

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТНОГО ЗВАРЮВАННЯ ТУРБОАГРЕГАТИВ ТЕС ПІСЛЯ ДОВГОТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

В. П. ЄЛАГІН¹, А. К. ЦАРЮК¹, Н. І. ДУНАЄВСЬКА², В. А. ПЕРЕТЯТЬКО³

¹ІЕЗ ім. С. О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

²Інститут вугільних енерготехнологій НАН України. 04070, м. Київ, вул. Андріївська, 19. E-mail: ilv.golenko@gmail.com

³ПАТ ДЕК «Центренерго». 03680, м. Київ, вул. Казацька, 120/4 «е». Email: peretyatkovladimir@ukr.net

При тривалій експлуатації турбінного устаткування в корпусах клапанів, циліндрів та в паропроводу утворюються під дією різноманітних факторів тріщини. Поява їх значною мірою обумовлена погіршенням структури та механічних властивостей металу. Метою роботи є аналіз можливості врахування стану металу пошкодженої деталі в технології ремонтного зварювання для забезпечення надійної роботи зварного з'єднання. Літературний огляд показав, що сучасні технології ремонтного зварювання передбачають технологічні заходи для запобігання утворенню «холодних» тріщин, але не враховують погіршення стану основного металу та його вплив на роботоздатність зварного з'єднання. Усунення пошкоджень компонентів турбінного обладнання після тривалої експлуатації потребує розробки нових технологій ремонтного зварювання із застосуванням додаткових технологічних заходів термічного та деформаційного впливу. Бібліогр. 24, табл. 1, рис. 2.

Ключові слова: компоненти турбінного обладнання, тріщини, теплостійка сталь, структура, стан металу, технологія ремонтного зварювання, технологічні заходи

Значна кількість аварійних зупинок енергоблоків ТЕС зумовлена пошкодженням стопорних і регулюючих клапанів, циліндрів тиску та паропроводу, які є одними з головних компонентів турбінного устаткування [1]. Корпуси клапанів та циліндрів представляють собою великогабаритні товстостінні литі деталі складної конструкції з теплостійких Cr–Mo чи Cr–Mo–V сталей та мають, як правило, зварні з'єднання з патрубками паропроводу. Умови експлуатації їх характеризуються високою робочою температурою (545 °С) і тиском пари (23,5 МПа). Термін експлуатації деяких з них склав вже понад 320 тис. год, що значно перевищує розрахунковий (100 тис. год.) та парковий (220 тис. год.) ресурс. Висока довговічність деталей обумовлена значною «живучістю» металу, вдалою конструкцією, а також проведенням ремонту з використанням зварювання для відновлення працездатності в разі виникнення пошкоджень [2, 3].

Найчастішим видом пошкодження корпусних деталей є тріщини, а містом їх виникнення — зварні з'єднання [3]. Вони можуть утворюватися в різні строки експлуатації під дією технологічних, конструкційних та експлуатаційних факторів [3, 4] по механізму холодноламкості («холодні» тріщини) [5]; втомного або корозійно-втомного руйнування [2], дисперсійного окрихчення (тріщини повторного нагрівання) [3, 6], повзучості [2, 3, 7]. Пошкодження елементів обладнання в період від 10 до 50 тис. год обумовлено дефектами металу

і монтажу. Кількість відмов збільшується з часом експлуатації (рис. 1). Головним фактором, що спричиняє їх збільшення, стає погіршення структури та властивостей металу.

