

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ РАДІАЦІЙНО-ПРОМЕНЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

З.А. Дурягіна, Т.Л. Тепла

*Національний університет “Львівська політехніка”,
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013*

Анотація. Проаналізовано різні види руйнувань деталей машин та елементів конструкцій енергетичного обладнання. Ефективність запропонованих науково-технологічних рішень підтверджена їх промисловою апробацією за умов ТЕС західного регіону України. Наукові результати роботи використано у проектній документації ВАТ “Львів-ОРГРЕС”.

Обладнання теплових електростанцій (ТЕС) західного регіону України сьогодні у незадовільному стані та постійно потребує профілактичних ремонтів або відновлення окремих його частин. Зокрема, для підвищення корозійно-механічної тривкості раціонально використовувати радіаційно-променеві методи поверхневої обробки. Щоб визначитись, для яких конкретно деталей запропоновані методи найдоцільніші та найефективніші, нами вивчено основні типи ушкоджень деталей машин та елементів конструкцій енергетичного обладнання Добротвірської, Бурштинської та Ладижинської ТЕС, що виготовлені із корозійнотривких сталей ферито-мартенситного класу.

Вивчення умов роботи основних конструкційних матеріалів енергетичного устаткування теплоенергетики дає змогу стверджувати, що їх ушкодження бувають переважно двох типів: ерозійне або абразивне зношування та руйнування деталей за механізмом корозійного розтріскування або водневого окрихчення в результаті комплексної дії на матеріал робочого тиску та перегрітої пари (при дисоціації якої в пароводяному тракці генерується водень) (рис. 1).

Існують різні методи боротьби з цими небезпечними видами руйнування [1, 2]. Першочерговим вважається підтримка лужного (рН 9,3–10,7) балансу для водного середовища ТЕС. Традиційно також використовують методи азотування робочих кромek лопаток турбін, електроіскрове зміцнення робочої поверхні, припайку захисних пластин, наплавку твердосплавними сталітовими сплавами, термомеханічну обробку поверхні тощо. Крім того, розробляються та досліджуються нові, складнолеговані сталі ферито-мартенситного класу, впровадження яких потребує тривалих випробувань та відпрацювання технології виготовлення з них напівфабрикатів та деталей. Але ці методи не повністю задовольняють експлуатаційні вимоги, що ставляться до деталей енергетики.

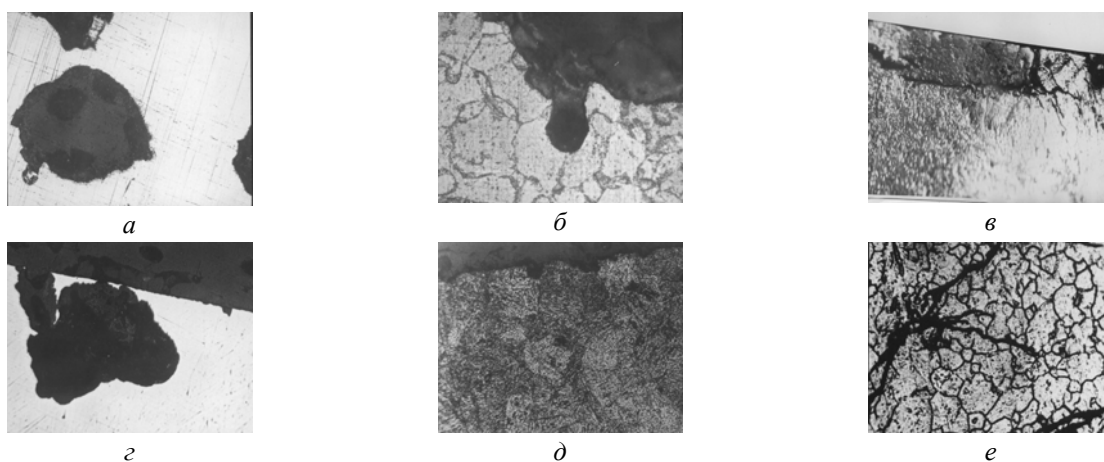


Рис. 1. Пошкодження на робочих поверхнях лопаток турбін після роботи у середовищі перегрітої пари при 500° С, 10 років: а, б, в) пітинги округлої форми; в) підповерхневий пітинг; д) клиноподібний пітинг, $\times 100$; е) виразкова корозія, $\times 300$

