

А. Г. Борисов, А. Н. Недужий, А. С. Загуловский

Влияние морфологии литой структуры сплава АК7ч на коэффициент трения

Резюме

Исследованы образцы сплава АК7ч с дендритной и недендритной структурой и определены их коэффициенты трения. Установлено, что для дендритной структуры коэффициент трения несколько больший по сравнению с недендритной. Полученный результат может быть следствием большей однородности α -фазы, иного характера распределения эвтектики в сплаве с недендритной структурой, а также больших значений микротвердости эвтектики и α -фазы сплава с такой структурой.

A. G. Borisov, A. M. Neduzhyi, A. S. Zatulovskyi

Influence of morphology of cast structure in АК7ч alloy on friction coefficient

Summary

Samples of АК7ч alloy with dendritic and nondendritic structure were produced and friction coefficient were studied. It was found, that for dendritic structure the coefficient is slightly greater in comparison with nondendritic one. It can be resulted with higher homogeneity of α -phase, different character of eutectics distribution and larger values of microhardness of eutectics and α -phase for nondendritic structure in comparison with dendritic one.

УДК 669.18-621.746

Вплив розміру зерна фериту на характеристики жароміцності котельних труб з вуглецевої сталі

Л. В. Опришко, Т. В. Головняк

ДП «НДТІ», Дніпропетровськ

Досліджено вплив розміру зерна фериту на тривалу міцність і тривалу пластичність котельних труб зі сталі 20 (20-ПВ). Обґрунтовано необхідність регламентування в нормативній документації на котельні труби з вуглецевої сталі додаткового показника мікроструктури – величини зерна фериту.

Труби з котельної сталі 20 (20-ПВ) у котлоагрегатах теплових електростанцій (ТЕС) становлять 60 – 80 % загального обсягу «трубчатки». За температур понад 400 °С (з урахуванням технологічних перегрівів до 500 °С) і тиску до 23,5 МПа труби зазнають деформації повзучості й руйнування, у зв'язку із чим до них висувають вимоги щодо жароміцності.

Одна з характеристик жароміцності – межа тривалої міцності за 100 тис. год за температур 450 і 500 °С для котельних труб зі сталі 20 (20-ПВ) – унормована ТУ 14-3-460 «Труби сталеві безшовні для парових котлів і трубопроводів». Відповідність фактичних значень цієї характеристики нормам технічних умов є гарантією безаварійної роботи енергетичного устаткування впродовж розрахункового терміну служби.

Важливе значення для забезпечення працездатності труб з вуглецевої сталі має також їхня деформаційна здатність, критерієм якої є ненормоване технічними умовами відносно подовження труб, що зруйнувалися в результаті тривалого навантаження. Низький ресурс тривалої пластичності веде до раптового крихкого руйнування в процесі експлуатації й створення аварійної ситуації на ТЕС.

Як відомо, жароміцність у значній мірі залежить від структури сталі, в тому числі від величини зерна [1, 2]. Структурний стан металу труб забезпечує технологія їхнього виготовлення, а також технологія виробництва вихідної трубної заготовки.

Нормативною документацією на котельні труби зі сталі 20 (20-ПВ) регламентовані тільки смугастість структури й орієнтація фериту за відманштеттом. Ці показники мікроструктури були введені в технічні умови кілька десятиліть тому за відсутності вимоги з тривалої міцності, коли в конструкторських розрахунках для вуглецевих труб основною характеристикою була границя текучості за підвищених температур.

Введення в ТУ 14-3-460 вимог із тривалої міцності для котельних труб з вуглецевої сталі, з урахуванням широкого сортаменту труб, розмаїтості технологічних схем їхнього виробництва й постачальників вихідної трубної заготовки, спричинило проведення досліджень впливу на характеристики жароміцності додаткового показника мікроструктури – величини зерна фериту.

