Methodology. When writing the article, a comparative analysis method was used to substantiate recommendations for overcoming negative phenomena in the pipe industry in Ukraine.

Findings. The article shows the dynamics of the development of the pipe industry in the country over the past year, with an emphasis on the domestic market. Recommendations for overcoming the negative trend of development of metallurgical enterprises, which are under the auspices of the association "Ukrtruboprom", in particular in the domestic market, are presented. The importance of introducing an automatic value added tax reimbursement system for exporting enterprises, as well as increasing the level of wages at pipe enterprises in Ukraine, was emphasized.

Originality. The importance of the practical application of methods of control theory, in particular, the method of comparative analysis, was confirmed. This made it possible to formulate a series of step-by-step measures

aimed at a comprehensive solution of the problems existing in the domestic pipe industry in Ukraine.

Practical value. The information presented in this article will be of interest to a wide range of researchers and practitioners who are interested in the general trend of the development of pipe enterprises in Ukraine. Understanding the depth of the problems of domestic consumption of metal products in modern Ukraine is the first step towards solving them in the future.

Key words: association of enterprises «Ukrtruboprom», pipe production, management, development, internal and external markets for products.

Рекомендована до друку
д. т. н. Г. Г. Шломчаком

Надійшла 5.04.2019

УДК 621.182+621.774]: 669.018

Л. В. Опрышко, Т. В. Головняк,
И. И. Полтава

Наука

Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт трубной промышленности имени Я. Е. Осады,
г. Днепро, Украина
e-mail liudmila.opryshko@ gmail.com

Особенности качественных показателей металла котельных труб, изготовленных из непрерывнолитой заготовки ООО «МЗ «ДНЕПРОСТАЛЬ»

L. V. Opryshko, T. V. Golovnyak, I. I. Poltava

State Enterprise Ya. Ye. Osada Scientific
Research Tube Institute, Dnipro, Ukraine
e-mail liudmila.opryshko@gmail.com

Features of quality indicators of metal of boiler tubes rolled from continuously cast billets produced by DNIPROSTAL metallurgical works LLC

Цель. Исследование закономерностей формирования структуры и свойств, а также качества поверхности котельных труб в процессе трубного передела на ТПА 30-102 недеформированных непрерывнолитых заготовок (НЛЗ) стали 20 производства ООО «МЗ «ДНЕПРОСТАЛЬ».

Методика. Металлографические исследования (микроструктура, микроструктура, загрязненность неметаллическими включениями); испытания на растяжение и ударный изгиб при комнатной и повышенных температурах, определение склонности к механическому старению, испытания на длительную прочность, визуальный контроль поверхности заготовки и труб.

Результаты. Исследованы качественные показатели, в том числе служебные свойства, металла НЛЗ производства ООО «МЗ «ДНЕПРОСТАЛЬ» и изготовленных из них на ТПА 30-102 горячекатаных труб. Установлены закономерности влияния качества металла исходной НЛЗ, технологии трубного передела (горячей прокатки и термической обработки) на формирование структуры и свойств, а также на состояние

поверхности котельных труб. Разработан проект технических условий на НЛЗ производства ООО «МЗ «ДНЕПРОСТАЛЬ», предназначенных для изготовления котельных труб.

Научная новизна. Впервые на основе выявленных закономерностей влияния исходной НЛЗ на формирование качественных показателей металла труб, разработаны технические требования к непрерывнолитой заготовке ответственного назначения производства ООО «МЗ «ДНЕПРОСТАЛЬ», позволяющие получать котельные трубы высокой эксплуатационной надежности.

Практическая значимость. Результаты исследований позволят предприятиям компании ИНТЕРПАЙП УКРАИНА изготавливать котельные трубы высокой эксплуатационной надежности из непрерывнолитой заготовки производства ООО «МЗ «ДНЕПРОСТАЛЬ». Использование заготовки собственного производства снизит себестоимость котельных труб и устранил дефицит котельной трубной заготовки в Украине. (Ил. 4. Табл. 2 Библиогр.: 10 назв.)

Ключевые слова: непрерывнолитая заготовка, горячая прокатка, коэффициент вытяжки, котельные трубы, термическая обработка, макроструктура и микроструктура, остатки литой структуры, механические свойства, жаропрочность, дефекты.