Для підвищення корозійно-механічної тривкості деталей машин енергетичного обладнання раціонально використовувати методи інженерії поверхні, а саме плазмове наплавлення. Як було встановлено нами, при цьому на поверхні виробів вдається формувати захисні бар'єрні шари з регульованим структурно-фазовим станом. Так, на Добротвірській ТЕС здійснено відновлення робочих кромek лопаток циліндра низького тиску турбіни № 5 К 90130 останнього ступеня ротора, що виготовлені зі сталі 20Х13. Лопатки виготовляють на Полтавському турбінобудівному заводі, де їхню поверхню відразу захищають стелітовими пластинами. Такі пластини через особливості технології їх закріплення та несучільність прилягання до основного матеріалу (сталь 20Х13) з часом інтенсивно руйнуються самі та спричиняють ознаки корозійних ушкоджень тіла лопаток у вигляді відшарувань, гострих клиноподібних пітингів, що поступово розростаються у тріщини. Природа виникнення цього виду руйнування може бути пов'язана або з корозійним розтріскуванням, коли поряд із агресивним середовищем існує додатковий вплив залишкових напружень, або з водневим окрихченням за наявності в агресивному робочому середовищі іонів H^+ , HS^- .

Досліджені нами лопатки турбін працюють як деталі останнього ступеня ротора низького тиску. На кожному роторі розміщено 98 лопаток, висота кожної з яких 1100 мм. Враховуючи геометричні розміри окремої лопатки та швидкість обертання ротора (3000 об/хв), розбаланс ротора у один кілограм ваги відносно ваги всього ротора викликає утворення відцентрової сили, що створює максимально допустиму амплітуду коливання ротора в 30 мікрон. При більшій амплітуді здійснюється аварійна зупинка турбіни для запобігання руйнуванням у результаті виникнення резонансних явищ. Тому слід прискіпливо стежити за станом поверхні лопаток турбін, зупиняти турбіни на профілактичних ремонтах та, по можливості, відновлювати робочі кромки обладнання. При профілактичних ремонтах такі лопатки демонтують та здійснюють заміну ушкодженої лопатки або відновлення тільки стелітових пластин. Це трудомісткий та дуже дорогий процес.

Як показали наші порівняльні дослідження, за п'ять років експлуатації лопатка турбіни із стелітовою пластиною зазнає руйнування, що проявляється в утворенні тріщин, пітингів, виразок. Водночас лопатка турбіни з нанесеним за нашими рекомендаціями плазмовим покриттям порошком ніобію показує високу надійність при експлуатації. За аналогічний термін роботи на її поверхні не виявлено ознак жодних пошкоджень (рис. 2). Нами встановлено оптимальний режим плазмової обробки, що полягає у такому: тонкодисперсний порошок ніобію вдмухується в активну зону у атмосфері аргону або азоту за тривалості імпульсу $1 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-6}$ с з величиною критичного теплового потоку близько $(2-6) \cdot 10^9$ Вт/м².

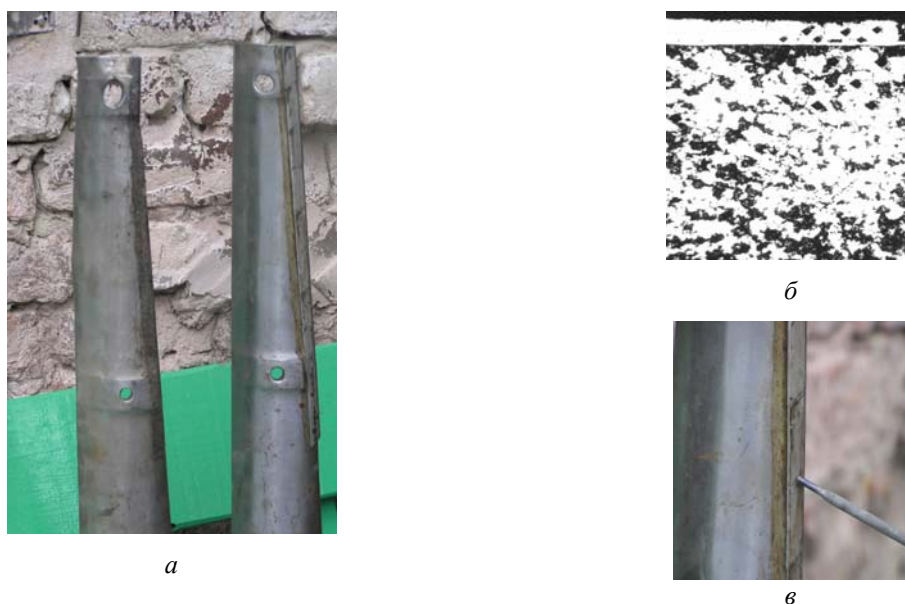


Рис. 2. Захист робочої поверхні лопатки турбіни низького тиску:
 а – порівняння двох методів захисту; б – покриття, отримане плазмовою обробкою;
 в – традиційний із стелітовою пластиною

