

УДК 669.15-194.57:664

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЛИСТОВИХ ФЕРИТНИХ КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

ГРЕШТА В.Л., *к.т.н., проф.*

Кафедра фізичного матеріалознавства, Запорізький національний технічний університет, вул. Жуковського, 64, 69063, м. Запоріжжя, Україна, тел. +38(061) 764-22-13, e-mail: greshta@zntu.edu.ua, ORCID ID:0000-0002-4589-6811

Анотація. Мета. Оцінити можливість застосування листового матеріалу зі сталей марок 08X8CЮТч і 08X18Т1 для виготовлення деталей вузлів жаростійкої пічної арматури. **Методика.** Листовий матеріал зі сталей марок 08X8CЮТч і 08X18Т1 отримано з урахуванням розроблених раніше рекомендацій, щодо режимів додаткової термічної обробки гарячекатаного (г/к) підкату. Отриманні деталі і вузли жаростійкої арматури було змонтовано на печі "МИНЕЛ-100", які експлуатувались впродовж двох років. **Результати.** Встановлено, що при запропонованому режимі термічної обробки відбувається часткове виділення карбідів і зниження рівня гарячого наклепу, при збереженні дрібного зерна на рівні 6 балу, що в цілому позитивно позначається на здатності до формозмінювання в процесі вальцовки. При проведенні додаткової термічної обробки г/к підкату, в структурі спостерігається виділення як залізохромистих карбідів $(Cr, Fe)_{23}C_6$, так і більш складнорозчинних карбонітридів $Ti(C, N)$, що приводить до уповільнення процесу міграції високоуглових меж при термічному впливі в тому числі і зварювальному нагріві. При проміжному огляді діючих печей виявлено, що при робочих температурах 550-850°C на деталях утворилися лише кольори мінливості від світло-синього до сірого, а в особу нагрітих частинах на деталях топок – тонка, щільна окалина. **Практична значимість.** Використання запропонованих марок сталей для виготовлення деталей жаростійкої пічної арматури дозволило підвищити термін експлуатації печей в 1,5-2 рази.

Ключові слова: корозійна стійкість, феритні сталі, харчова промисловість, жаростійкість

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИСТОВЫХ ФЕРРИТНЫХ СТАЛЕЙ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ГРЕШТА В.Л., *к.т.н., проф.*

Кафедра физического материаловедения, Запорожский национальный технический университет, Жуковского, 64, 69063, г. Запорожье, Украина, тел. +38 (061) 764-22-13, e-mail: greshta@zntu.edu.ua, ORCID ID:0000-0002-4589-6811

Аннотация. Цель. Оценить возможность применения листового материала из сталей марок 08X18Т1 и 08X8CЮТч для изготовления деталей узлов жаростойкой печной арматуры. **Методика.** Листовой материал из сталей марок 08X8CЮТч и 08X18Т1 получен на основе разработанных ранее рекомендаций относительно режимов дополнительной термической обработки горячекатаного (г/к) подката. Полученные детали и узлы жаростойкой арматуры были смонтированы на печи "МИНЕЛ-100", которые эксплуатировались в течение двух лет. **Результаты.** Установлено, что при предложенном режиме термической обработки происходит частичное выделение карбидов и снижение уровня горячего наклепа, при сохранении мелкого зерна на уровне 6 балла, что в целом положительно сказывается на способности к формоизменению в процессе вальцовки. При проведении дополнительной термической обработки г/к подката, в структуре наблюдается выделение как железохромистых карбидов $(Cr, Fe)_{23}C_6$ так и более труднорастворимых карбонитридов $Ti(C, N)$, что приводит к замедлению процесса миграции высокоугловых границ при термическом воздействии в том числе и сварочном нагреве. При промежуточном обзоре действующих печей обнаружено, что при рабочих температурах 550-850° С на деталях образовались только цвета побежалости от светло-синего до серого, а в особо нагретых частях на деталях топок - тонкая, плотная окалина. **Практическая значимость.** Использование предложенных марок сталей для изготовления деталей жаростойкой печной арматуры позволило повысить срок эксплуатации печей в 1,5-2 раза.