DOI: 10.33101/s001-190007024

Постановка проблемы. В последнее время резко возросла потребность предприятий энергетики и газодобывающей отрасли Украины в котельных трубах по ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207, предназначенных для эксплуатации при высоких температурах и давлениях. В настоящее время украинские трубные заводы для изготовления таких труб используют деформированную заготовку, полученную из слитка стационарной или непрерывной разливки. Дефицит в Украине трубной заготовки ответственного назначения, зависимость отечественных предприятий от закупаемой в России котельной трубной заготовки обусловили необходимость поиска альтернативных видов заготовки – замены традиционно используемой деформированной заготовки на слиток. Зарубежный опыт использования слитка в качестве трубной заготовки для изготовления труб ответственного назначения уже имеется. Так, в настоящее время российские трубные заводы для производства котельных труб по ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207, наряду с горячекатаной (или кованой) трубной заготовкой, используют недеформированную непрерывнолитую заготовку (НЛЗ) [1-4].

С вводом в эксплуатацию крупнейшего в Восточной Европе электрометаллургического комплекса по производству круглой непрерывнолитой заготовки (ООО «МЗ «ДНЕПРОСТАЛЬ») такая возможность появилась и для предприятий компании ИНТЕРПАЙП УКРАИНА. В первую очередь, это касается ООО «ИНТЕРПАЙП НИКО ТБЮБ», оснащенного трубопрокатным агрегатом с непрерывным станом (ТПА 30-102), позволяющим деформировать металл без разрушения с высокими степенями деформации и тем самым компенсировать исключение деформации слитка в трубную заготовку из технологического цикла производства котельных труб [5; 6].

Формулирование цели. На основе комплексных исследований качества металла исходной НЛЗ и изготовленных из нее на ТПА 30-102 в

широком диапазоне коэффициентов вытяжки котельных труб разработать требования к котельной недеформированной непрерывнолитой заготовке производства ООО «МЗ «ДНЕПРОСТАЛЬ», обеспечивающие получение котельных труб высокой эксплуатационной надежности в полном соответствии с требованиями ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207.

Материал и методика исследований. Материалом исследования послужили НЛЗ диаметром 150 мм стали 20 одной плавки, а также изготовленные из них на ТПА 30-102 с максимальным и минимальным коэффициентами вытяжки (17,1 и 4,0) трубы размерами 60×6 и 114×14 мм в состояниях после горячей прокатки и после нормализации с отдельного нагрева. Исследования качественных показателей металла НЛЗ проводили на соответствие требованиям разработанного технического соглашения на поставку непрерывнолитых заготовок (ТС № 03В – 2017).

Химический состав исследованной плавки котельной стали 20 в основном удовлетворял требованиям ТС № 03В – 2017 и действующей нормативной документации на котельные заготовки и трубы. Массовая доля основных элементов находилась практически на среднем уровне нормативных значений. В металле исследованной плавки выявлено незначительное превышение олова относительно требований ТС № 03В – 2017 и зарубежной нормативной документации на котельную НЛЗ.

Макроструктуру металла заготовок и труб исследовали после глубокого травления в 50%-ном водном растворе HCl (при температуре 60–70 °С). Поперечные и продольные макротемплеты отбирали от заготовок по длине (начало, середина, конец) всех ручьев разливки. Контроль макроструктуры металла заготовок выполняли по СОУ МПП 77.040-191. Степень развития зоны с остатками литой структуры в макроструктуре металла труб контролировали по Приложению А к ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207.

Загрязненность неметаллическими включениями металла НЛЗ исследовали по всему сечению, определяя тип, месторасположение и размер включений. Оценку загрязненности металла труб проводили по ГОСТ 1778 методом Ш6.

Микроструктуру металла труб, в том числе по месту расположения обнаруженных дефектов, исследовали до и после травления в реактивах Нитала и Обергоффера на микроскопе Axiovert 200 MAT при 25-, 50-, 100-, 250-, 500- и 1000-кратных увеличениях. Оценку микроструктуры металла труб (полосчатость и ориентация по видманштетту) проводили по шкалам 1 и 2 Приложения Б к ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207.

