

Maciej MATUSZEWSKI

e-mail: matus@utp.edu.pl

Zakład Inżynierii Produkcji, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Ocena regeneracji elementów turbiny parowej w recyrkulacji

Wstęp

W przemyśle energetycznym, związanym zarówno z produkcją energii cieplnej jak i elektrycznej, w celu utrzymania zdolności produkcyjnej często wykorzystuje się technologie odtwarzające, czyli regenerację części.

Regeneracja ta jest traktowana bardzo szeroko. Dotyczy może klasycznego napawania elementów stanowiących części funkcjonalne urządzeń energetycznych, np. zespołów turbin energetycznych, tak, aby przywrócić im pierwotne cechy (geometryczne, mechaniczne itp.). Elementy podlegające napawaniu to m.in.: kadłuby turbin, komory zaworowe, korpusy dławnic, zawory odcinające, skrzynki dyszowe, czopy wałów, łopatki tarcz kierowniczych turbiny, itp. Regeneracja dotyczy może również wymiany niektórych całych elementów lub ich fragmentów, np. kanałów spalin czy też elektrody elektrofiltrów.

Podczas remontów urządzeń stosowanych w energetyce recyrkulacja dotyczy wielu elementów obiektów technicznych.

W pracy dokonano analizy efektów regeneracji elementów turbiny parowej turbozespołu upustowo-przeciwprężnego 13 UP55. Porównano elementy po regeneracji z elementami nowymi, a ocenę przeprowadzono w oparciu o własności mechaniczne i inżynierię jakości.

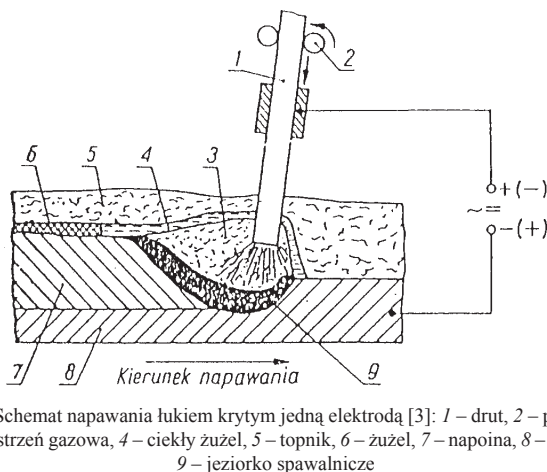
Technika regeneracji

Do regeneracji elementów stosowanych w urządzeniach przemysłu energetycznego wykorzystuje się procesy: napawania, natryskiwania oraz spawania. Napawanie i natryskiwanie cieplne stosuje się do uzupełnienia ubytku materiału na zużytych powierzchniach elementów, przy czym podczas napawania nakładaniu stopionego materiału dodatkowego towarzyszy jednoczesne topnienie podłoża, a przy natryskiwaniu topnienie to nie następuje. Spawanie natomiast stosuje się do wymiany fragmentów lub całych części. Spośród metod napawania szerokie zastosowanie ma napawanie łukiem krytym. Natomiast metalizację cieplną przeprowadza się głównie metodą gazową (mieszanka acetylenowo-tlenowa) z użyciem drutu.

Z uwagi na to, że do regeneracji analizowanych elementów użyto napawania łukiem krytym, w dalszych rozważaniach skupiono się tylko na tej metodzie.

Metoda ta znalazła tak szerokie zastosowanie, ponieważ charakteryzuje się dużą wydajnością oraz wysoką jakością uzyskiwanych napoin. Wadą jest konieczność prowadzenia napawania w pozycji podolnej, co ogranicza zastosowanie.

