

Особливості жароміцних властивостей металу котельних гарячекатаних труб із безперервнолитої заготовки сталі 20

Л. В. Опришко, завідувач відділення матеріалознавства, завідувач лабораторії труб і виробів для теплової та атомної енергетики, Liudmila.opryshko@gmail.com

Т. В. Головняк, завідувач сектору експертних досліджень металопродукції із чорних та кольорових металів і сплавів, tatyana.golovniak@gmail.com

Державне підприємство «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут трубної промисловості імені Я. Ю. Осади (ДП «НДТІ»), м. Дніпро

Визначено тривалу міцність (основна розрахункова характеристика енергетичного обладнання) металу котельних гарячекатаних труб, виготовлених з різними коефіцієнтами витягування на трубопрокатному агрегаті з безперервним станом (ТПА 30-102) ТОВ «ІНТЕРПАЙП НІКО ТЬЮБ» із недеформованої безперервнолитої заготовки сталі 20 виробника ТОВ «МЗ «ДНІПРОСТАЛЬ». Досліджено структуру та характер руйнування зразків труб після гарячої прокатки і нормалізації. Встановлено вплив структурних характеристик та технологічних факторів виробництва трубної заготовки і труб на рівень жароміцності металу. Показано, що наявність в макроструктурі заготовки розвинутої зони стовпчастих кристалів (транскристалізації) та діюча на заводі технологія термічної обробки котельних труб не дозволяє отримати відносно рівномірну структуру і оптимальний рівень тривалої міцності та пластичності в металі труб. Особливо це стосується труб, виготовлених з низькими коефіцієнтами витягування.

Встановлено необхідність вдосконалення технології виробництва котельної безперервнолитої заготовки на ТОВ «МЗ «ДНІПРОСТАЛЬ» та технології термічної обробки виготовлених з неї труб на ТОВ «ІНТЕРПАЙП НІКО ТЬЮБ». Для оптимального поєднання тривалої міцності та тривалої пластичності металу котельних гарячекатаних труб необхідно забезпечити отримання в макроструктурі вихідної недеформованої безперервнолитої заготовки розвиненої зони рівноосних кристалів та пригніченої зони стовпчастих кристалів. Встановлено необхідність нормування макрокристалічної будови металу котельної недеформованої безперервнолитої заготовки в ТУ У 24.1-05757883-216 «Заготовка сталева безперервнолита кругла для виготовлення котельних труб». Показана можливість використання в котлоагрегатах ТЕС (ТЕЦ) в стані після гарячої прокатки, без обов'язкової нормалізації з окремого нагріву, котельних труб зі сталі 20, що виготовлені із заготовки з коефіцієнтами витягування не менше ніж 17,0.

Ключові слова: недеформована безперервнолита заготовка, макрокристалічна будова, котельні гарячекатані труби, мікроструктура, тривала міцність, тривала пластичність, характер руйнування, злам.

Основними елементами енергетичного обладнання ТЕС (ТЕЦ) є котельні труби різного сортаменту з вуглецевих та легованих марок сталі за ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207 «Труби сталеві безшовні для парових котлів та трубопроводів». Оскільки ці труби експлуатують в котлоагрегатах в умовах високих температур та тиску впродовж тривалого часу (не менш ніж 100 тис. годин), найбільш важливим їх якісним показником є жароміцність [1-5]. Характеристика жароміцності – границя тривалої міцності, нормована ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207, є однією із основних показників при розрахунках на міцність та допустимий ресурс експлуатації енергетичного обладнання [2, 4]. Крім тривалої міцності, велике значення для надійної експлуатації котельних труб має також їх деформаційна здатність за умов високих температур та тиску, яка характеризується тривалою пластичністю (відносне подовження руйнованих в процесі випробувань на тривалу міцність зразків труб). Хоча ця характеристика не нормована вказаними технічними умовами, низька тривала пластичність металу труб може призвести до раптового крихкого їх руйнування [2-4]. Фазово-структурний стан є одним із основних факторів, що визначає жароміцні властивості металу труб [1-5]. Тривала міцність і тривала пластичність є найбільш структурно чутливими характеристиками. На формування структури металу труб впливають також хімічний склад, у тому числі, пов'язана з умовами кристалізації сталі хімічна неоднорідність, та технологічні особливості трубного переділу [4, 5].