Ключевые слова: коррозионная стойкость, ферритная сталь, пищевая промышленность, жаростойкость

PROSPECTS OF APPLYING FERITE SHEET STEELS IN THE FOOD INDUSTRY

GRESHTA V., *Cand. Sc. (Tech.), Prof.*

The department of physical materials, Zaporizhzhya National Technical University, Zhukovsky, 64, 69063, Zaporozhye, Ukraine, tel. +38 (061) 764-22-13, e-mail: greshta@zntu.edu.ua, ORCID ID:0000-0002-4589-6811

Abstract. *Purpose.* Evaluate the possibility of applying a sheet material of 08H8SYuTch 08Kh18T1 grades of steels and for the manufacture of heat-resistant parts of nodes for furnace fittings. *Techniques.* The sheet material of 08H8SYuTch 08Kh18T1 grades of steels is obtained on the basis of previously developed recommendations for modes of additional thermal strip plate treatment. Obtained parts and nodes of heat-resistant fittings were assembled on the "Minelli-100" furnace, which have been operated for two years. *Results.* It was found that there is a partial precipitation of carbides and the reduction of hot work hardening level based on the appropriate heat treatment conditions, while maintaining the fine grain at 6 points, which generally has a positive effect on the formability during rolling process. In carrying out additional thermal treatment of hot-rolled strip plate there is a selection both iron chromium carbide (Cr, Fe)₂₃C₆ and more difficult soluble carbonitrides Ti(C, N) in the structure, which leads to lower migration of angle boundaries at thermal effects including welding heating. The intermediate review of existing furnace showed that at operating temperatures of 550-850 °C there was only a change of the colour from light blue to gray on the parts but a thin, dense oxide scale appeared on the most heated places on the furnace parts. *The practical significance.* The use of the proposed grade of steels for manufacturing parts for heat-resistant furnace fittings made it possible to increase the service life of the furnaces in 1.5-2 times.

Keywords: corrosion resistance, ferrite steel, food industry, heat resistance

Вступ

Корозійностійкі сталі на підприємствах харчової промисловості використовуються досить широко, внаслідок жорстких вимог до гігієни та токсичності матеріалів [1]. Причому в харчовій галузі застосовуються аустенітні корозійностійкі сталі з обмеженою кількістю хрому та нікелю. Для виготовлення виробів які безпосередньо контактують з паром, киплячою водою та іншими агресивними середовищами рекомендують використовувати хромисті корозійностійкі сталі. Проте у виробництві обладнання для хлібопекарень часто застосовують аустенітні корозійностійкі сталі, оскільки вони мають вищі показники жаростійкості в порівнянні з феритними сталями.

Тому виникає необхідність проведення досліджень спрямованих на покращення технологічності листових феритних корозійностійких сталей і можливості їх використання в окремих випадках замість аустенітних сталей з хромонікельовою композицією [2-4]. Це обумовлено як економічною доцільністю, так і необхідністю використання в харчовій промисловості безнікелевих корозійностійких сталей у відповідності до європейських стандартів.

Мета

Оскільки при виготовленні виробів, що контактують з харчовими продуктами, відповідно із санітарними нормами, більш перспективними матеріалами є саме хромисті сталі феритного класу, тому в даній роботі проведено оцінку можливості застосування листового матеріалу зі сталей марок 08X18T1 і 08X8CЮТч для виготовлення деталей вузлів жаростійкої пічної арматури при проведенні планових

капітальних ремонтів пічного обладнання на хлібозаводах Одеської області.

Методика

В даній роботі листовий матеріал зі сталей марок 08X8CЮТч і 08X18T1 отримано з урахуванням розроблених в роботі [5] рекомендацій, щодо режимів додаткової термічної обробки підкату.

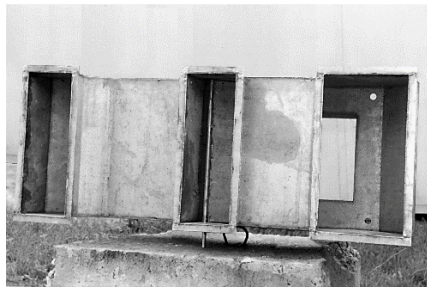
Технологія виготовлення деталей, які представлено на рис. 1, передбачає в собі операції порізки, гнуття або вальцювання і отримання готових виробів за допомогою зварювання. Тому було окремо розглянуто технологічність запропонованих матеріалів в процесі цих операцій.

Отриманні деталі і вузли жаростійкої арматури було змонтовано на печі "МИНЕЛ-100", які експлуатувались впродовж двох років.

Результати

Для виготовлення газорозподільників використовували холоднокатаний листовий матеріал товщиною 1,5 мм (рис. 1, а). Отримання конфігурації окремих сегментів конструкції здійснювалось за допомогою операції гнуття. Відповідно із класичними уявленнями стосовно здатності листового металу до формозмінення при операціях гнуття [6-8], позитивних результатів слід очікувати за умов підвищеної схильності металу до деформаційного зміцнення і високих значень рівномірного видовження δ_p . Не менш важливим критерієм схильності листової заготовки до згину з розтягненням є отримання низьких значень величини відношення σ_s/σ_B . Як було показано в роботі [9] відповідний комплекс властивостей в листі товщиною 1,0 і 1,5 мм забезпечується за умов попереднього відпалювання г/к підкату при 800°C – 4 год., в процесі якого

відбувається очищення твердого розчину від надлишкових атомів вуглецю і азоту при утворенні вторинних карбонітридів.