Кратковременные испытания на растяжение при комнатной температуре проводили по ГОСТ 10006, при повышенных температурах (250, 400 и 450 °С) – по ГОСТ 19040. Испытания на ударный изгиб выполняли по ГОСТ 9454. Испытания на длительную прочность проводили при температуре 450 °С по ГОСТ 10145 с определением значения предела длительной прочности за 100 тыс. часов.

Склонность металла труб к механическому старению определяли методом испытания на ударный изгиб по ГОСТ 7268.

Результаты исследований. С учетом жестких требований к качеству поверхности котельных труб особое внимание уделяли визуальному контролю поверхности исходных НЛЗ. Поскольку заготовки поступили на трубный завод без обязательной согласно требованиям ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207 механической обработки для выявления дефектов и достоверной оценки качества поверхности их подвергали дробеметной обработке. На поверхности исследованных НЛЗ

при визуальном контроле обнаружены заливнины (наплывы), продольные утяжины различной степени грубости, острые и глубокие следы качания кристаллизатора, недопустимые для непрерывнолитой заготовки ответственного назначения [7–9].

Визуальным контролем на наружной поверхности исследованных труб, наряду с трубопрокатными, выявлены сталеплавильные дефекты по указанным порокам исходной НЛЗ: продольно ориентированные плены различной степени развития, трещиновидные нарушения сплошности различной ориентации и протяженности (рис. 1).

При проведении неразрушающего ультразвукового (на наличие дефектов поверхности и дефектов типа «расслоение») и токовыххревого контроля на наружной и внутренней поверхностях труб размерами 60×6 и 114×14 мм обнаружены продольные и поперечные дефекты, а также дефекты типа «расслоение». Наличие расслоений также подтверждено металлографическими исследованиями. В микроструктуре металла труб обнаружены расслоения по раскатанным загрязнениям (силикаты пластичные более 5 балла) – следствие наличия в металле исходной НЛЗ крупных глобулярных включений (рис. 2).

Макроструктура металла НЛЗ исследованной плавки в основном соответствует требованиям ТС № 03В – 2017. Степень развития допустимых дефектов макроструктуры, как правило, не превышала установленные нормы, за исключением отдельных темплетов, где были выявлены ликвационные полосы и осевая пористость недопустимых 2 и 4 баллов соответственно. В макроструктуре металла ряда исследованных темплетов также обнаружена недопустимая для котельной непрерывнолитой заготовки точечная неоднородность

Рис. 1. Внешний вид дефектов сталеплавильного происхождения, выявленных на наружной поверхности котельных труб из стали 20 размером 114×14 мм, ×0,5

Рис. 2. Неметаллические включения в металле непрерывнолитой заготовки стали 20 исследованной плавки (а) и изготовленной из нее трубы размером 60×6 мм (б), не травлено, ×100 (уменьшено в 2 раза)

краевая (ранее применяемый термин – краевое точечное загрязнение) [7–10]. Характерной особенностью кристаллического строения металла НЛЗ исследованной плавки является наличие развитой зоны транскристаллизации, зона мелких равноосных кристаллов практически отсутствует (рис. 3а).

Установлено влияние макрокристаллического строения исходной НЛЗ и коэффициентов вытяжки на формирование структуры и свойств котельных труб из стали 20 исследованной плавки. Технология горячей прокатки на ТПА 30-102 и действующий на ООО «ИНТЕРПАЙП НИКО ТБЮБ» режим нормализации не обеспечили получение однородной структуры металла котельных труб из стали 20, изготовленных с коэффициентами вытяжки 17,4 и 4,0 из НЛЗ с развитой зоной транскристаллизации.

В микроструктуре металла исследованных труб обоих размеров во всех состояниях (особенно после горячей прокатки) сохранились остатки литой структуры, более выраженные в металле труб размером 114×14 мм, изготовленных с низ-

ким коэффициентом вытяжки ($\mu = 4,0$) (рис. 3б). Степень развития зоны с остатками литой структуры в металле труб размером 114×14 мм – выше 5-го балла по Приложению А к ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207.