Випробування на тривалу міцність є довготривалими та виконуються на спеціалізованому обладнанні. Тому виробнику котельних труб дозволено гарантувати відповідність їх службових властивостей встановленим ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207 нормам. Підставою для такого гарантування є позитивні результати контролю технології виробництва та контрольних випробувань на тривалу міцність котельних труб. Відповідно вимогам ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207, ці контрольні процедури періодично виконує ДП «НДТІ», яке є розробником вказаних технічних умов та має спеціалізоване обладнання для жароміцних випробувань.

Інститут, здійснюючи авторський нагляд, контролює технологію виготовлення на здатність гарантовано забезпечувати в котельних трубах поточного виробництва характеристики жароміцності в повній відповідності до вимог ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207. Тільки на підставі позитивних результатів контролю технології та контрольних жароміцних випробувань ДП «НДТІ» видає заводам-виробникам Висновки (терміном на 3 роки) на право гарантії ними границь тривалої міцності. При отриманні негативних результатів такого контролю ДП «НДТІ» розробляє і надає заводам рекомендації щодо вдосконалення технології виготовлення котельних труб.

Найбільша доля труб в котлоагрегатах ТЕС (ТЕЦ) – це труби з котельної сталі 20 (до 60-80 %, в залежності від потужності котлоагрегатів). Для забезпечення надійної безаварійної роботи цих труб за підвищених температур та високих (надкритичних) тисках на протязі тривалого терміну (не менш ніж 100 тис. годин), вони повинні мати стабільний, регламентований ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207 рівень границі тривалої міцності за 100 тис. годин за температур 450 °С та 500 °С.

Останнім часом для виробництва котельних труб зі сталі 20 за ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207 на трубопрокатних агрегатах з безперервним і пілігримовим станами та на пресових установках поряд з кованою або катаною трубною заготовкою, яка виготовляється зі злитка стаціонарного або безперервного розливання з регламентованим коефіцієнтом витягу або уковом, використовують недеформовану безперервнолиту заготовку (БЛЗ) [6-10]. Вказані агрегати дозволяють деформувати метал з високими ступенями деформації без руйнування, що компенсує виключення операції деформування злитку в трубну заготовку із технологічного циклу виготовлення котельних труб [11-13].

З введенням в експлуатацію найбільшого у Східній Європі електрометалургійного комплексу по виробництву круглої безперервнолитої заготовки (ТОВ «МЗ «ДНІПРОСТАЛЬ», м. Дніпро) така можливість з'явилася і для підприємств компанії ІНТЕРПАЙП УКРАЇНА. Потенційним підприємством в Україні, яке має можливість впровадити нову енергозберігаючу технологію виготовлення котельних труб (засобом гарячої прокатки безпосередньо із безперервнолитої заготовки виробництва ТОВ «МЗ «ДНІПРОСТАЛЬ»), є ТОВ «ІНТЕРПАЙП НІКО ТЬЮБ», яке оснащено трубопрокатним агрегатом з безперервним станом (ТПА 30-102).

Метою цієї роботи є оцінка спроможності нової технології виробництва гарантовано забезпечувати отримання котельних труб зі сталі 20 широкого сортаменту високої експлуатаційної надійності.

Досліджувались гарячекатані труби розмірами 114x14 мм і 60x6 мм, які були виготовлені на ТПА 30-102 ТОВ «ІНТЕРПАЙП НІКО ТЬЮБ» з коефіцієнтами витягування (μ) відповідно 4,0 і 17,4. Була використана безперервнолита заготовка сталі 20 однієї плавки діаметром 150 мм виробництва ТОВ «МЗ «ДНІПРОСТАЛЬ». Хімічний склад металу дослідних труб повністю відповідав вимогам ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207. Дослідження характеристик жароміцності металу труб розміром 114x14 мм виконували у стані після нормалізації з окремого нагрівання, а труб розміром 60x6 мм – у стані після гарячої прокатки і нормалізації з окремого нагрівання.

Випробування на тривалу міцність проводили за температури 450 °С за ГОСТ 10145 та інструкції ДП «НДТІ» № 242-3-18 «Випробування трубної заготовки і труб на тривалу міцність для періодичного контролю технологічних процесів їх виготовлення». Сумарна база жароміцних випробувань труб усіх досліджених розмірів та станів складала близько 100 тис. годин. Шляхом лінійної екстраполяції логарифмічної залежності часу до руйнування і напруження визначали границю тривалої міцності за 100 тис. годин.