Отже, захист поверхні лопатки турбіни плазмовим наплавленням дрібнодисперсним порошком ніобію виявився ефективнішим, ніж традиційний спосіб захисту за допомогою стелітових пластин. По-перше, суцільність та гарна адгезія створеного плазмового покриття буде практично повністю виключати можливість розбалансу ротора. По-друге, такі покриття, як показали наші дослідження [3–6], особливо надійні за умов агресивних середовищ з рН 11, що відповідає реальним умовам експлуатації ротора низького тиску. Тому зникає необхідність підключення робочого середовища до рН > 12, коли зростає інтенсивність корозійних пошкоджень внаслідок небажаного утворення на поверхні виробів залізофосфатних відкладень. Для порівняння наведено зображення лопатки турбіни із стелітовими пластинами (рис. 2), з якого видно, що навіть під час її виготовлення існують певні макродефекти, які потім під час роботи турбіни розкриваються у тріщини.

Запропонований нами метод захисту поверхні лопаток турбіни здійснюється як фінішна технологічна операція перед монтажем обладнання. За умов, коли є необхідність відновити робочі поверхні демонтованих деталей під час планово-профілактичного ремонту обладнання, запропонована методика є також ефективною, оскільки не потребує спеціального обладнання, екологічно чиста та може бути легко автоматизована. Очікуваний економічний ефект від впровадження наплавлення вихідних лопаток турбіни К–200–130 згідно з актом про використання матеріалів наукових досліджень становить 8908902 грн. (із розрахунку на одну турбіну).

Література

1. Дурягіна З.А., Івашко Т.Л. Вплив режимів іонної імплантації азотом на корозійно-електрохімічні властивості ферито-мартенситних сталей / Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів: В 2-х т. / спец. Вип. журналу ФХММ. Львів: ФМІ ім. Г. Карпенка. – 2006. – Т. 2. – № 5. – С. 696 – 701.
2. Хромченко Ф.А. Технология ремонта рабочих лопаток паровых турбин // Сварщик. – № 1 (17). – 2001. – С. 13–17.
3. Дурягіна З.А., Лазько Г.В., Івашко Т.Л. Поверхневі явища при формуванні градієнтних структур // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. “Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні і приладобудуванні”. – № 480. – 2003. – С. 137–142.
4. Дурягіна З.А., Івашко Т.Л. Використання плазмової обробки для оптимізації фізико-механічних властивостей нержавіючих сталей // Міжнародний збірник наукових праць Донецького національного ТУ: Донецьк. Вид-во Укр. Інформаційного центру “Наука. Техніка. Технологія”. – 2005. – С. 206–209.
5. Дурягіна З.А., Івашко Т.Л., Юхимчук А.Ю. Поверхневі явища в спеціальних сплавах після плазмового оплавлення // МОМ. – 2006. – № 2. – С. 8–14.
6. Дурягіна З.А., Василів Х.Б., Широков В.В., Івашко Т.Л. Підвищення зносотривкості корозійнотривких сталей комплексним легуванням ніобієм та азотом // Сборник научных трудов Дон. НТУ “Прогрессивные технологии и системы машиностроения”. – Изд-во Дон. НТУ, 2006. – С. 126–129.

THE USE OF METHODS OF RADIATION RAY TECHNOLOGIES IS FOR DETAILS OF POWER EQUIPMENT

Z. Duryagina, T. Tepla

*Lviv Polytechnic National University,
12, Bandera Str., 79013, Lviv, Ukraine*

Abstract. Analyses the various type of destruction the part of machines and some elements of construction. Efficiency of the proposed scientific and technological solutions has been proved by their industrial verification at TPP of the Western region of Ukraine. Scientific results are used in the project documentation of the “Lviv – ORGRES” company.