Ogólną zasadę napawania łukiem krytym przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat napawania łukiem krytym jedną elektrodą [3]: 1 – drut, 2 – podajnik, 3 – przestrzeń gazowa, 4 – ciekły żużel, 5 – topnik, 6 – żużel, 7 – napoina, 8 – podłoże, 9 – jezioro spawalnicze

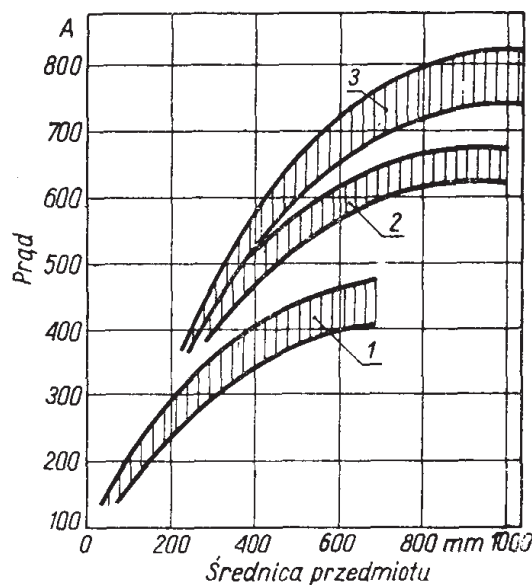
Elektroda odwijana z bębna automatu spawalniczego jest podawana w sposób ciągły w obszar napawania. Może ona mieć postać drutu litego lub proszkowego, albo taśmy pełnej lub proszkowej. Topnik oprócz ochrony łuku i jeziora spawalniczego, rafinuje ciekły metal napoiny i reguluje jej skład chemiczny, a także stabilizuje łuk oraz wpływa na formowanie lica napoiny. Ochrona jeziora spawalniczego warstwą topnika wpływa na uzyskanie napoiny o wysokiej jakości, posiada ona m.in. gładkie i równe lico [3].

Napawanie łukiem krytym można przeprowadzić prądem stałym z biegunowością dodatnią lub ujemną albo prądem przemiennym.

Poza warunkami i parametrami prądowymi, na właściwy przebieg procesu istotny wpływ mają jeszcze m.in.: rodzaj i średnica drutu elektrodowego, rodzaj topnika, prędkość napawania, pochylenie głowicy automatu.

Właściwy dobór prądu napawania ma zasadnicze znaczenie w uzyskaniu odpowiedniej jakości napoiny. Zakres prawidłowego doboru natężenia prądu ustala się na podstawie różnych wykresów.

Na rys. 2 przedstawiono przykładowy wykres, gdzie natężenie prądu jest uzależnione od średnicy napawanego przedmiotu oraz od średnicy elektrody.



Rys. 2. Zależność natężenia prądu od średnicy drutu i średnicy napawanego elementu [3]: 1 – obszar doboru parametrów przy napawaniu elektrodą o średnicy 3÷3,5; 2 – obszar doboru parametrów przy napawaniu elektrodą o średnicy 4÷5; 3 – obszar doboru parametrów przy napawaniu trzema elektrodami o średnicy 3÷3,5

Wzrost natężenia prądu wpływa na wzrost głębokości wtapiania w regenerowaną powierzchnię, zwiększa się wysokość nadlewu, a szerokość napoiny ulega zmniejszeniu [3].

Obiekt regeneracji

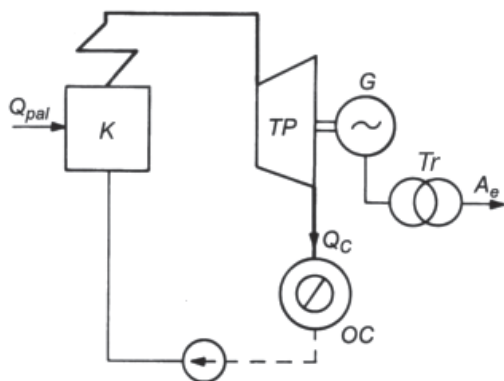
Ocenić jakość poddano regeneracyjne wytoczenia parowe pod tarcze w korpusie, które są elementami turbiny parowej turbozespołu upustowo-przeciwprężnego 13 UP55. Powierzchnie tych wytoczeń współpracują z łopatkami tarcz turbiny.