а



б



в

а – газорозподільник; б – муфель; в – підігрівальна камера.

Рис. 1. Деталі жаростійкої арматури хлібопекарних печей МИНЕЛ-100

a - gas distributor; b - muffler; c - heating chamber.

Fig. 1. Parts of heat-resistant fittings of bakery ovens MINEL-100

Для виготовлення муфеля і підігрівальної камери (рис. 1, б, в відповідно), які під час експлуатації зазнають дії високих температур і як наслідок підлягають інтенсивному окисленню, використовували гарячекатаний лист товщиною 4,0 мм, після термічної обробки за режимом 1000°C – 1 хв/мм.

Встановлено, що при відповідному режимі термічної обробки відбувається часткове виділення карбідів і зниження рівня гарячого наклепу, при збереженні дрібного зерна на рівні 6 балу, що в цілому

позитивно позначається на здатності до формозмінювання в процесі вальцовки.

Присутність карбідної фази в структурі визначає не тільки схильність листових феритних корозійностійких сталей до холодного деформування[10], але і технологічність цих сталей в процесі термічного циклу зварювання.

Відомо, що у зв'язку із відсутністю поліморфізму в цих сталях спостерігається інтенсивний ріст зерна в зоні термічного впливу, що призводить до окрихчення зварного з'єднання. Це в свою чергу не дозволяє проводити після зварювання такі операції як гнуття, калібровки і рихтовки зварних конструкцій.

При проведенні додаткової термічної обробки г/к підкату, як було показано в роботах [11-13] в структурі спостерігається виділення як залізохромистих карбідів $(Cr,Fe)_{23}C_6$ так і більш складнорозчинних карбонітридів $Ti(C,N)$, що приводить до уповільнення процесу міграції висококутових меж при термічному впливі в тому числі і зварювальному нагріві.

Забезпечення достатньої міцності, в'язкості і пластичності металу шва можливе тільки за умов формування однофазної структури. При цьому корозійна стійкість зварного з'єднання повинна бути на рівні електрохімічної стійкості основного металу. У зв'язку з цим при виготовленні деталей жаростійкої арматури використовували ручну дугову зварку електродами ЦЛ-9 при постійному струмі прямої полярності ($I_{зв}=90-100$ А), що забезпечували формування аустенітної структури в металі шва.

В цілому технологічність листових феритних корозійностійких сталей, що отримані із застосуванням рекомендованих режимів термічної обробки, визнано задовільною.

При проміжному огляді діючих печей відмічено, що при робочих температурах 550-850°C на деталях утворились лише кольори мінливості від світло-синього до сірого, а в особо нагрітих частинах на деталях топок – тонка, щільна окалина. Виготовлення деталей пічної арматури із феритних корозійностійких сталей типу 08X18T1 замість жароміцних сталей перлитного класу дозволило підвищити термін експлуатації печей в 1,5 рази.

Практична значимість

Практична значимість роботи полягає в тому, що використання запропонованих марок сталей в харчовій промисловості при виготовленні жаростійкої пічної арматури дозволяє підвищити термін експлуатації печей в 1,5-2 рази.

Висновки

Виробництво феритних сталей марок 08X8CЮТч і 08X18T1 із застосуванням рекомендованих режимів термічної обробки підкату приводить до покращення

технологічності цих сталей в процесі операцій формозмінювання і зварювання, що дозволяє використовувати запропоновані марки сталей для виготовлення деталей жаростійкої пічної арматури.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Солнцев Ю.П., Жавнер В.Л., Вологжаніна С.А., Горлач Р.В. Оборудованиепищевыхпроизводств. Материаловедение. - СПб.: Издательство «Профессия», 2003. - 526 с.

Solntsev Y.P., Zhavner V.L., Vologzhanina S.A., Gorlach R.V. [Equipmentforfoodproduction. MaterialsScience]. - SPb.: Publisher "Occupation", 2003. 526 pp.

2. Бабаков А.А., Приданцев М.В. Коррозионностойкие стали и сплавы. - М.: Металлургия, 1971. - 319 с.

Babakov A.A. Pridantsev M.V. [Corrosion-resistant steels and alloys]. - M.: Metallurgy, 1971. - 319 p

3. Гудремон Є. Специальные стали: В 2 т. /Металлургия. - М., 1959. - Т.1. - 952 с.

