

УДК 621.762.793:669.15

Кононов В.В.¹, Махінов Ф.К.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. М-311 НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛЕЙ ГТУ

Підвищення техніко-економічних характеристик сучасних газотурбінних установок (ГТУ), їх експлуатаційна надійність та ресурс пов'язані з надійністю найбільш важконавантажених деталей, насамперед, робочих лопаток ГТУ. Одним із видів пошкоджень лопаток, які знижують експлуатаційну надійність ГТУ є корозійний вплив продуктів згоряння газотурбінного палива.

Останнім часом для виготовлення лопаток газових турбін, які працюють в умовах високих температур і напружень в агресивних середовищах, застосовують жароміцні нікелеві сплави з високими фізико-механічними властивостями, стабільністю структури при робочих температурах. Проте, при тривалому напрацюванні в умовах окисувальної корозії відбувається зниження службових властивостей металу, що призводить до обмеження їх ресурсу експлуатації.

Підвищення корозійної стійкості лопаток може бути отримане різними методами, що включають вдосконалення хімічного складу сплавів, застосування захисних покриттів, здійсненням конструкторських і експлуатаційних заходів тощо. Конструктивні елементи ГТУ в процесі експлуатації схильні до, як правило, дії декількох видів навантажень, кожен з яких викликає характерний йому вид ушкодження. Так, на робочі і напрямні лопатки ГТД і ГТУ діють напруги, що визначаються комплексом статичних, вібраційних і циклічних температурних навантажень.

Наприклад, на профільну частину робочої лопатки турбіни в сталому робочому режимі діють статичні напруги від відцентрових і газових сил, що досягають 200 МПа. Внаслідок температурного градієнта, усталеного в перетинах лопатки, в матеріалі виникають термічні напруги статичного характеру. Одночасно матеріал лопатки схильний до дії високочастотних циклічних

напружень, обумовлених вібрацією лопаток. Рівень цих напруг визначається конструктивними та експлуатаційними чинниками і може становити 100 МПа, а сумарні (еквівалентні) – 150 МПа. На пошкодження, спричинені статичними, втомними і термосталостними навантаженнями, накладається вплив робочого середовища, під дією якого протікають корозійні процеси.

Основними факторами, що визначають швидкість корозійного пошкодження, є корозійні властивості робочого середовища і температура газів на вході в турбіну при експлуатації ГТД. При розгляді корозійного пошкодження деталей газових турбін, вся увага акцентується на поверхню, яка безпосередньо стикається з газовим потоком. Ця концепція абсолютно вірна при використанні суцільних деталей. З використанням полегшених, тобто порожнистих лопаток ГТУ, перш за все 1-го ступеня турбін, вона вимагає всебічного (комплексного) підходу в розгляді корозійних пошкоджень.

Тривала експлуатація робочих лопаток ТВД ГТК-10І і ГТН-16 без захисних покриттів показала, що до окисульфідної корозії в рівній мірі схильні як зовнішня так і внутрішня порожнина.

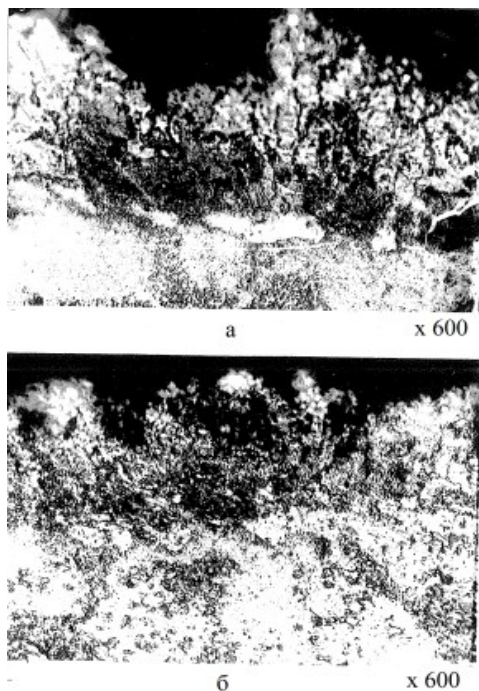
Зовнішній вигляд лопатки ГТН-16 після тривалої напрацювання (більше 17 тис. год) в умовах окисульфідної корозії представлений на рисунку 1. Велика частина поверхні профільної частини покрита тонким щільним шаром окалини і продуктів корозії. Найбільш сильне корозійне пошкодження металу спостерігається на вхідній кромці і центральній частині корита, де верхній шар окалини відшаровується. Уздовж вхідної крайки, з боку спинки і з боку корита відбувається локальне відділення окалини.



Рисунок 1 – Робоча лопатка газотурбінного нагнітача ГТН-16 після тривалої експлуатації (більш 17 тис. год).

Металографічним аналізом корозійного стану поверхні лопаток встановлено, що у верхній і середній перетинах профільної частини шар продуктів

корозії, як зовнішньої, так і внутрішньої поверхні, неоднорідний і нерівномірний. Під шаром продуктів корозії розташована обезлегована зона. Мікроструктура корозійного пошкодження поверхневого шару робочої лопатки ТВД ГТК-10І представлена на рисунку 2.



а – зовнішня поверхня; б – внутрішня поверхня.

Рисунок 2 – Мікроструктура корозійного пошкодження поверхонь профільної частини робочих лопаток ГТК-10І.

Відмітимо деякі закономірності, прийнятні при розгляді загального механізму окиссульфідної корозії внутрішньої порожнини порожнистих деталей ГТУ. Найбільш важливим агресивним компонентом вважається сульфат натрію у вигляді конденсату чи у вигляді суміші пари Na_2SO_4 з продуктами горіння. При цьому сірка, що виділяється при взаємодії сульфату натрію і нікелю, дифундує через початковий шар оксиду нікелю і утворює сульфід. Утворення евтектики $\text{Ni} - \text{Ni}_3\text{S}_2$ з низькою температурою плавлення веде до порушення захисної плівки оксидів. Надалі відбувається розвиток автокатолічного процесу з утворенням і окисненням евтектики.

Таким чином, комплексний підхід в аналізі корозійного руйнування диктує нагальну необхідність захисту не лише зовнішньої, але і внутрішньої поверхні профільної частини порожнистих лопаток ГТУ.