Метою дослідження було визначення величини зерна фериту, яка забезпечує високий гарантований рівень тривалої міцності та пластичності металу котельних труб зі сталі 20 (20-ПВ).

Матеріалом дослідження слугували котельні труби зі сталі 20 (20-ПВ) діаметром від 32 до 426 мм з товщиною стінки від 4 до 60 мм поточного виробництва трубних заводів України та Росії. Для досліджень були обрані труби 100 плавок, які мали незначні розбіжності щодо масової частки унормованих технічними умовами хімічних елементів (вуглець, кремній, марганець, фосфор, сірка, хром).

В обраному сортаменті були труби, виготовлені способом холодного деформування (за один або декілька проходів на станах ХПТ, волочильних станах; із застосуванням одного або двох проміжних термічних оброблень і обов'язкового остаточного термооброблення), а також труби, виготовлені гарячим деформуванням на різних трубопрокатних агрегатах (з безперервним, з автоматичним, з тривалим розкатуванням, з пілігримовим станами) і на пресах. Гарячедеформовані труби досліджували у стані після нормалізації з температури закінчення прокатування (пресування) і після нормалізації з окремого нагрівання.

Для виготовлення досліджених труб були використані котельні трубні заготовки різних виробників, що мають свої особливості технології виплавляння та розливання сталі, способу деформування зливка й ін. Досліджували також котельні труби, виготовлені за новою енергозаощаджувальною технологією, безпосередньо з безперервнолитого зливка, без попереднього його деформування в трубу заготовку.

Мікроструктуру металу труб вивчали після травлення поздовжніх шліфів у розчині ніталя на металографічному мікроскопі «Neophot-21» з автоматизованою системою оброблення зображення.

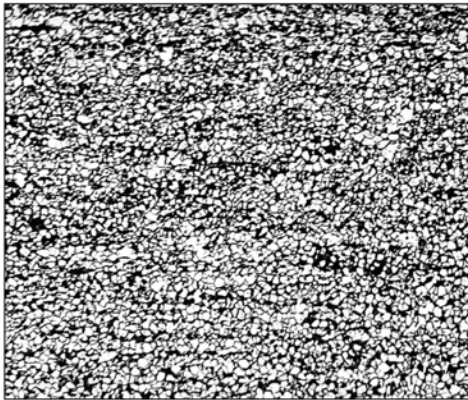
Величину зерна оцінювали за допомогою ГОСТ 5639.

Структура і фізико-механічні властивості

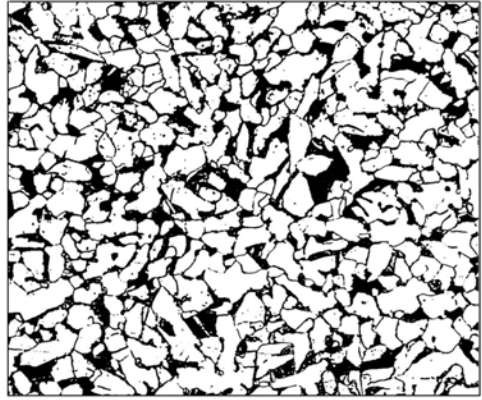
Випробування на тривалу міцність виконували при температурі 450 °С і напруженнях 220 – 120 Н/мм² відповідно до вимог ГОСТ 10145.

Встановлено, що мікроструктура труб обраного сортаменту відрізняється не тільки ступенем розвитку смугастості структури і орієнтації фериту за відманштеттом (від 0 до 3 бала за шкалами 1 і 2 Додатку Б до ТУ 14-3-460), але й формою та величиною зерен фериту.