E Gudremon [Special steel] In 2 t. / Metallurgy. - M., 1959. - Vol.1. - 952 p.

4. Химушин Ф.Ф. Нержавеющие стали. - М.: Металлургия, 1967. - 798 с.

Khimushin F.F. [Stainless steels]. - M.: Metallurgy, 1967. - 798 p

5. Грешта В.Л. Дослідження впливу термічної обробки на структуру холоднокатаних листових феритних корозійностійких сталей / В.Л. Грешта // Вісник Приазовського державного технічного університету: Серія технічні науки, 2014. - вип. 29. - С. 90-96

Greshta V.L. [Theinfluenceofheattreatmentonthestructureofthecoldexecutionersheet corrosion-resistant steelsferritic] / V.L. Greshta // JournalofAzovStateTechnicalUniversity: EngineeringSeries, 2014. - Vol. 29. - P. 90-96

6. Пикеринг Ф.Б. Физическоеметалловедение и разработка сталей / Ф.Б. Пикеринг - М.: Металлургия, 1982. - 182 с.

Pikering F.B. [Physicalmetallurgyandthedesignofsteels] / F.B. Pikering - M.: Metallurgiya, 1982. - 182 p.

7. Христенко И.Н. Анализкривыхупрочнения //Металлы. - 1985. -№5. - С.139-141.

I.N. Khristenko [Analysis of the hardening curves] // Metals. - 1985. - №5. - P.139-141.

8. Бондаренко А.Л., Виниченко В.С., Рыбаченко Ю.Т. Физическая трактовка упрочнения при штамповкеферритныхнержавеющих сталей //Новыеконструкционныематериалы и эффективныеметодыихполучения и обработки - К.: УМВК ВО, 1988. - С.32-36.

Bondarenko A.L., Vinichenko V.S. Rybachenko Y.T. [Physical treatment hardening during forming of ferriticstainless steels] // New construction materials and effective methods for their production and processing - K.: UМVK IN, 1988. - P.32-36.

9. Грешта В.Л. Оцінка здатності до формозмінювання листових феритних корозійностійких сталей за результатами технологічних випробувань / В.Л. Грешта // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні, 2014. - №1. - С. 100-103

Greshta V.L. [Gradeabilitytoformozminyuvannyasheetferriticsteelscorrosionontheresultsoftechnologicaltests] / V.L. Greshta // New materials technologies in metallurgy and machine building, 2014. - №1. - P. 100-103

10. Бондаренко А.Л. Состояние границ зерен, механические свойства и штампуемость ферритных нержавеющей сталей //МиТОМ. - 1978. - №11. - С.30-33.

Bondarenko A.L. Status grain boundaries, mehanycheskye properties and shtampuemostferrytnyh stainless steels // MiTOM. - 1978. - №11. - P.30-33.

11. Бондаренко А.Л. Перезподіл вуглецю при нагріванні і охолодженні заготовок під час виробництва із феритних корозійностійких сталей / А.Л. Бондаренко, В.Л. Грешта, Л.П. Степанова // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні, 2000. - №2. - С.33-36

Bondarenko A.L. [Redistributioncarbonbilletheatingandcoolingintheproductiof corrosion-resistant steelsferritic] / A.L. Bondarenko, V.L. Greshta, L.P. Stepanova // NovimaterIali I tehnologIyi v metalurgIyamashinobuduvanni, 2000. - №2. - P.33-36

12. Ольшанецкий В.Ю., Бондаренко А.Л., Грешта В.Л., Степанова Л.П. Деякі особливості процесів розчинення-виділення карбідних фаз у феритних нержавіючих сталях з титаном //Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. - 2003. - №2. - С.7-10.

Olshanetsky V., Bondarenko A.L., Greshta V.L., Stepanov L.P. [Some features of the process of dissolution-allocation of carbide phases in ferritic stainless steels and titanium] // New materials technologies in metallurgy and machine building, 2003. - №2. - P. 7-10.

13. Долотова Т.С., Кучерявый В.И., Ревакина О.К. Влияниережимовтермическойобработки на свойства стали 000X11 H10M2T // МиТОМ. - 1973. - №12. - С.9-10.

Dolotova T.S., Curly V.I., Revakina D.C. [Effect of heat treatment on the properties of steel 000H11 N10M2T] // MiTOM. - 1973. - №12. - P.9-10.

Стаття рекомендована до публікації д-ром техн. наук, проф. В. Ю. Ольшанецьким (Україна); д-ром техн. наук, проф. В. В. Луньовим (Україна) Стаття надійшла до редколегії 10.06.2015 р.