Мікроструктуру до і після випробувань та характер руйнування зразків труб досліджували на світловому (Axiovert 200MAT) і растровому (РЭМ-106и) мікроскопах за 25, 50, 100, 500 та 1000-кратних збільшень.

Мікроструктура металу труб, які піддавали випробуванням на тривалу міцність, мала характерні особливості, пов'язані з якістю трубної

заготовки, температурно-деформаційними параметрами гарячої прокатки та режимом нормалізації. Безперервнолита заготовка відрізнялася розвиненою зоною стовпчастих кристалів, що несприятливо для отримання однорідної структури металу труб [14-20]. Гаряча прокатка такої заготовки на ТПА 30-102 з коефіцієнтами витягування 4,0 і 17,4 не забезпечувала потрібного подрібнення вихідних дендритів. Особливо це стосується труб розміром 114x14 мм, виготовлених з низьким коефіцієнтом витягування ($\mu=4,0$). У макроструктурі труб виявлено залишки литої структури у вигляді розірваних і розорієнтованих дендритів, які розташовані окремими групами шириною до 20 % товщини стінки (труби розміром 60x6 мм) або – по всьому периметру, шириною більш ніж 50 % товщини стінки (труби розміром 114x14 мм). Макроструктурна неоднорідність металу труб супроводжувалася неоднорідністю мікроструктури, відповідно зменшенню коефіцієнта витягування і характеризувалася наявністю видманштеттової структури різного ступеню розвитку [19, 20]. Хімічна та структурна неоднорідність металу дослідних труб, успадкована від вихідної заготовки, в повній мірі не усунулась нормалізацією за діючою на ТОВ «ІНТЕРПАЙП НІКО ТЬЮБ» технологією, особливо для труб розміром 114x14 мм, виготовлених з низьким коефіцієнтом витягування.

Забрудненість неметалевими включеннями металу труб переважно відповідала нормам ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207. В структурі окремих труб було виявлено поодинокі розкатані силікати, які перевищували норму технічних умов [19]. В структурі металу труб обох розмірів на окремих границях зерен виявлені також ненормовані плівкові виділення неметалевих включень різного складу ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207.

Характерні мікроструктури металу труб, які піддавали випробуванням на жароміцність, представлені на рис. 1.

За нормованими показниками (ступінь розвитку видманштеттової структури та смугастості) структури металу труб розміром 60x6 мм після гарячої прокатки і нормалізації з окремого нагріву, та труб розміром 114x14 мм після нормалізації з окремого нагріву відповідали вимогам ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207. Однак, виявлені особливості мікроструктури металу цих труб [19, 20] вплинули на результати випробувань на тривалу міцність.

Значення границі тривалої міцності за температури 450 °С та 100 тис. годин експлуатації металу труб усіх досліджених розмірів та станів задовольняли вимогам ТУ 14-3-460/ТУ У 27.2-05757883-207 з урахуванням допустимого 20 % відхилення від норми ($78 \pm 15,6$ МПа/мм²) та становили 86 Н/мм² і 81 Н/мм² – труби розміром 60x6 мм після гарячої прокатки і нормалізації з окремого нагріву відповідно, а також 92 МПа мм² – труби розміром 114x14 мм після нормалізації з окремого нагріву. При цьому, значення границі тривалої міцності металу труб розміром 114x14 мм, навіть в стані після нормалізації з окремого нагріву, знаходиться на верхній межі допустимого відхилення від норми.

Метал труб розміром 114x14 мм, на відміну від труб розміром 60x6 мм, характеризувався невисоким рівнем тривалої пластичності (відносно