Тріщини холодноламкості утворюються після експлуатації терміном менше 5 тис. год та причиною є переважно технологічний фактор — порушення чи недоліки технології зварювання, термооброблення та виготовлення литва, від яких в металі утворилися дефекти, структури гартування, відбулося наводнення металу, утворення високого рівня напружень. У цей період незначно змінюються механічні властивості металу, але знижуються параметри опору руйнуванню, чутливі до локальних структурних змін. Через 5...20 тис. год можуть утворюватися тріщини від дисперсного окрихчення металу після повторного нагріван-

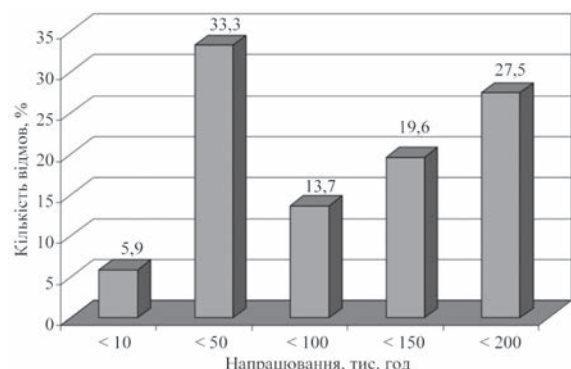


Рис. 1. Кількість відмов устаткування ТЕС в залежності від напрацювання [4]

ня від зварювання, невеликого режиму термооброблення, або в нетермооброблених з'єднаннях при температурі експлуатації вище за 510 °С [4, 5]. Виділення карбідів як по тілу, так і по границям зерен, приводить до зниження роботи зародження тріщин [2, 8].

Втомні тріщини виникають через 20...70 тис. год під впливом високих циклічних напружень від нестационарного режиму експлуатації, корозійного впливу робочого середовища та наявності концентратора напружень. Деформація матеріалу при термічному впливі розвивається за механізмом активного розтягування-стиснення. В цей період основні зміни структури металу відбуваються на рівні перерозподілу карбідних складових із формуванням субструктури, сприятливої для поширення тріщин [6].

Тріщини повзучості можуть утворюватися від виникнення високих тривалих напружень, що перевищують проектні, під впливом кожного чи в комплексі трьох факторів — технологічних, конструкційних та експлуатаційних та визнані однією з головних причин пошкодження паропроводів при температурі вищою за 450 °С [2, 3]. Розвиток процесу повзучості відбувається насамперед при зниженні опору протидії тривалому напруженні при високій температурі через недостатній робочий переріз деталі, деградацію структури та дію корозійного середовища [1, 9]. Із збільшенням тиску та терміну експлуатації чинник деградації

структури стає все найчастішою причиною виникнення тріщин. Характеристикою змінення структури, що призводить до деградації, є поступове перетворення ферит-перлітної (сталь 12Х1МФ) чи бейніт-феритної структури (сталь 15Х1М1Ф) (рис. 2, а) у феритну (рис. 2, б) з укрупненням та утворенням скупчення карбідів по межах зерен, а також виникненням пор та мікротріщин повзучості [6, 9]. Водночас відбувається значна зміна механічних властивостей металу по відношенню до рівня цих характеристик для умов постачання [10]. Деталь із сталі 15Х1М1ФЛ бракують, якщо відбулося зниження межі текучості до 270 МПа, тимчасового опору розриванню до 470 МПа, а ударної в'язкості до 130 кДж/м², а також якщо виявляють в структурі ланцюжки пор повзучості уздовж меж зерен під час дослідження із збільшенням мікроскопа ×500 [11].

Для ремонту деталей енергетичного обладнання використовують дугове зварювання плавким електродом [12, 13]. Розробку технології зварювання проводять під кожен ремонт, при цьому встановлюють його спосіб і техніку виконання, режим зварювання; зварювальні матеріали, необхідність додаткових технологічних заходів термічного та деформаційного впливу для отримання зварного з'єднання, рівномірного основному металу. Основні положення технології зварювання та особливості її застосування визначають на основі вимог нормативних документів в залежності від вихідних параметрів, таких як: хімічний склад та твердість основного металу, розміри пошкодження, ділянки його розташування та деталі в цілому, умови експлуатації і таке інше. Рекомендацій щодо врахування терміну експлуатації та змінення при цьому структури і механічних властивостей металу немає. Вихідна структура значно впливає на зварюваність основного металу, тріщиностійкість та властивості зварних з'єднань [5, 14] та її змінення треба враховувати при виборі або розробці технології ремонтного зварювання.