Микроструктура металла исследованных труб размером 60×6 мм, изготовленных с коэффициентом вытяжки 17,4, по нормированным показателям (полосчатость и ориентация по видманштетту) соответствует требованиям ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207 как в состоянии после горячей прокатки, так и после нормализации с отдельного нагрева (рис. 4а и 4б).

Микроструктура металла труб размером 114×14 мм, полученных с коэффициентом вытяжки 4,0, соответствует требованиям ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207 только в состоянии после нормализации с отдельного нагрева (рис. 4в и 4г). Характерной особенностью микроструктуры металла труб размером 114×14 мм после горячей прокатки является неоднородность по величине и распределению структурных составляющих, а также наличие практически по всей толщине

Рис. 3. Макроструктура металла непрерывнолитой заготовки стали 20 исследованной плавки (а – поперечное сечение) и изготовленной из неё трубы размером 114×14 мм (б – фрагмент кольцевого темплета): а×0,4; б×1,0

Рис. 4. Характерные микроструктуры металла котельных труб стали 20 размером 60×6 мм (а, б) и 114×14 мм (в, г), травление в реактиве Нитала, ×100 (уменьшено в 1,3 раза): а, в – после горячей прокатки; б, г – после нормализации с отдельного нагрева

стенки участков грубого конгломерата фаз – остатков литой структуры, ориентированных в виде грубых «ветвей» по первичным дендритам исходной непрерывнолитой заготовки (ориентация по видманштетту до 4-го балла по шкале 2 Приложения Б к ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207). Микроструктура металла труб размером 60×6 мм в состоянии после горячей прокатки отличается от труб размером 114×14 мм более мелкозернистой структурой и также характеризуется наличием локальных участков более крупнозернистых зерен с ориентацией по дендритной структуре исходной НЛЗ, но при этом степень развития видманштеттовой структуры не превышает 3-го предельно допустимого балла. Нормализация с отдельного нагрева привела к измельчению зерна и уменьшению степени неоднородности структуры металла исследованных труб (рис. 4б и 4г).

Кратковременные механические свойства металла труб обоих исследованных размеров при комнатной и повышенных (250, 400 и 450 °С) температурах после горячей прокатки и нормализации с отдельного нагрева удовлетворяют требованиям ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207 (табл. 1 и 2).

Отмечено незначительное увеличение прочностных свойств и соответственно снижение показателей пластичности с увеличением коэффициента вытяжки при изготовлении опытных труб.

Нормализация практически не изменила уровень механических характеристик труб обоих исследованных размеров.

Значения предела длительной прочности металла труб размерами 114×14 мм (после нормализации) и 60×6 мм (после горячей прокатки и нормализации) удовлетворяют требованиям ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207 с учетом допустимого указанными техническими условиями 20%-ного отклонения от нормы (табл. 2).

Исследована склонность к механическому (деформационному) старению металла труб обоих исследованных размеров в состояниях после горячей прокатки и после нормализации с отдельного нагрева. Металл труб, изготовленных как с низким, так и с высоким коэффициентами вытяжки, в обоих исследованных состояниях склонен к механическому старению: показатель склонности к старению находится в пределах от 45 до 63 % и от 49 до 50 % для труб размерами 114×14 и 60×6 мм соответственно. Нормализации снижала склонность металла исследованных труб к

Механические свойства металла труб при комнатной температуре

Размер трубы $D \times S$, мм	Временное сопротивление $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ²	Предел текучести $\sigma_{\text{т}}$, Н/мм ²	Относительное удлинение δ_5 , %	Относительное сужение Ψ , %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ²
60×6	После горячей прокатки				
	<u>457–469*</u> 463	<u>300–320</u> 310	<u>31,0–33,0</u> 32,0	–	<u>248–294</u> 268
	После нормализации				
	<u>456–486</u> 470	<u>332–380</u> 357	<u>28,0–35,0</u> 32,0	–	<u>229–275</u> 246
114×14	После горячей прокатки				
	<u>433–445</u> 441	<u>261–281</u> 269	<u>32,5–35,5</u> 34,5	<u>62,5–64,5</u> 63,5	<u>186–281</u> 238
	После нормализации				
	<u>438–475</u> 446	<u>276–308</u> 288	<u>33,0–38,0</u> 35,5	<u>57,5–68,5</u> 63,0	<u>191–321</u> 257
Норма ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207	412–549	Не менее			
		216	24,0	45,0	49,0

* В числителе указано минимальное и максимальное, в знаменателе – среднее значение характеристики.