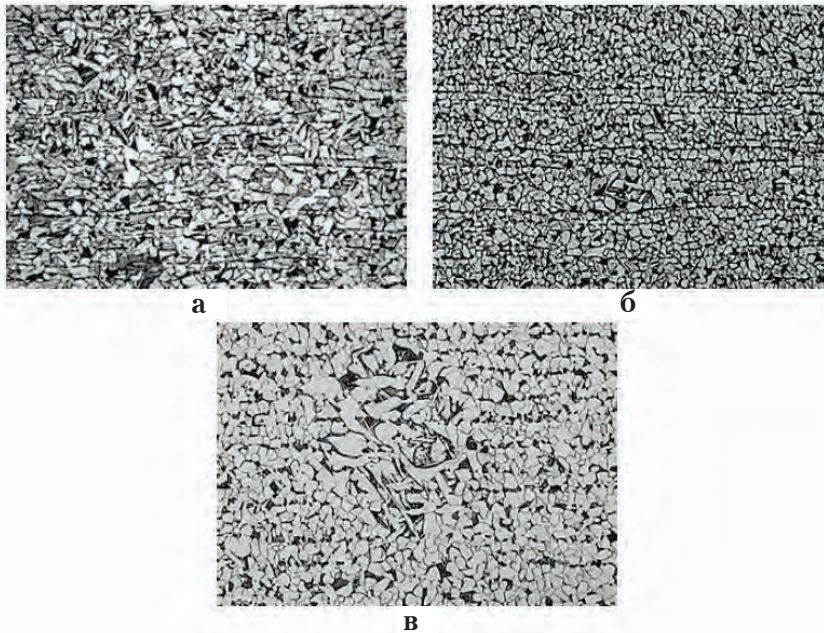


Рис. 1. Характерні мікроструктури металу труб розмірами 60×6 мм (а, б) та 114×14 мм (в) після гарячої прокатки (а) та нормалізації з окремого нагріву (б, в), ×100.

подовження зруйнованих зразків) і значним розкидом (1,5-2,0 рази) значень цієї характеристики в зразках, що випробовували за однаковим рівнем напруги. Деформаційна спроможність в умовах високих температур та напружень металу труб розміром 60x6 мм у двох досліджених станах практично не відрізнялась.

Характер руйнування зразків труб обох типорозмірів та різних структурних станів – змішаний, з поступовим збільшенням крихкої складової по мірі зниження навантаження при випробуванні. Злами зразків мають переважно ямкову будову різного ступеня дисперсності зі слідами зсувної деформації та окремими крихкими ступінчастими відколами (рис. 2 а, б; 3 а, б; 4 а, б).

Структурні складові металу в зоні руйнування зразків усіх випробуваних труб витягнуті в напрямку прикладеного напруження з нерівномірною течією металу в різних зернах, що більшою мірою проявилось в трубі розміром 60x6 мм у стані після гарячої прокатки та в трубі розміром 114x14 мм (рис. 3 в, г; 4 в, г; 5 в, г). Феритна складова металу зразків труб у більшості фрагментована з формуванням комірчастої (сітчастої) субструктури.

Накопичення пошкоджуваності і подальше руйнування зразків труб розмірами 60x6 мм (у двох станах) та 114x14 мм в процесі випробувань на тривалу міцність відбувалось за рахунок зародження, росту і злиття пор. В структурі окремих зразків труб обох типорозмірів та різних структурних станів, що випробувані за високим рівнем напруги, виявлені клиновидні порожнечі на стиках трьох зерен, які обумовлені неоднаковою деформаційною спроможністю нерівномірно розподілених різних структурних складових. В