Метою роботи є аналіз можливості врахування стану металу деталі після довготривалої експлуатації в технології ремонтного зварювання для забезпечення надійної роботи зварного з'єднання.

Відомо багато технологій ремонтного зварювання деталей з теплостійких сталей [15, 16]. Однією з найперших технологій, яка знайшла широке застосування для ремонтного зварювання великогабаритних масивних деталей, є зварювання аустенітними електродами [17, 18]. Вона дозволяє запобігти утворенню холодних тріщин в зварних з'єднаннях без попереднього підігріву і післязварювальної термічної обробки, що є важливим для виконання бездемонтажного ремонту. Недоліком такої технології є окрихчення металу в

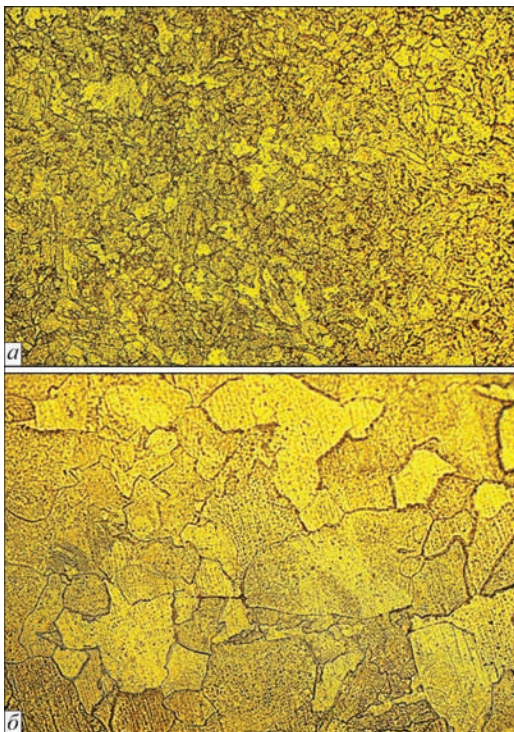


Рис. 2. Мікроструктура (×500) металу патрубку стопорного клапану в стані: а — до експлуатації; б — після експлуатації при температурі 560 °С, тиску 230 МПа тривалістю 310 тис. год (б)

Рекомендації по застосуванню технологічних заходів при зварюванні в залежності від стану основного металу

Стан зварювального металу	Технологічні заходи зварювання							
	Спосіб зварювання	Зварювальні матеріали	Режим зварювання	Попередній підігрів	Наплавлення облицювального шару	Проківка наплавлених шарів	Термічний відпочинок	Високотемпературний відпуск
Холодноламкість	+	+	+	+	+	+	+	+
Дисперсійне твердіння	-	-	-	-	-	-	-	-
Термічна втома	-	-	-	-	-	-	-	-
Повзучість	-	-	-	-	-	-	-	-

Рекомендації: + — є; - — нема.

зоні сплавлення аустенітного металу з перлітною сталлю через утворення і розвиток при високій температурі хімічної і структурної неоднорідності, яке викликане дифузією вуглецю [19]. Відшаровування аустенітного шва з хімічним складом на основі заліза відбувається через 4...8 років експлуатації, а на основі нікелю — через 15...20 років експлуатації. Термін руйнування зварного з'єднання з аустенітним високонікелевим швом може знизитися до 3...4 років, якщо деталь до ремонту експлуатувалась понад 150 тис. год [16]. Для запобігання окрихчення зони сплавлення аустенітного шва з перлітною сталлю, експлуатація таких зварних з'єднань обмежена температурою 480 °С [18].

Основним способом усунення дефектів в корпусних деталях енергетичного устаткування є ручне дугове зварювання перлітними електродами з попереднім підігрівом і післязварювальною високотемпературною відпусткою [13, 16]. Підвищення надійності зварного з'єднання досягається за рахунок приведення структури металу в рівноважний стан, зниження рівня зварювальних напружень і дифузійного водню. Проте, підвищене тепловкладення сприяє зростанню зерна та хімічної неоднорідності, що при деградованій структурі основного металу буде сприяти зниженню стійкості проти тріщин. Тому режими зварювання, температура попереднього підігріву та післязварювальної термообробки при такому способі підлягають обов'язковому корегуванню в залежності від терміну експлуатації та стану металу деталі, що підлягає ремонту.

