связан с извлекательно-калибровочным станом 24, который посредством конвейера 25, дисковой пилы 26 - обрезки черновой гильзы и цепного конвейера 27 связан с индукционной печью 28 для промежуточного подогрева труб. Индукционная печь 28 через систему 29 транспортировки с перевалкой и систему 30 гидросбива окалины связана с чистовым редуционно-растяжным станом 31, который посредством рольганга 32 и холодильника 33 с шагающими балками связан с двухниточным участком А предчистовой отделки и окончательной отделки труб по сортаменту. Участок А технологически связан через участок отжига с двухниточным участком Б окончательной отделки и термообработки труб и технологически связан с выходным средством неразрушающего контроля труб.

В зависимости от марочного состава и типоразмера труб участок А предчистовой отделки может быть выполнен, например, по следующему двухниточному конструктиву. В зависимости от требуемой производительности к предчистовой отделке и марочника стали холодильник 33 с шагающими балками технологически разделяет нитку труб на два параллельных потока, соответственно посредством пил 34, 35 для резки труб на мерные длины, которые транспортными потоками 36, 37 соответственно через дифференциальную пилу 38 для резки меньших размеров труб или непосредственно связаны с правильными

BY 3294 U 2007.02.28

машинами 40, 41 холодной правки труб, при этом система транспортировки 39 выполнена с возможностью деления нитки труб на два потока к правильным машинам 40, 41. Правильные машины 40, 41 посредством идентичных технологических параллельных потоков, включающих последовательно связанные системы транспортировки 42, 43, средства неразрушающего контроля 44, 45, системы транспортировки 46, 47, маркировочные машины 48, 49, технологически связаны через общую систему 50 транспортировки, рольганг - поперечный транспортер 51 с печью 52 для отжига-закалки, которая через две технологические нитки связана с системой выходного неразрушающего контроля. Одна из технологических ниток участка Б включает последовательно установленные рольганг 53, холодильник на воздухе 54 и рольганг 55 транспортировки к системе 56 выходного неразрушающего контроля. Общая система 50 транспортировки может быть непосредственно связана с системой 56 выходного неразрушающего контроля.

Другая технологическая линия участка Б включает технологически связанные с печью 52 для отжига узел 57 быстрого охлаждения в воде, транспортирующий рольганг 58 для термообработки в печи 59 отпуска после закалки, транспортирующий рольганг 60 к машине 61 горячей правки труб, транспортирующий рольганг 62 к холодильнику 63 и машине 64 торцовки труб, связанной через рольганг 65 с машиной 66 снятия фасок, которая посредством рольганга 67, стенда гидроиспытаний 68, рольганга 69 связана с системой 56 выходного неразрушающего контроля.

Система 56 выходного неразрушающего контроля посредством рольганга 70, машины 71 маркировки, пакетирования и взвешивания, рольганга 72, машины 73 нанесения покрытий, транспортера 74 связана со складом 75 готовой продукции.

Технологический комплекс, на примере Белорусского металлургического завода, для производства стальных горячекатаных бесшовных труб может работать по одному из следующих циклов по фиг. 1.

Технологически взаимосвязанные между собой автоматической системой управления агрегат 1 выплавки железосодержащего расплава посредством агрегата 2 комплексной внепечной обработки стали - АКОС для доводки и рафинирования стального расплава заданного марочника в составе печи-ковша 3 и вакууматора 4 осуществляют подачу стального расплава в машину 5 непрерывного литья заготовок - МНЛЗ, оснащенную набором сменных кристаллизаторов для производства круглых заготовок длиной до 15 м и диаметром 200-220 мм и блюмов 250 × 300 мм, 300 × 400 мм.

Через участок 6 резки полученные мерные круглые заготовки диаметром 200-220 мм тремя технологическими потоками транспортируют горячим посадом в кольцевую печь 7 и/или горячим посадом блюмы 250 × 300 мм, 300 × 400 мм через нагревательную печь 8 с шагающими балками транспортируют в трубозаготовочный стан 9 типа 850, и/или через холодильник 10 и временный склад 11 тремя технологическими потоками непрерывнолитые и/или покупные круглые заготовки диаметром 200-220 мм и блюмы 250 × 300 мм, 300 × 400 мм транспортируют: холодным посадом круглые заготовки диаметром 200-220 мм в кольцевую печь 7; холодным посадом транспортируют блюмы 250 × 300 мм, 300 × 400 мм через подогревательную печь 12 и через нагревательную печь 8 с шагающими балками в трубозаготовочный стан 9. Трубозаготовочный реверсивный стан 9 типа 850, в зависимости от требований технологической инструкции, загружают блюмами 250 × 300 мм, 300 × 400 мм. После прокатки на стане 9 получают круглый раскат диаметром 80...160 мм и в зависимости от технологических карт раскат по одному из потоков пропускают через холодильник 13 на воздухе, через временный склад 14 готовой продукции стана 850, где их разгружают с помощью электромостовых кранов и поплавно укладывают.