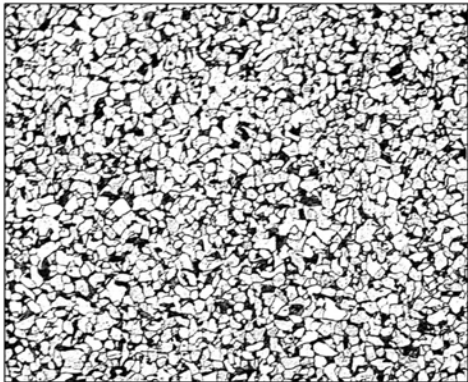
Випробувані труби в більшості випадків мали ферито-перлітну структуру з величиною зерна від 6 до 10 номерів ГОСТ 5639 (рис. 1).



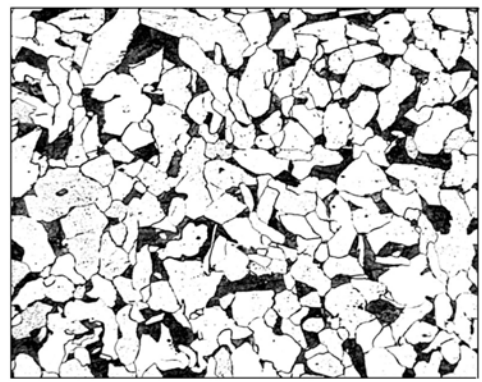
а



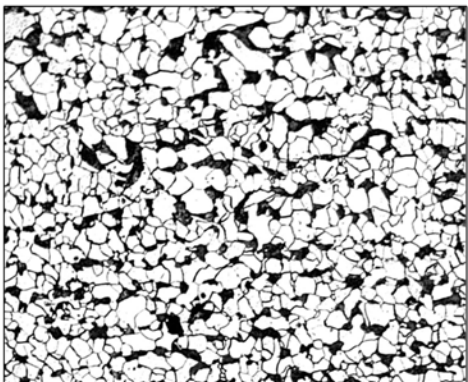
б



в



г



д



е

Рис. 1. Мікроструктура металу котельних труб з вуглецевої сталі з різним за формою й розміром зерном фериту (від 10 (а) до 6 (е) номерів). x 100.

Широкий діапазон значень ступеня розвитку регламентованих технічними умовами показників мікроструктури, а також розмірів зерна в металі досліджених труб пов'язаний з технологіями виробництва трубної заготовки (спосіб виплавлення і розливання сталі, застосування або відсутність деформування зливка) і труб (спосіб і схема деформування, режим термічного оброблення).

Холоднодеформовані труби (особливо багатопрохідні) відрізняються дрібнозернистою структурою 10 – 8 номерів поліедричною формою зерен, що обумовлено кількаразовою перекристалізацією металу труб у процесі їхнього виготовлення. Як правило, однорідністю структури й рівноосністю зерен характеризується і метал нормалізованих з окремого нагрівання гарячедеформованих труб. Величина зерна фериту в металі цих труб, в основному, 9 – 8 номерів.

Відмічено наявність смугастості третього, гранично припустимого, балу в структурі труб, нормалізованих за досить низької температури (920 – 930 °С) – на рівні нижньої границі зазначеного в технічних умовах температурного інтервалу нормалізації (рис. 2). Особливо це характерно для труб, виготовлених з недеформованої безперервнолитої заготовки.

Грубозерниста структура (переважно 6 – 8 номерів), як правило, з осколковою та голчастою формою зерен, спостерігається в металі труб після гарячого деформування. Істотно вплинули на розмір і форму зерен фериту в структурі цих труб температурно-деформаційні параметри гарячого прокатування (пресування), у тому числі температура кінця деформування, що коливалася в досить широкому діапазоні (від 920 до 1100 °С) залежно від типу прокатного (пресового) устаткування.