Відомі відносно нові технології зварювання перлітними електродами із застосуванням технологічних прийомів управління термомодеформаційним циклом зварювання, наприклад, таких як: техніка формування зварного шва способом «поперечна гірка» [20]; застосування низькотемпературного термічного відпочинку замість високотемпературної відпустки [21–23]; попереднє облицювання зварювальних крайок [16], застосування мінімальної погонної енергії та техніки зварювання вузькими відпалюючими валиками, які наносяться у визначеній послідовності; пошарове проковування металу шва [16, 24]. Висока стій-

кість зварних з'єднань проти утворення тріщин у цих технологіях досягається за рахунок більш ефективного використання зварювального нагріву, запобігання утворення крупного зерна та крихких структур в пришовній зоні, зниження рівня напруженого стану та вмісту дифузійного водню в металі. Більші можливості поліпшення структури та властивостей зварних з'єднань роблять їх перспективними для застосування при ремонті компонентів енергетичного устаткування, які мають довготривалий термін експлуатації. Але технологічних заходів, що застосовуються в цих технологіях, не так вже і багато та і параметри їх не визначені для застосування при ремонті деталей із різним станом зварювального металу (таблиця).

Таким чином, враховуючи різноманітність типорозмірів компонентів енергетичного устаткування, умов експлуатації, виду пошкоджень та стану металу при їх ремонті повинна застосовуватись конкретна технологія зварювання. Визначення її оптимальних параметрів потребує проведення додаткових досліджень, актуальність яких зростає через подальше збільшення терміну експлуатації та рівня деградації металу. Розробка та застосування технології ремонтного зварювання є економічно і організаційно ефективним заходом, який дозволяє значно подовжити строк служби деталей без значних фінансових витрат у порівнянні із заміною на нові.

Висновки

1. Пошкодження компонентів турбінного обладнання утворюються в різний термін експлуатації під впливом багатьох факторів та завжди супроводжуються попереднім погіршенням структури і властивостей металу.

2. Сучасні технології ремонтного зварювання не враховують стан металу пошкодженої деталі, що не дозволяє бути впевненим в надійності отриманих зварних з'єднань.

3. Усунення пошкоджень компонентів турбінного обладнання після тривалої експлуатації потребує розробки нових технологій ремонтного зварювання з застосуванням додаткових технологічних заходів термічного та деформаційного впливу.