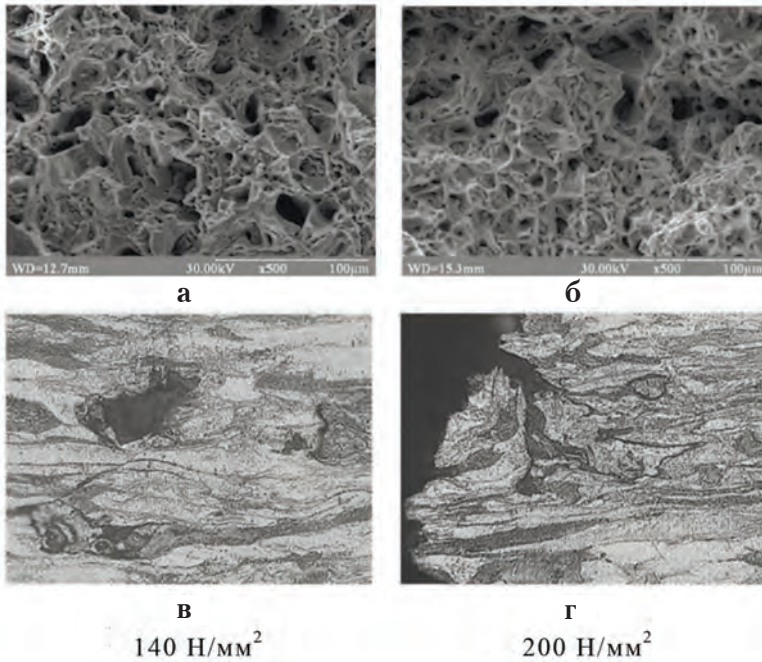


Рис. 2. Фрактограми зламів (а, б) та характерні мікроструктури металу (в, г) зруйнованих в процесі жароміцних випробувань з різним рівнем напруги зразків труби розміром 114×14 мм після нормалізації з окремого нагріву, × 500.

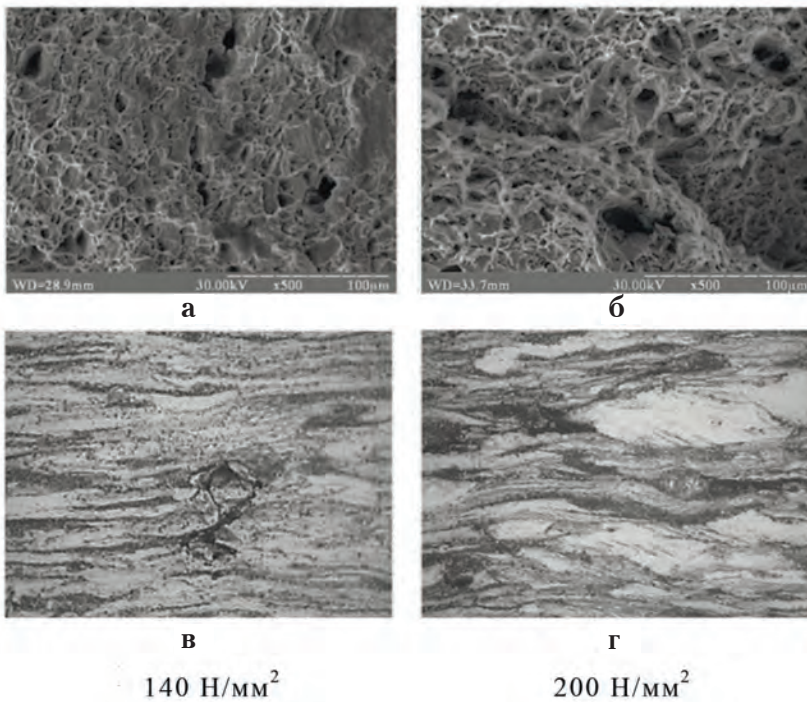


Рис. 3. Фрактограми зламів (а, б) та характерні мікроструктури металу (в, г) зруйнованих в процесі жароміцних випробувань з різним рівнем напруги зразків труби розміром 60×6 мм після гарячої прокатки, × 500.