После прокатки на стане 9 круглый раскат по другому технологическому потоку транспортируют к пилам горячей резки на участок 15 резки и теплым посадом транспортируют раскат в кольцевую печь 7.

По мере технологической потребности после визуального контроля производят подачу трубных заготовок со склада 14 посредством транспортного оборудования на загрузочный стол участка 15 к пилам холодной резки на мерные длины от 750 до 4200 мм, где их взвешивают, измеряют длины и холодным посадом транспортируют раскат в кольцевую печь 7.

BY 3294 U 2007.02.28

Перед посадом в кольцевую печь 7 заготовки взвешивают. Данные о массе каждой заготовки передают в электронную систему слежения.

После нагрева до заданной температуры в кольцевой печи 7 посредством системы транспортировки 16 заготовки передают на прошивной стан 17, например, Дишера, на котором в процессе поперечно-винтовой прокатки получают полуую гильзу из круглой заготовки.

Прошивку заготовки в прошивном стане 17 для получения гильзы осуществляют по технологии.

Нагретую заготовку через входной желоб прошивного стана 17 гидравлическим толкателем подают к рабочим валкам, в то время как прошивные диски Дишера направляют прокатываемый материал. В процессе поперечно-винтовой прокатки сплошная круглая заготовка по прошивной оправке раскатывается в полуую заготовку. Оправка является сменной. На выходной стороне полуую заготовку направляют 3-роликовыми направляющими.

На выходе прошивного стана 17 через станцию 18 раскисления в полуую заготовку с помощью азота подают противокислительный порошок.

Далее полуую заготовку передают с помощью транспортирующих манипуляторов 19 к прокатной линии раскатного стана 21 типа PQF, на котором получают черновую трубу. В линии раскатного стана 21 установлены система 20 гидросбива окалины, непосредственно раскатной стан 21 и стан 24 извлекательно-калибровочный.

Процесс PQF (аббревиатура фирмы "SMS Meer") основан на принципе непрерывной прокатки в четырех последовательно расположенных 3-валковых клетях на цилиндрической оправке, которая движется с постоянной скоростью на протяжении прокатки. На входной стороне прокатного стана 21 PQF предусмотрена система 20 гидросбива окалины с внешней стороны гильзы для устранения в процессе последующей прокатки на стане 21 поверхностных дефектов в виде "вкат окалины". Перед первой клетью стана 21 размещена клеть обжатия полой заготовки, предназначенная для выравнивания наружного диаметра полой заготовки и уменьшения зазора между полой заготовкой и оправкой. Далее полая заготовка поступает в четыре 3-валковые клетки стана (на чертеже условно не показано).

Раскатной стан 21 через систему 22 циркуляции оправок, конвейер 23 технологически связан с извлекательно-калибровочным станом 24, состоящим из 3-х клеток (3-валкового типа), предназначенных для снятия гильзы с оправки калибровки заготовки.

После прокатки оправку отводят, снимают посредством ротационных кронштейнов и подают в систему 22 циркуляции оправок.

После выхода из стана 24 - извлекателя оправки черновую трубу передают с помощью конвейера 25 к дисковым пилам 26 обрезки гильзы, с помощью которых отрезают задний конец черновой трубы, который в силу технологических особенностей раскатного стана 21 имеет неправильную геометрическую форму.

Получение чистой трубы с заданными геометрическими размерами. Черновую трубу посредством конвейера 25, дисковой пилы 26 - обрезки черновой гильзы и цепного конвейера 27 подают в индукционную печь 28 для промежуточного подогрева труб. В индукционной печи 28 промежуточного подогрева производят выравнивание температуры по длине и сечению труб. Для труб, которые не нуждаются в промежуточном подогреве, предусмотрен байпасный рольганг для обхода печи, что на чертеже условно не показано.