Список літератури

- Черноусенко О. Ю. (2013) Поврежденность и остаточный ресурс стопорных клапанов ЦВД и ЦСД паровой турбины К-800-240 Славянской ТЭС. Вісник НТУ «ХП». Серія: *Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування*. Харків, НТУ «ХП», **12** (986), 100–106.
- Израилев Ю. Л., Хромченко Ф. А., Ливанский А. П. и др. (2002) *Живучесть паропроводов стареющих тепловых электростанций*. Израилев Ю. Л., Хромченко В. А. (ред.). Москва, ТОРУС ПРЕСС.
- Хромченко Ф. А. (2003) *Ресурс сварных соединений паропроводов*. Москва, Машиностроение.
- Кушнаренко В. М., Кандыба Н. Е., Степанов Е. П. и др. (2003) Анализ повреждаемости парогенерирующего оборудования ТЭС. *Вестник ОГУ*, **6**, 177–182.
- Макаров Э. Л. (1981) *Холодные трещины при сварке легированных сталей*. Москва, Машиностроение.
- Гладштейн В. И. (2014) *Микроповреждаемость металла высокотемпературных деталей энергооборудования*. Москва, Машиностроение.
- Дмитрик В. В., Глушко А. В., Григоренко С. Г. (2016) Особенности порообразования в сварных соединениях паропроводов в условиях длительной эксплуатации. *Автоматическая сварка*, **9**, 56–60.
- Котречко С. А., Мешков Ю. Я., Телевич Р. В. (2004) Параметры микроструктуры, контролирующие хрупкую прочность малоуглеродистых сталей со структурой мартенсита отпуска. *Металлофизика и новейшие технологии*, **26**, **1**, 435–456.
- Пантелеенко Ф. И., Снарский А. С., Крыленко А. В. (2012) Особенности деградации структуры и механические свойства элементов печного и теплоэнергетического оборудования после длительной эксплуатации. *Наука и техника*, **1**, 16–20.
- Отливки из углеродистых и легированных сталей для деталей паровых стационарных турбин с гарантированными характеристиками прочности при высоких температурах. *Технические условия. ОСТ 108.961.02-79*.
- МПЕ України. (2004) Контроль металу і продовження терміну експлуатації основних елементів котлів, турбін і трубопроводів теплових електростанцій. *Типова інструкція. СОУ-Н МПЕ 40.17.401.2004*.
- Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском (2018). *Наказ Міністерства соціальної політики України 05 березня 2018 р., № 333. НПАОП 0.00-1.81-18*.
- Зварювання, термообробка і контроль трубних систем котлів і трубопроводів при монтажі та ремонті обладнання теплових електростанцій. Мін-во енергетики СРСР. *РД 34.17.101-89 (РД 34.15.027-89)*.
- Походня И. К., Явдошин И. Р., Пальцевич А. П. (2004) *Металлургия дуговой сварки. Взаимодействие металла с газами*. Походня И. К. (ред.). Киев, Наукова думка.
- Анохов А. Е., Корольков П. М. (2003) *Сварка и термическая обработка корпусного энергетического оборудования при ремонте*. Киев, Экотехнология.
- Хромченко Ф. А. (2005) *Сварочные технологии при ремонтных работах*. Москва, Интернет Инжиниринг.
- Земзин В. Н., Баграмова Т. И., Титинер З. К. и др. (1974) *Использование высоконикелевых электродов для заварки дефектов в литых корпусных деталях паровых турбин*. Ленинград, ЛДНТП.
- (2013) *НПО ЦКТИ. Методические указания. Устранение дефектов в литых деталях энергооборудования с применением сварки без последующей термической обработки*. СТО ЦКТИ 10.049-2013.
- Липодаев В. Н., Снисарь В. В., Елагин В. П. и др. (1991) Особенности хрупкого разрушения разнородного сварного соединения с высоконикелевым металлом шва. *Автоматическая сварка*, **10**, 6–9
- Ефименко Н. Г., Атоженко О. Ю., Вавилов А. В. И др. (2014) Структура и свойства сварных соединений стали 15X1M1ФЛ при исправлении дефектов литья способом поперечной горки. *Там же*, **2**, 44–48.
- Царюк А. К., Иваненко В. Д., Скульский В. Ю. и др. (2012) Технология ремонтной сварки узлов котлоагрегатов без последующей термообработки. *Там же*, **9**, 41–47.
- Aloraierd A. Al-Maznoued A., Price J.W.H., Shehata T. (2010) Weld repair practices without post weld heat treatment for ferritic alloys and their consequences on residual stresses: A review. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, **8**, 127–133.
- Som Dutt Sharma S. D., Saluja R., Moeed K M. (2013) A review on effect of preheating and/or post weld heat treatment (PWHT) on hardened steel. *International Journal of Technical Research and Applications*, **1**, **2** (may-june), 05–07.
- Delamarian Cristian (1998) *Manual for Maintenance and Retrofit of Conventional Power Plants*. Timisoara, Editura Sudura. Publishing House of the Romanian Welding Society.