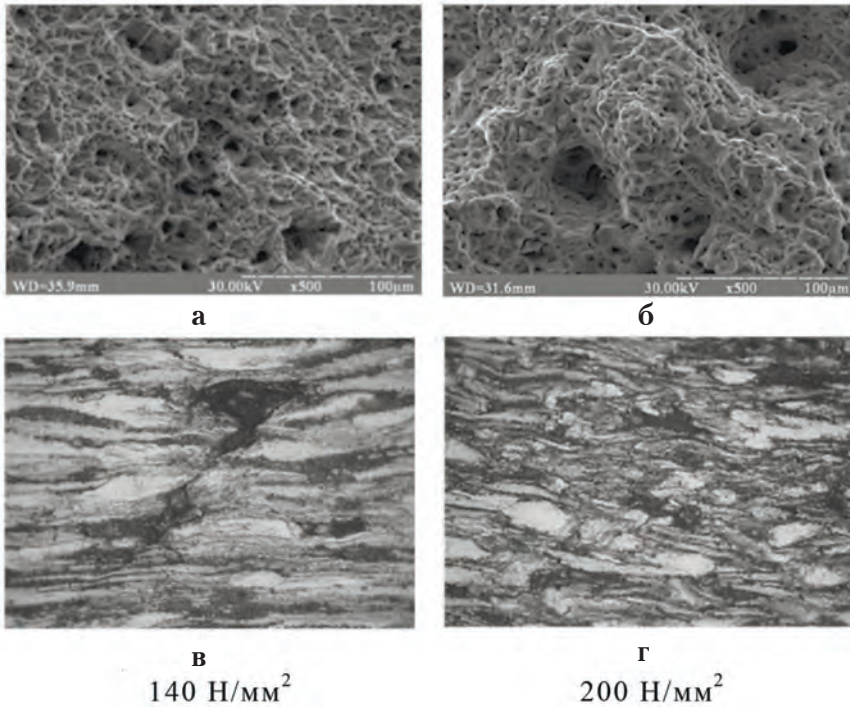


Рис. 4. Фрактограми зламів (а, б) та характерні мікроструктури металу (в, г) зруйнованих в процесі жароміцних випробувань з різним рівнем напруги зразків труби розміром 60×6 мм після нормалізації з окремого нагріву, ×500.

металі зразків за всіх випробувальних напружень мали місце тріщини по границям зерен в місцях локалізації плівкових неметалевих включень.

Дослідження жароміцних властивостей котельних труб зі сталі 20, що виготовленні за принципово новою технологією для ТОВ «ІНТЕРПАЙП НІКО ТЬЮБ», слід продовжувати після удосконалення технології виготовлення вихідної безперервнолітої заготовки на ТОВ «МЗ «ДНІПРОСТАЛЬ» та корегування технології термічної обробки труб.

Таким чином встановлено можливість виробництва котельних гарячекатаних труб зі сталі 20, виготовлених із безперервнолітої заготовки з коефіцієнтом витягування не менше ніж 17,0, без проведення обов'язкової нормалізації з окремого нагріву. Резервом для розширення сортаменту таких труб є вдосконалення технології виробництва котельної безперервнолітої заготовки сталі 20 на ТОВ «МЗ «ДНІПРОСТАЛЬ».

Література

1. Крутасова Е.И. Надежность металла энергетического оборудования. – М.: Энергоиздат, 1981. – 240 с.
2. Бугай Н.В., Березина Т.Г., Трунин И.И. Работоспособность и долговечность металла энергетического оборудования. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 272 с.
3. Куманин В.И. Ковалева Л.А., Алексеев С.В. Долговечность металла в условиях ползучести. – М.: Металлургия, 1988. – 224 с.

4. Антикайн П.А. Металлы и расчеты на прочность котлов и трубопроводов. – М.: Энергоиздат, 1990. – 386 с.
5. Ланская К. А. Жаропрочные стали. – М.: Металлургия, 1969. – 247 с.
6. Опрышко Л.В. Новые энергосберегающие технологии производства труб для теплоэнергетики / Материалы XIX Международной конференции «Проблемы энергосбережения, безопасности, экологии в промышленной и коммунальной энергетике». – Ялта: Ассоциация теплоэнергетических компаний Украины, 2006. – С. 72-74.
7. Опрышко Л.В. Перспективы использования недеформированной непрерывнолитой заготовки для производства котельных горячедеформированных труб из углеродистой стали // материалы Международной научно-технической конференции «Современные тенденции производства сварных и бесшовных труб: технологии и оборудование». – Киев: Трубы Украины, 2008. – С.101-105.
8. Опрышко Л.В., Полтава И.И. Опыт производства котельных горячекатаных труб из непрерывнолитой заготовки // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2010. – №4. – С. 53-57.
9. Опрышко Л.В., Головняк Т.В., Герасименко П.В. Опыт использования недеформированной непрерывнолитой заготовки при прокатке на ТПА 50-200 котельных труб // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2015. – № 3. – С. 40-44.
10. Опрышко Л.В., Головняк Т.В., Полтава И.И. Котельные горячекатаные трубы из недеформированной непрерывнолитой заготовки стали 20 // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2016. – № 1. – С. 61-66.
11. Зимовец В.Г., Кузнецов В.Ю. Совершенствование производства стальных труб. – М.: МИСИС, 1996. – 480 с.
12. Онищенко И.И., Куценко П.И., Куценко А.И Теория непрерывной прокатки. – Запорожье: ЗГИА, 1998. – 470 с.
13. Чикалов С.Г. Производство бесшовных труб из непрерывнолитой заготовки. – Волгоград: Комитет по печати и информации, 1999. – 416 с.
14. Опрышко Л.В., Лубе И.И. Особенности структурообразования металла котельных горячепрессованных труб из недеформированной непрерывнолитой заготовки // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2006. – № 6. – С. 57-60.
15. Опрышко Л.В. Структура и эксплуатационные свойства котельных горячепрессованных труб из непрерывнолитой заготовки // Теория и практика металлургии. – 2010. – № 5-6. – С.124-126.
16. Опрышко Л.В., Перепелица Т.В., Герасименко П.В. Особливості структури та властивостей котельних труб із недеформованої безперервнолітої заготовки вуглецевої сталі // Металознавство та обробка металів. – 2012. – № 4. – С. 3-9.
17. Опрышко Л.В., Головняк Т.В., Герасименко П.В. Формування структури котельних гарячекатаних труб у виробництві їх із недеформованих безперервнолітих заготовок // Металознавство та обробка металів. – 2015. – № 1. – С. 3-9.
18. Опрышко Л.В., Головняк Т.В., Герасименко П.В. Структура і властивості котельних труб з безперервнолітої заготовки. Металознавство та обробка металів. 2016. № 1. С.54-59.
19. Опрышко Л.В., Головняк Т.В., Полтава И.И. Особенности качественных показателей металла котельных труб, изготовленных из непрерывнолитой заготовки ООО «Днепросталь» // Металлургическая и горнорудная