Turbozespół upustowo-przeciwprężny jest to turbina parowa przeciwprężna, która poza rozprężaniem pary, umożliwia również jej upusty technologiczne.

Turbina parowa przeciwpłazna to przeplywowy silnik cieplny, w którym para na wyjściu znajduje się pod ciśnieniem wyższym od ciśnienia atmosferycznego. Zwykle stosuje się takie turbiny, gdy trzeba obniżyć parametry pary świeżej z kotła do wartości technologicznych. Para rozpręza się w nieruchomych kanałach międzyłopatkowych turbiny i uzyskuje dużą energię kinetyczną, a w układzie łopatkowym wirnika energia ta przetwarza się w pracę mechaniczną wału turbiny. Praca ta za pośrednictwem sprzęgła przekazywana jest na wał generatora, który wytwarza energię elektryczną [4, 5].

Upusty technologiczne turbiny przeciwpłaznej dają parę o stabilnych parametrach i regulowanej wydajności. Turbinę opuszcza para o takim ciśnieniu, aby mogła być ona wykorzystana do celów grzewczych lub w procesach technologicznych w przemyśle, albo do obu tych celów jednocześnie [4, 5].

Na rys. 3 przedstawiono uproszczony schemat elektrociepłowni z turbiną przeciwpłazną.

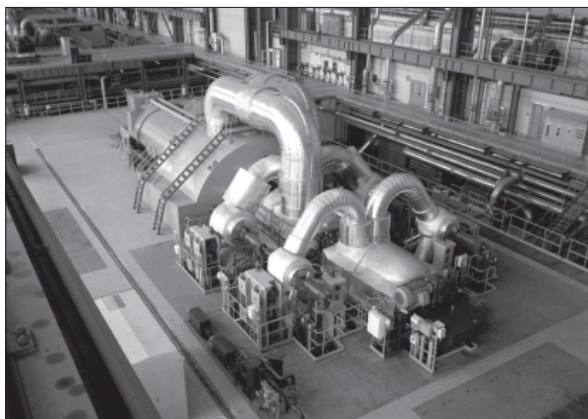


Rys. 3. Schemat elektrociepłowni z turbiną przeciwpłazną: *K* – kocioł, *TP* – turbina przeciwpłazna, *G* – generator, *Tr* – transformator, *OC* – odbiornik ciepła, Q_{pal} – energia dostarczona w paliwie, Q_C – ciepło dla odbiorców, A_e – energia elektryczna

W kotle (*K*) na skutek podgrzewania wody energią cieplną uzyskaną z procesów spalania paliwa, wytwarza się para wodna. Para ta w turbinie przeciwpłaznej (*TP*) rozpręza się i napędza poprzez łopatki wirnika wał turbiny, który za pośrednictwem sprzęgła napędza wał generatora prądu (*G*). W ten sposób poprzez zespół transformatorów (*Tr*), uzyskuje się energię elektryczną (A_e).

Turbina ta umożliwia również upusty technologiczne pary. Upuszczona para jest wykorzystywana do celów grzewczych (*OC*), może być także wykorzystana jako para technologiczna w przemyśle.

Na rys. 4 przedstawiono widok turboszespołu upustowo-przeciwpłaznego 13 UP55.



Rys. 4. Turboszespoł upustowo-przeciwpłazny 13 UP55

Turbina turboszespołu upustowo-przeciwpłaznego 13 UP55 umożliwia uzyskanie mocy elektrycznej 55 MW, a para świeża charakteryzuje się ciśnieniem do 127,5 barów i temperaturą do 535°C [5].

Opis i ocena regeneracji

Wytoczenia parowe pod tarcze w korpusie regenerowano metodą napawania łukiem krytym prądem stałym o napięciu 32 V i natężeniu 350 A z prędkością napawania 450 mm/min. Zastosowano zasadowy topnik aglomerowany o handlowej nazwie TAL 100, oraz miedziowany drut elektrodowy IMT6 o średnicy 2 mm.