Таблица 2

Предел текучести при повышенных температурах и предел длительной прочности металла труб

Размер труб <i>D</i> × <i>S</i> , мм	Предел текучести σ_T , ($\sigma_{0,2}$), Н/мм ²			Предел длительной прочности при 450 °С за 10 ⁵ часов $\sigma_{дл}$, Н/мм ²
	Температура испытания, °С			
	250	400	450	
60×6	После горячей прокатки			
	<u>401–403*</u> 402	<u>(293–297)</u> (295)	<u>(197–200)</u> (199)	86
	После нормализации			
	<u>310–322</u> 316	<u>(286–323)</u> (304)	<u>(233–286)</u> (259)	81
114×14	После нормализации			
	<u>238–242</u> 240	<u>(176–178)</u> (177)	<u>(155–159)</u> (157)	91
Норма ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207	Не менее			78±20 %
	196	137	127	

* В числителе указаны минимальное и максимальное, в знаменателе – среднее значение характеристики.

деформационному старению, однако показатель склонности к механическому старению остался достаточно высоким: в среднем 42 и 38 % для труб размерами 114×14 и 60×6 мм соответственно. Трубы, изготовленные на ТПА 30-102 из НЛЗ с развитой зоной транскристаллизации, рекомендуются, независимо от проведения нормализации у изготовителя труб, подвергать восстановительной термической обработке после изготовления холодным формоизменением элементов котлов и трубопроводов.

Выводы

1. Показана необходимость обязательной механической обработки НЛЗ производства ООО «МЗ «ДНЕПРОСТАЛЬ» и исключения из допустимых

дефектов их макроструктуры точечной неоднородности краевой для получения из этих заготовок котельных труб в полном соответствии с ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207.

2. Установлено влияние качества металла НЛЗ производства ООО «МЗ «ДНЕПРОСТАЛЬ», коэффициентов вытяжки при прокатке на ТПА 30-102 и режима термической обработки на формирование структуры и свойств котельных труб из стали 20.

3. Показана возможность поставки потребителям котельных труб, изготовленных из НЛЗ стали 20 на ТПА 30-102 с коэффициентом вытяжки не менее 17, в состоянии после горячей прокатки, без проведения нормализации с отдельного нагрева.

4. Разработан проект технических условий на непрерывнолитую заготовку для производства котельных труб высокой эксплуатационной надежности на основе комплексных исследований качества металла НЛЗ производства ООО «МЗ «ДНЕПРОСТАЛЬ» и изготовленных из них котельных труб с различными коэффициентами вытяжки на ТПА 30-102.

5. Показана перспективность использования НЛЗ производства ООО «МЗ «ДНЕПРОСТАЛЬ» для изготовления котельных труб по ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207.

Библиографический список / References

1. Новые энергосберегающие технологии производства труб для теплоэнергетики / Л. В. Опришко // UKR-POWER 2006. Проблемы энергосбережения, безопасности, экологии в промышленной и коммунальной энергетике: материалы XIX Международной конференции, 12-16 июня 2006 г., г. Ялта / Ассоциация теплоэнергетических компаний Украины. – К.:ТЭКУ, 2006. – С. 72-74.

Opryshko L. V. *Novye energosberegaushcie tehnologii proizvodstva tryb dlya teploenergetiki*. UKR-POWER 2006. Problemi energosberezhenniya, bezopasnosti, ekologii v promyshlennoy i komunalnoy energetike: materialy XIX Mezhdynapodnoy konferenzii 12-16 iyunay 2006, Yalta. Assoziaziya teploenergeticheskikh kompaniy Ukrainy, Kiev, TEKU, 2006, pp. 72-74.

2. Опришко Л. В. Опыт производства котельных горячекатаных труб из непрерывнолитой заготовки / Л. В. Опришко, И. И. Полтава // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2010. – № 4. – С. 53-57.