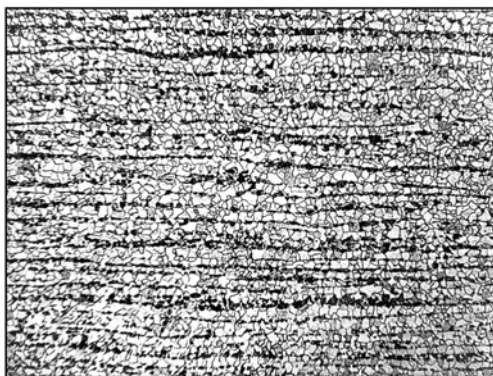


Рис. 2. Смугастість у структурі металу котельних труб зі сталі 20. x 100.

Крім того, у мікроструктурі гарячедеформованих труб, отриманих із недеформованої безперервнолитої заготовки з малими коефіцієнтами витягу, виявлені ділянки грубої відманштеттоподібної структури з величиною зерна 5 номера.

Значення межі тривалої міцності металу всіх досліджених труб задовольняють вимогам ТУ 14-3-460 з урахуванням припустимого технічними умовами 20 %-ного зниження від норми, хоча й перебувають у досить широкому діапазоні – від 62 до 129 Н/мм².

На рис. 3 показаний зв'язок межі тривалої міцності металу труб (за 100 тис. годин за температури 450 °С) з величиною зерна фериту. Високі значення межі тривалої міцності – на рівні або вище за норму (≥ 78 Н/мм²) – мають, як правило, труби з величиною зерна 6 – 9 номерів. Однак трапляються випадки нижчих результатів (менш, як 78 Н/мм²) на трубах з величиною зерна 9 – 7 номерів, що пояснюється переважачим впливом на жароміцність таких труб інших структурних показників (смугастості, характеру і розташування перлітної складової), а також підвищеним вмістом домішок легкоплавких кольорових металів, нерегламентованих нормативною документацією.

Метал труб дослідженого сортаменту характеризується також великим розкидом показника тривалої пластичності – відносного подовження (від 8 до 37 %). Відзначено тенденцію зниження тривалої пластичності металу труб з грубою структурою – зростанням розміру зерна та збільшенням ступеня орієнтації фериту за відманштеттом.

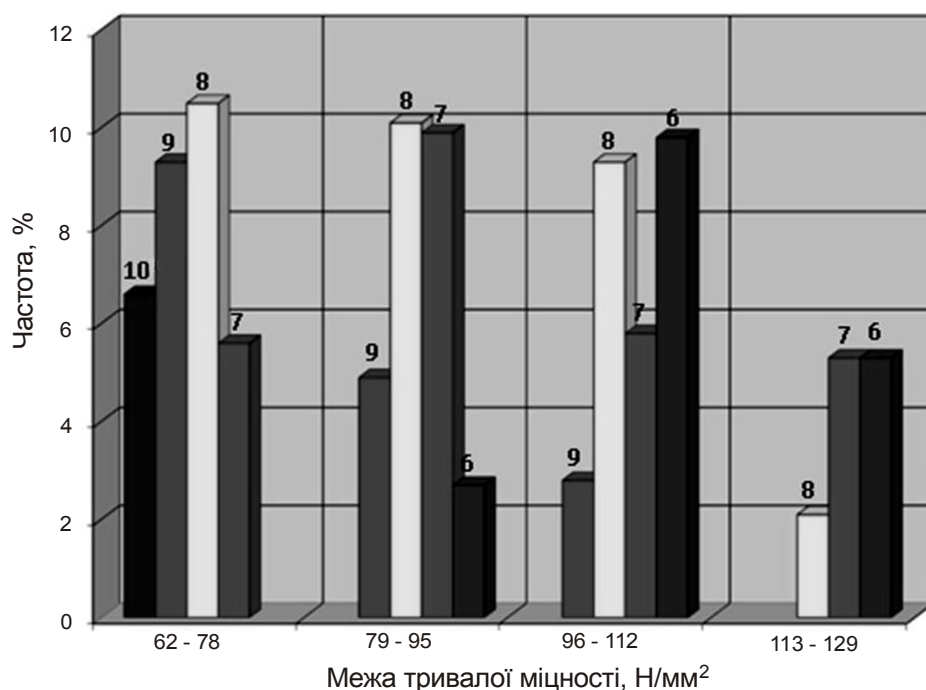


Рис. 3. Залежність тривалої міцності котельних труб зі сталі 20 (20-ПВ) від величини зерна фериту (цифри над стовбчиками вказують номер зерна фериту).