Из индукционной печи 28 через систему 29 транспортировки с перевалкой и систему 30 гидросбива окалины черновую гильзу подают на чистой редуционно-растяжной стан 31, на котором производят окончательное формирование стенки и диаметра трубы.

Чистовую прокатку нагретой гильзы осуществляют на редуционно-растяжном стане 31, оснащенный системой автоматизации "Carta" для прокатки труб с оптимизированными установочными данными.

Нитка труб, выходящая из редуционно-растяжного стана 31, охлаждается на холодильнике 33 с шагающими балками размером 80 × 25 м.

Из чистового редуционно-растяжного стана 31 посредством рольганга 32 и холодильника 33 с шагающими балками трубу подают на двухниточный участок А предчисто-

BY 3294 U 2007.02.28

вой отделки и окончательной отделки труб по сортаменту. С участка А трубу через участок отжига задают на двухниточный участок Б окончательной отделки и термообработки труб и далее подают на выходное средство неразрушающего контроля труб.

Отделка труб на двухниточном участке А. Предчистовая отделка, правка.

На пилах 34, 35 для пакетов труб нитку труб режут на мерные длины по 15 м. В качестве альтернативы между редуционно-растяжным станом 31 и холодильником 33 может быть установлена дисковая пила для резки меньших размеров труб на полудлину и резки концов труб, снятие фаски.

После транспортировки в предчистовой линии участка А трубы проходят холодную правку на правильных машинах 40, 41, систему транспортировки 42, 43 к установкам 44, 45 неразрушающего контроля качества труб вихревыми токами и через систему транспортировки 46, 47 - к участку маркировки труб на маркировочных машинах 48, 49.

Окончательная отделка предусматривает следующую технологию. В соответствии с требуемыми стандартами трубы различного сортамента проходят необходимую линию отделки:

снятие фаски;

машиностроительные трубы (пакетирование, взвешивание и маркировка);

котловые трубы (снятие фасок, гидроиспытание, неразрушающий контроль; пакетирование, взвешивание и маркировка).

Неразрушающий контроль осуществляют:

контроль качества трубы с помощью ультразвука.

Посредством системы 50 транспортировки и рольганга поперечного транспортера 51 трубы передают на двухниточный участок Б термообработки.

Нефтепромысловые, газовые трубы и трубы специального назначения проходят два маршрута термообработки на участке Б.

По одному маршруту предусмотрена термообработка в печи 52 для отжига, на узле 57 быстрое охлаждение в воде, транспортировка на рольганге 58 для термообработки в печи отпуска 59, транспортировка рольгангом 60 к машине 61 горячей правки труб, подача рольгангом 62 для охлаждения на холодильнике 63, подача на машину 64 торцовки труб, подача рольгангом 65 через машину 66 снятия фасок и рольганг 67 на стенд 68 гидроиспытаний труб (32), неразрушающий контроль 56, транспортировка рольгангом 70 к участку взвешивания и машине 71 маркировки и пакетирования.

По другому маршруту предусмотрена термообработка в печи 52 для отжига; подача рольгангом 53 для охлаждения на воздухе на холодильнике 54; транспортировка рольгангом 55 к системе 56 неразрушающего контроля, взвешивание, подача рольгангом 70 к машине 71 маркировки и пакетирования.

Термообработка требуется только для определенной части сортамента труб (трубы общего назначения подвергаются термообработке по требованию заказчика). После машины 71 маркировки и пакетирования трубы подают рольгангом 72 на машину 73 нанесения покрытий и транспортером 74 на склад 75.

В работе комплекса предусмотрен вариант, когда трубы через систему 50 транспортировки проходят систему 56 ультразвукового неразрушающего контроля, трубы маркируются на машине 71 маркировки и пакетирования, увязываются в пакеты, а затем складываются на складе 75 готовой продукции.

Особенностью нового технологического комплекса для производства стальных горячекатаных бесшовных труб по сравнению с известными аналогами является возможность независимой технологии пропускания через кольцевую печь по автономным и взаимосвязанным между собой технологическим потокам при различных ритмах работы комплекса и на различных его технологических стадиях, широкий марочный состав металла с различными геометрическими размерами от непрерывно-литой круглой трубной заготовки или в виде блюма собственного производства до покупных заготовок различных производителей.

Промышленное освоение технологического комплекса предусмотрено на РУП "БМЗ".

Фиг. 2