промышленность. – 2019. – № 1-2. – С. 46-53.

<https://doi.org/10.33101/s001-190007024>

20. Опрышко Л.В., Головняк Т.В., Полтава И.И. Перспективы использования непрерывнолитой заготовки для изготовления котельных труб // Сталь. – 2019. – № 10. – С. 40-44.

References

1. Krutasova E. I. *Nadezhnost metalla energeticheskogo oborudovaniia (Reliability of metal power equipment)*, Moscow: Energoizdat, 1981, 240 p. [in Russian].
2. Bugai N.V. *Rabotosposobnost i dolgovechnost metalla energeticheskogo oborudovaniia (Performance and durability of metal power equipment)*, Moscow: Energoatomizdat, 1994, 272 p. [in Russian].
3. Kumanin V.I., Kovaleva L.A., Alekseev S.V. *Dolgovechnost metalla v usloviakh polzuchesti (Creep durability)*, Moscow: Metallurgiya, 1988, 224 p. [in Russian].
4. Antikain P.A. *Metally i raschety na prochnost kotlov i truboprovodov (Metals and calculation for the strength of boilers and piping)*, Moscow: Energoizdat, 1990, 386 p. [in Russian].
5. Lanskaia K. A. *Zharoprochnost stali (Heat resistance steel)*, Moscow: Metallurgiya, 1969, 247 p. [in Russian].
6. Opryshko L.V. *Novye energosberegaiushchie tekhnologii proizvodstva trub dlia energetiki (New energy-saving technologies for the production of tubes for power systems)*, Proceeding of the XIX International Conference “Problems of energy conservation, safety, ecology in industrial and municipal energy”, Yalta: Assotsiatsiia teploenergeticheskikh kompanii Ukrainy, 2006, pp. 72-74 [in Ukraine].
7. Opryshko L.V. *Perspektivy ispolzovaniia nedeformirovannoi nepreryvnolitoi zagotovki dlia proizvodstva kotelnykh goryachedeformirovannuh trub iz uglerodistoi stali (The outlook of using non-worked continuously cast billets in the production of hot-worked boiler tubes of carbon steel)* Proceeding of the International Scientific and Technical Conference “Modern trending production of welded and seamless tubes and pipe: technologies and equipment”. Kyiv: Truby Ukrainy, 2008, pp. 101-105 [in Ukraine].
8. Opryshko L.V., Poltava I.I., *Metallurgicheskaiia i gornorudnaiia promyshlennost*, 2010, No. 4, pp. 53-57 [in Ukraine].
9. Opryshko L.V., T.V.Goloviak, Gerasimenko P.V. *Metallurgicheskaiia i gornorudnaiia promyshlennost*, 2015, No. 3, pp. 40-44 [in Ukraine].
10. Opryshko L.V., T.V.Goloviak, Poltava I.I. *Metallurgicheskaiia i gornorudnaiia promyshlennost*, 2016, No. 1, pp. 60-61 [in Ukraine].
11. Zimovets V.G., Kuznetsov V.U. *Sovershenstvovanie proizvodstva stalnykh trub (Improving the production of steel pipes)*, Moscow: MISIS, 1996, 480 p. [in Russian].
12. Onishchenko I.I., Kutsenko P.I., Kutsenko A.I. *Teoria nepreruvnoi prokatki (Theory of continuous rolling)*, Zaporozhie: ZGIA, 1998, 470 p. [in Ukraine].
13. Chikalov S.G. *Proizvodstvo bezshovnykh trub iz nepreryvnolitoi zagotovki (Production of seamless tubes from continuously cast billet)*, Volgograd: Press and information committee, 1999, 416 p. [in Russian].
14. Opryshko L.V., Lube I.I. *Metallurgicheskaiia i gornorudnaiia promyshlennost*, 2006, No. 6, pp. 57-60 [in Ukraine].
15. Opryshko L.V., *Teoriia i praktika metallurgii*, 2010, No. 5-6, pp. 124-126 [in Ukraine].