Труби з величиною зерна 7 – 9 номерів з досить рівноосьовими зернами фериту, як правило, відрізнялися оптимальним поєднанням тривалої міцності (не менш за 78 Н/мм²) і тривалої пластичності (не менш за 18 %).

Таким чином, розмір зерна котельних труб зі сталі 20 (20-ПВ), поряд з іншими структурними показниками, впливає на характеристики їхньої жароміцності.

Для забезпечення стабільно високого рівня гарантованої тривалої міцності відповідно до вимог технічних умов і задовільної деформаційної здатності величина зерна ферита в котельних трубах з вуглецевої сталі має бути в межах 9 – 7 номерів.

Таким чином встановлено, що в котельних трубах з вуглецевої сталі поточного виробництва трубних заводів України і Росії має місце широкий розкид значень характеристик жароміцності (тривалої міцності і тривалої пластичності), пов'язаний з різними технологічними схемами виготовлення трубної заготовки та труб.

Показано, що оптимальне поєднання тривалої міцності і пластичності, необхідне для надійної експлуатації труб з вуглецевої сталі, забезпечується не тільки ступенем розвитку в їхній структурі смугастості та відманштету, але й розміром зерна фериту.

Обґрунтовано доцільність нормування в технічних умовах для котельних труб зі сталі 20 (20-ПВ) додаткового показника мікроструктури – величини зерна фериту.

Література

1. Розенбер В.М. Основы жаропрочности металлических материалов. – М.: Металлургия, 1973. – 324 с.
2. Антикайн П.А. Металлы и расчет на прочность котлов и трубопроводов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.

Одержано 03.07.12

Л. В. Опрышко, Т. В. Головняк

Влияние размера зерна феррита на характеристики жаропрочности котельных труб из углеродистой стали

Резюме

Исследовано влияние размера ферритного зерна на длительную прочность и длительную пластичность котельных труб из стали 20 (20-ПВ). Обоснована необходимость регламентирования в нормативной документации на котельные трубы из углеродистой стали дополнительного показателя микроструктуры – величины зерна феррита.

L.V. Oprishko, T. V. Golovnyak

Influence of ferrite grain size on heat resistance characteristics of carbon steel boiler tubes

Summary

Effect of ferrite grain size on long-term strength and long-term plasticity of boiler tubes made of 20 (20-ПВ) steel has been investigated. Necessity of specifying an additional microstructural index, namely ferrite grain size, in normative documents on steel boiler tubes has been substantiated.

УДК 621.785.78:546.171.1

Застосування дисперсійного нітридного зміцнення при створенні Cr – Mn – N аустенітних сталей для високотемпературної теплоенергетики

С. Я. Шипицин, доктор технічних наук
І. Є. Лев*, доктор технічних наук, професор
Л. І. Маркашова**, доктор технічних наук
Л. Є. Ісаєва*, кандидат хімічних наук
Т. В. Степанова

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

*Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ

**Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, Київ

Дослідженням впливу типу зміцнення аустеніту (твердорозчинного, дисперсійного, комплексного) на ефективність деформаційного зміцнення та кавітаційну стійкість Cr – Mn – N сталей встановлено, що дисперсійне зміцнення практично не поступається, а за кавітаційною стійкістю перевищує деформаційне зміцнення за рахунок зсувного $\gamma \rightarrow \varepsilon \rightarrow \alpha$ мартенситного перетворення.

Підвищення коефіцієнту корисної дії, надійності та довговічності енергоблоків теплової та атомної енергетики можливе при переході на більш високі параметри