References

- Chernousenko, O. Yu. (2013) Damage and residual service life of the CVD and CSD stop valves of the K-800-240 steam turbine at the Slavyansk TES. *Visnyk NTU KhPI. Series: Power and heat engineering processes and equipment*, **12** (986), 100–106 [in Russian].
- Izrailev, Yu. L., Khromchenko, F. A., Livansky, A. P. et al. (2002) *The persistence of the steam pipes of aging thermal power plants*. Ed. by Yu. L. Israilev and F. A. Khromchenko. Moscow: Torus Press [in Russian].
- Khromchenko, F.A. (2003) *Service life of welded joints of steam pipelines*. Moscow, Mashinostroenie [in Russian].
- Kushnarenko, V.M., Kandyba, N.E., Stepanov, A.P. et al. (2003) Analysis of damageability of steam generating equipment of TPP. *Vestnik OGU*, **6**, 177–182 [in Russian].
- Makarov, E. L. (1981) *Cold cracks in welding of alloy steels*. Moscow, Mashinostroenie [in Russian].
- Gladshstein, V. I. (2014) *Microdamage of metal of high-temperature parts of power equipment*. Moscow, Mashinostroenie [in Russian].
- Dmitrik, V.V., Glushko, A.V., Grigorenko, S.G. (2016) Features of pore formation in welded joints of steam lines in long-term operation. *The Paton Welding J.*, **9**, 51–54.
- Kotrachko, S. A., Meshkov, Yu. Ya., Televich, R. V. (2004) The microstructure parameters controlling the brittle strength of low-carbon steels with the structure of tempering martensite. *Metallofizika i Novejshie Tekhnologii*, **26**(1), 435–456 [in Russian].
- Panteleenko, F. I., Snarsky, A. S., Krylenko, A. V. (2012) Features of the structure degradation and mechanical properties of the elements of the furnace and heat-power equipment components after long-term operation. *Nauka i Tekhnika*, **1**, 16–20 [in Russian].
- OST 108.961.02-79: Castings of carbon and alloy steels for parts of steam stationary turbines with guaranteed strength characteristics at high temperatures. Specifications.
- MPE Ukraine (2004) Metal control and life extension of the main components of boilers, turbines and pipelines of thermal power plants. In: Standard instruction: SOU-N MPE 40.17.401:2004 [in Ukrainian].
- (2018) Rules of labor protection during equipment operation under pressure. Order of the Ministry of social policy of Ukraine, 05 March 2018, No. 333. NPAOP 0.00-1.81-18 [in Ukrainian].
- Welding, heat treatment and control of pipe systems of boilers and pipelines during installation and repair of equipment of thermal power plants. Min. energy of the USSR. RD 34.17.101-89 (RD 34.15.027-89) [in Russian].
- Pokhodnya, I. K., Yavdoshchin, I. R., Paltsevich, A. P. et al. (2004) *Metallurgy of arc welding. Interaction of metal with gases*. Ed. by I. K. Pokhodnya. Kiev, Naukova Dumka [in Russian].
- Anokhov, A. E., Korolkov, P. M. (2003) *Welding and heat treatment of hull power equipment during repair*. Kiev, Ekotekhnologiya [in Russian].

16. Khromchenko, F. A. (2005) Welding technologies for repair works. Moscow, Internet Engineering [in Russian].
17. Zemzin, V.N., Bagramova, T. I., Titiner, Z. K. et al. (1974) Use of high-nickel electrodes for welding-up of defects in cast housing parts of steam turbines. Leningrad, LDNTP [in Russian].
18. (2013) NPO TsKTI 10.049-2013: Elimination of defects in cast parts of power equipment with the use of welding without subsequent heat treatment: Guidelines [in Russian].
19. Lipodaev, V. N., Snisar, V. V., Elagin, V. P. et al. (1991) Features of brittle fracture of dissimilar welded joint with high-nickel weld metal. *Avtomatich. Svarka*, 10, 6-9 [in Russian].
20. Efimenko, N. G., Atozhenko, O. Yu., Vavilov, A. V. et al. (2014) Structure and properties of welded joints of 15Kh1M1FL steel at repair of casting defects by transverse hill method. *The Paton Welding J.*, 2, 42-46.
21. Tsaryuk A. K., Ivanenko V. D., Skulsky V. Yu. et al. (2012) Technology of repair welding of boiler unit assemblies without postweld heat treatment. *The Paton Welding J.*, 9, 37-42.
22. Aloraierd, A. Al-Maznouseed, A., Price, J. W. H., Shehata, T. (2010) Weld repair practices without post weld heat treatment for ferritic alloys and their consequences on residual stresses: Review. *Int. J. of Pressure Vessels and Piping*, 87, 127-133.
23. Som Dutt Sharma, S. D, Saluja, R., Moeed, K. M. (2013) A review on effect of preheating and/or post weld heat treatment (PWHT) on hardened steel. *Int. J. of Technical Research and Applications*, 1(2), 5-7.
24. Delamarian, C. (1998) Manual for maintenance and retrofit of conventional power plants. Timisoara, Editura Sudura. Publishing House of the Romanian Welding Society.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ ТУРБОАГРЕГАТОВ ТЭС ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В. П. ЕЛАГИН¹, А. К. ЦАРЮК¹, Н. И. ДУНАЕВСКАЯ², В. А. ПЕРЕТЯТКО³