16. Opryshko L.V., Perepelytsia T.V., Gerasimenko P.V., *Metaloznavstvo ta obrobka metaliv*, 2012, No. 4, pp. 3-9 [in Ukraine].
17. Opryshko L.V., Goloviak T.V., Gerasimenko P.V., *Metaloznavstvo ta obrobka metaliv*, 2015, No. 1, pp. 3-9 [in Ukraine].
18. Opryshko L.V., Goloviak T.V., Gerasimenko P.V., *Metaloznavstvo ta obrobka metaliv*, 2016, No. 1, pp. 54-59 [in Ukraine].
19. Opryshko L.V., Goloviak T.V., Poltava I.I., *Metallurgicheskaia i gornorudnaia promyshlennost*, 2019, No. 1-2, pp. 46-53 [in Ukraine].
<https://doi.org/10.33101/s001-190007024>
20. Opryshko L.V., Goloviak T.V., Poltava I.I., *Stal*, 2019, No. 10, pp. 40-44 [in Russian].

Одержано 11.02.20

L. V. Opryshko, T. V. Golovnyak

Features of heat-resistant properties of metal of not-rolled boilertubes produced from continuously cast billets of steel 20

Summary

For the first time, long-term strength (the main design characteristic of power generating equipment) of metal of hot-rolled boiler tubes manufactured with various reductions on a tube rolling unit with a continuous mill (TPA 30-102) of INTERPIPE NIKO TUBE LLC from non-deformed continuously cast steel 20 billets of a new manufacturer (MZ DNIPROSTAL LLC) was studied. Structure and fracture pattern were studied in tests for heat-resistance of tube samples in various states (after hot rolling and after normalizing). Influence of structural characteristics and technological factors of production of tube billets and tubes on the level of long-term strength of metal of the experimental tubes was established. It was shown that presence of a developed zone of columnar crystals (transcrystallization zone) in the billet macrostructure and the technology of heat treatment of boiler tubes used at the tube producing plant do not enable obtaining of a relatively uniform structure and an optimal level of long-term strength and ductility in the tube metal. This is especially true for the tubes made with low reductions.

The need for improving the technology of production of continuously cast billets at MZ DNEPROSTAL LLC and the technology of heat treatment of tubes made from these billets at INTERPIPE NIKO TUBE LLC was established. For optimal combination of long-term strength and long-term ductility of metal of hot-rolled boiler tubes, it is necessary to obtain a developed zone of equiaxed crystals and a limited zone of columnar crystals in macrostructure of initial undeformed continuously cast billets. Necessity of standardizing the macrocrystalline metal structure of undeformed continuously cast boiler billets in TU U 24.1-05757883-216 Round Continuously Cast Steel Billet for the Manufacture of Boiler Tubes was established.

Possibility of using steel 20 boiler tubes made from MZ DNIPROSTAL LLC billets on the tube rolling unit TPA 30-102 with reductions not less than 17.0 in a state after hot rolling (without mandatory normalizing from separate heating) was demonstrated at boiler units of thermal power plants (heat electropower stations).

Keywords: non-deformed continuously cast billet, macrocrystalline structure, boiler hot-pressed tubes, microstructure, high-temperature strength, microstructure, ultimate long-term strength, long-term ductility, fracture, fracture form.