Opryshko L. V., Poltava I. I. *Opyt proizvodstva kotel'nyh goryachekatanyh tryb iz nepreryvnolitoi zagotovki* Metalurgitcheskaya i gornorudnaya promyshlennost', 2010, no. 4, pp. 53-57.

3. Опришко Л. В. Опыт использования недеформированной непрерывнолитой заготовки при прокатке на ТПА 50-200 котельных труб / Л. В. Опришко, Т. В. Головняк, П. В. Герасименко // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2015. – № 3. – С. 40-43.

Opryshko L. V., Golovnyak T. V., Gerasimenko P. V. *Opyt ispol'zovaniya nedeformirovannoy nepreryvnolitoi zagotovki pri prokatke na TPA 50-200 kotel'nyh tryb* Metalurgitceskaya i gornorudnaya promyshlennost', 2015, no. 3, pp. 40-43.

4. Опришко Л. В. Котельные горячекатаные трубы из недеформированной непрерывнолитой заготовки стали 20 / Л. В. Опришко, Т. В. Головняк, И. И. Полтава // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2016. – № 1. – С. 61-66.

Opryshko L. V., Golovnyak T. V., Poltava I. I. *Kotel'nye goryachekatanye tryby iz nedeformirovannoy*

nepreryvnolitoi zagotovki stali 20 Metalurgitceskaya i gornorudnaya promyshlennost', 2016, no. 1, pp. 61-66.

5. Зимовец В. Г. Совершенствование производства стальных труб / В. Г. Зимовец, В. Ю. Кузнецов. – М.: МИСИС, 1996. – 480 с.

Zimoves V. G., Kuznesov V. U. *Soverchenstvovanie proizvodstva stal'nyh tryb*. Moscow, MISIS, 1996, 480 p.

6. Онищенко И. И. Теория непрерывной прокатки / И. И. Онищенко, П. И. Куценко, А. И. Куценко. – Запорожье: ЗГИА, 1998. – 470 с.

Onichenko I. I., Kusenko P. I., Kusenko A. I. *Teoriya nepreruvnoy prokatki*. Zaporoz'e, ZGIA, 1998, 470 p.

7. Ботников С. А. Современный атлас дефектов непрерывнолитой заготовки и причины возникновения прорывов кристаллизующейся корочки металла [Электронный ресурс] / Сергей Анатольевич Ботников. – Изд. 2-е. – Волгоград, 2011. – 97 с. – Режим доступа: http://www.dias-ltd.ru/upload/rd/botnikov_sovremenniy_atlas_defectov.pdf

Botnikov S. A. *Sovremennyy atlas defektov nepreryvnolitoi zagotovki i prichiny vozniknoveniya proryvov kristallizuyushchey korochki metalla*. Volgograd, 2011, 97 p. Available at: http://www.dias-ltd.ru/upload/rd/botnikov_sovremenniy_atlas_defectov.pdf

8. Дефекты стальных слитков и проката. Справочник / [В. В. Правосудович, В. П. Сокуренок, В. Н. Данченко и др.]. – М.: Интернет Инжиниринг, 2006. – 384 с.

Pravocudovich V. V., Sokurenko V. P., Danchenko V. N. *Defekty stal'nykh slitkov i prokata*. Spravochnik Moscow, Internet Injiniring, 2006, 384 p.

9. Атлас дефектов непрерывнолитой заготовки / Федеральное агентство по промышленности ФГУП ЦНИИчермет им. И. П. Бардина, ЗАО «Трубная металлургическая компания», ОАО «Волжский трубный завод». – М., Волжский, 2005. – 101 с.

Atlas defektov nepreryvnolitoi zagotovki Federalnoe agenstvo po promyshlennosti FGYP ZNIIchernet im. I. P. Bardina, ZAO "Trybnaya metallurgicheskaya kompaniya", OAO "Volzhskie trybniy zavod" Moscow, Volzhskiy, 2005, 101 p.

10. Опришко Л. В. Макроструктура непрерывнолитых заготовок для производства котельных труб / Л. В. Опришко // Металл и литье Украины. – 2012. – № 5. – С. 15-19.