Po napawaniu powierzchnie regenerowane zostały poddane szlifowaniu celem uzyskania gładkiej powierzchni o małej owalności.

Wybrane cechy użytkowe elementu po regeneracji porównano z cechami elementu nowego – nie eksploatowanego. Analizę efektów regeneracji przeprowadzono w oparciu o porównanie ilościowe: twardości i owalności. Do analizy wykorzystano również inżynierię jakości. Oceniano wizualnie oraz magnetycznie wady w postaci pęknięć, porów czy wgłębień. Nie dopuszcza się jakichkolwiek nieciągłości geometrycznych. Ocenie poddano także struktury metalograficzne napoin [2].

Wymienione cechy są istotne z punktu widzenia pracy turbiny. Charakteryzują powierzchnię, która współpracuje z łopatkami tarcz turbiny i są kontrolowane podczas każdej regeneracji [4, 5].

W tab. 1 przedstawiono uzyskane wyniki.

Tab. 1. Zestawienie ilościowych wyników regeneracji

	Dopuszczalna	Uzyskana po regeneracji	Nominalna
Twardość	300 HB	280 HB	190 HB
Owalność	35 μm	(20+30) μm	20 μm

Analiza jakościowa przeprowadzona w oparciu o ocenę wizualną i badania magnetyczne nie wykazała wad, a badania mikroskopowe potwierdziły prawidłowość struktur. Stwierdzono, że napoiny mają prawidłowy kształt i są pozbawione wad, a strefa wpływu ciepła płynnie przechodzi w materiał rodzimy.

Na podstawie przedstawionych wyników można stwierdzić, że oceniane po regeneracji cechy charakteryzują się gorszymi wartościami w stosunku do wartości nominalnych (element nowy), ale jednocześnie mieszczą się w dopuszczalnej tolerancji. Zastosowanie regeneracji do odtworzenia cech technicznych okazało się wystarczające.

Dodatkowym atutem regeneracji jest czynnik ekonomiczny. W związku z tym, że turbiny parowe produkuje się „na miarę” nie istnieje coś takiego jak katalog turbin przeciwpłaznych i elementów zamiennych do nich. Turbiny wykonuje się na zamówienie dostosowując je do potrzeb klienta. Chcąc wymienić jakąś część turbiny na nową w zasadzie też należy ją zamówić, co wiąże się z dużymi kosztami. Dlatego też tak szeroko są stosowane technologie regeneracyjne, które przywracają elementom wymagane pierwotne cechy przy niewspółmiernie niższym koszcie w stosunku do kosztu elementu nowego [1].

Podsumowanie

Stosowanie w przemyśle energetycznym technologii odtwarzających, w celu przywrócenia zdolności produkcyjnych jest technicznie i ekonomicznie uzasadnione. Regenerowane elementy spełniają stawiane im wymagania techniczne, a koszt przywrócenia im cech umożliwiających dalszą ich eksploatację jest zdecydowanie mniejszy niż koszt wykonania nowych elementów.

LITERATURA

- [1] *M. Matuszewski*: Ekonomiczna analiza spawalniczych metod regeneracji. Praca dyplomowa, Akademia Techniczno-Rolnicza, Bydgoszcz 1998.
- [2] *M. Matuszewski*: Ocena skutków spawalniczych metod regeneracji elementów spawalniczych z uwzględnieniem inżynierii jakości. Praca przejściowa, Akademia Techniczno-Rolnicza, Bydgoszcz 1998.
- [3] *J. Plewniak, A. Służalec*: Regeneracja metodami spawalniczymi Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1992 r.
- [4] Materiały firmy Power Electric Sp. z o.o.; <http://www.powerelectric.com.pl>
- [5] Materiały Zespołu Elektrociepłowni Bydgoszcz S.A.; <http://www.zecbyd.com.pl>