¹ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03150, г. Киев, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

²Институт угольных энерготехнологий НАН Украины. 04070, г. Киев, ул. Андреевская, 19. E-mail: ilv.golenko@gmail.com

³ПАО ГЭК «Центрэнерго». 03680, г. Киев, ул. Казацкая, 120/4 «е». E-mail: peretyatkovladimir@ukr.net

При длительной эксплуатации турбинного оборудования в корпусах клапанов, цилиндров и в паропроводе образуются под действием различных факторов трещины. Появление их в значительной мере обусловлено ухудшением структуры и механических свойств металла. Целью работы является анализ возможности учёта состояния металла поврежденной детали при разработке технологии ремонтной сварки для обеспечения надежной работы сварного соединения. Литературный обзор показал, что современные технологии ремонтной сварки предусматривают технологические меры для предотвращения образования холодных трещин, но не учитывают ухудшение состояния основного металла и его влияние на работоспособность сварного соединения. Устранение поврежденных компонентов турбинного оборудования после длительной эксплуатации требует разработки новых технологий ремонтной сварки с применением дополнительных технологических мероприятий термического и деформационного воздействия. Библиогр. 24, табл. 1, рис. 2.

Ключевые слова: компоненты турбинного оборудования, трещины, теплоустойчивая сталь, структура, состояние металла, технология ремонтной сварки, технологические мероприятия

PECULIARITIES OF TECHNOLOGY OF REPAIR WELDING OF HPP TURBOUNITS AFTER LONG-TERM OPERATION

ELAGIN V. P.¹, TSARYUK A. K.¹, DUNAIEVSKA N. I.² AND PERETYATKO V. A.³

¹ E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine, 11 Kazimir Malevich Str., 03150, Kyiv, Ukraine.

E-mail: office@paton.kiev.ua

² Coal Energy Technology Institute of the NAS of Ukraine, 19 Andriivska str., Kyiv, 04070. E-mail: ilv.golenko@gmail.com

³ PJSC SEC «Centrenerg». 120/4 e, Kazatskaya Str., Kyiv, 03680. E-mail: peretyatkovladimir@urk.net

Long-term operation of turbine equipment promotes formation of cracks in the casings of valves, cylinders and steam lines under effect of various factors. Their appearance to significant extent is caused by deterioration of structure and mechanical properties of metal. Aim of the work is the analysis of possibility to take into account a state of metal in damaged part in a technology of repair welding for providing a reliable operation of welded joint. Review of literature showed that modern technologies of repair welding provide technological measures for prevention of "cold" crack formation, but do not consider deterioration of base metal state and its effect on working capacity of the welded joint. Removal of damages in turbine equipment components after long-term operation require development of new technologies of repair welding using additional technological measures of thermal and deformation influence. 24 Ref., 1 Tabl., 2 Fig.

Keywords: Components of turbine equipment, cracks, heat-resistant steel, structure, metal state, welding repair technology, technological measures

Поступила в редакцию 02.10.2018