Opryshko L. V. *Makrostruktura nepreryvnolityh zagotovok dlya proizvodstva kotel'nyh tryb*. Metall i lit'e Ukrainy, 2012, no. 3, pp. 15-19.

Мета. Дослідження закономірностей формування структури і властивостей, а також якості поверхні котельних труб у процесі трубного переділу на ТПА 30-102 недеформованих безперервнолитих

заготовок (БЛЗ) сталі 20 виробництва ТОВ «МЗ «ДНІПРОСТАЛЬ».

Методика. Металографічні дослідження (макроструктура, мікроструктура, забрудненість неметалевими включеннями), випробування на розтяг і ударний вигин за кімнатної та підвищених температур, визначення схильності до механічного старіння, випробування на тривалу міцність, візуальний контроль поверхні заготовки та труб.

Результати. Досліджено якісні показники, в тому числі службові властивості, металу БЛЗ виробництва ТОВ «МЗ «ДНІПРОСТАЛЬ» та виготовлених з них на ТПА 30-102 гарячекатаних труб. Встановлені закономірності впливу якості металу БЛЗ, технології трубного переділу (гарячої прокатки і термічної обробки) на формування структури і властивостей, а також на стан поверхні котельних труб. Розроблено проект технічних умов на БЛЗ виробництва ТОВ «МЗ «ДНІПРОСТАЛЬ», які призначені для виготовлення котельних труб.

Наукова новизна. Вперше на підставі закономірностей впливу БЛЗ на формування якісних показників металу труб, розроблено технічні вимоги до безперервної заготовки відповідального призначення виробництва ТОВ «МЗ «ДНІПРОСТАЛЬ», які дозволяють отримувати труби високої експлуатаційної надійності.

Практична значущість. Результати досліджень дозволять підприємствам компанії ІНТЕРПАЙП УКРАЇНА виготовляти котельні труби високої експлуатаційної надійності з безперервної заготовки виробництва ТОВ «МЗ «ДНІПРОСТАЛЬ». Використання заготовки власного виробництва знизить собівартість котельних труб та усуне дефіцит котельної трубної заготовки в Україні.

Ключові слова: безперервна заготовка, гаряча прокатка, коефіцієнт витяжки, котельні труби, термічна обробка, макроструктура і мікроструктура, залишки литої структури, механічні властивості, жароміцність, дефекти.

Purpose. Study of patterns of formation of structure and properties as well as surface quality of boiler tubes in the process of tube rolling at TPA 30-102 tube rolling

unit from non-worked continuously cast billets (CCB) of steel 20 produced by Dniprostal Metallurgical Works LLC.

Methodology. Metallographic examination (macrostructure, microstructure, contamination by non-metallic inclusions); tensile and impact bend tests at room and elevated temperatures, determination of susceptibility to mechanical aging, long-term strength tests, visual inspection of the billet and the tube surface.

Findings. Quality indicators of metal of the CCB produced by Dniprostal Metallurgical Works LLC and hot-rolled tubes produced at TPA 30-102 tube rolling unit from the CCB including service properties were investigated. Regularities of influence of quality of the initial CCB metal, technology of tube processing (hot rolling and heat treatment) on formation of structure and properties as well as on the state of the boiler tube surface were established. Draft Technical Specifications were developed for the CCB produced by Dniprostal Metallurgical Works LLC intended for production of boiler tubes.

Originality. For the first time, based on the revealed regularities of influence of the initial CCB on formation of quality indicators of tube metal, Technical Specifications for high-duty continuously cast billets produced by Dniprostal Metallurgical Works LLC have been developed which make it possible to produce boiler tubes of high service reliability.

Practical value. The research results will allow enterprises of Interpipe Ukraine JSC to produce boiler tubes of high service reliability from continuously cast billets produced by Dniprostal Metallurgical Works LLC. The use of billets of home production will reduce cost of boiler tubes and eliminate shortage of boiler tube billets in Ukraine.

Key words: continuously cast billet, hot rolling, elongation ratios, boiler tubes, heat treatment, macrostructure and microstructure, cast structure residues, mechanical properties, heat resistance, defects.

Рекомендована к публикации
д. т. н. В. С. Вахрушевой

Поступила 15.05.2019