

Korozja naprężeniowa w elementach kotłów

Elementy kotłów parowych mających kontakt z mieszaną parowo-wodną, wodą kotłową lub kondensatem ulegają często uszkodzeniom wywołanym korozją naprężeniową (KN). Uszkodzenia tego rodzaju są znane w kraju oraz opisane w literaturze światowej. W USA około 10% wszystkich nieszczelności kotłów powodowane jest przez KN. Uszkodzenia te porażają wyłącznie powierzchnie wewnętrzne i mają charakter licznych, szeroko rozwartych równoległych pęknięć, najczęściej podłużnych. Początek pęknięcia (na wżerze korozyjnym) ma z reguły charakter międzytranskryystaliczny. Wszystkie pęknięcia są wypełnione produktami korozji oraz solami zawartymi w czynniku, jak również tlenkami żelaza i miedzi.. Miejsca występowania i charakter uszkodzeń przedstawiono w tabeli 1.

Kwalifikacje ryzyka uszkodzenia rur kotłowych przedstawiono na rysunku 1. Jak widać najwyższe prawdopodobieństwo wystąpienia KN i najpoważniejsze konsekwencje są przypisane rurom opadowym.

Inicjacja tego rodzaju pęknięć następuje po pewnym okresie, zależnym od:

- ◆ wielkości naprężeń (rozciągających),
- ◆ jakości czynnika,
- ◆ własności metalu.

Naprężenia

Wartość naprężeń w ścianie rury decyduje o czasie inicjacji pęknięć oraz ich rozprzestrzenianiu się, zwłaszcza w stalach o wysokich granicach plastyczności [1], dla których naprężenia dopuszczalne są wysokie.

Naprężenia od ciśnienia sumują się z naprężeniami własnymi (po obróbce plastycznej na zimno) od samokompensacji, owalizacji oraz naprężeniami cieplnymi (termoszoki). W efekcie ich sumaryczna wartość może być zbliżona do granicy plastyczności, co jest jednym z istotnych warunków zachodzenia KN.

Jakość czynnika

Czas do inicjacji pęknięć oraz prędkość propagacji zależą od temperatury czynnika i rozpuszczonych w nim soli (elektrolitu). Czynnikiem agresywnym może być woda kotłowa oraz kondensat i wody zasilające. Pękanie korozyjne stali węglowych i niskostopowych powodują jony NO_3^- , OH^- , Cl^- , SO_4^{2-} .

W obecności tych jonów przyrost zainicjowanych pęknięć może odbywać się z prędkością kilku mm/rok i rośnie wyraźnie ze wzrostem temperatury pracy metalu.

Tabela 1

Miejsca występowania i charakter uszkodzeń elementów kotłów

Element	Umiejscowienie uszkodzenia	Charakter uszkodzenia	Przyczyna
Parownik PR	kolana przy otworowe	pęknięcia podłużne w obojętnej strefie gięcia	nadmierna owalizacja
Przegrzewacz PP	dolne kolana szczególnie za schładzaczami pary	pęknięcia podłużne w obojętnej strefie gięcia	nadmierna owalizacja
Komory przegrzewaczy, parownika, podgrzewaczy wody KP	dolne tworzące, krawędzie otworów	pęknięcia podłużne lub promieniowe („słoneczkowe”)	termoszoki w stanach nieustalonych, nieodpowiednia konstrukcja
Rury opadowe RO	przy spoinach kątowych na połączeniu z komorami lub centralnymi rurami opadowymi	pęknięcia obwodowe na górnej i dolnej tworzącej	nieodpowiednia kompensacja wydłużeń cieplnych
Rurociągi odmulania, odwodnienia, odpowietrzenia, odsalania, zrzuty awaryjne RD	kolana, odcinki proste przed zaworami	pęknięcia podłużne	termoszoki
Rurociągi do zaworów bezpieczeństwa RB	przy spoinach kątowych łączących z rurociągami głównym	siatka pęknięć (obwodowe i podłużne)	termoszoki (okresowa praca)
Mocowanie separacji w walczaku SP	przy spoinach kątowych łączących wspornik z płaszczem	pęknięcia podłużne	naprężenia stale wywołane odkształcaniem się walczaka

PRAWDOPODOBIENSTWO WYSTĄPIENIA USZKODZENIA	Bardzo wysokie					
	Wysokie	SP		PR		Ro
	Średnie			RB		
	Niskie				Rd	
	Bardzo niskie	PP	KP			
		Bardzo niskie	Niskie	Średnie	Wysokie	Bardzo wysokie
		ZNACZENIE SKUTKÓW				

Rys. 1. Klasyfikacja ryzyka uszkodzenia niektórych rur kotłowych

Jakość metalu

Doświadczenia wykazują, że na prędkość propagacji najintensywniej wpływają skład chemiczny i obróbka cieplna stali, a zwłaszcza jej struktura. Martenzyt i widmannstaten powodują największe przyspieszenie i propagację pęknięć. Przy niezmiennym składzie chemicznym stali i agresywności środowiska głównym czynnikiem przyspieszającym przyrost pęknięcia, jak już wspomniano, jest wysoka granica plastyczności.

Podsumowanie

Zjawisko korozji naprężeniowej zachodzi wówczas, gdy jednocześnie zostaną spełnione trzy warunki:

- ◆ nadmierne naprężenia,
- ◆ agresywność czynnika,
- ◆ jakość metalu.

Analiza warunków pracy i awaryjności rur kotłowych wskazuje, że dodatkowe naprężenia zginające (owalizacja kolan, niewłaściwa samokompensacja, naprężenia cieplne) powodują przedwczesne zużycie elementów kotłowych mających kontakt z elektrolitem. Uszkodzenia te w postaci pęknięć występują po różnych okresach eksploatacji, w zależności od rodzaju zastosowanego materiału technologii spawania oraz obróbki cieplnej [2].

W sytuacji, gdy nie ma możliwości zmiany gatunku stali czy obniżenia naprężeń najskuteczniejszym środkiem jest utrzymanie właściwego składu czynnika (wody kotłowej, wody zasilającej, pary, kondensatu). Z kolei najskuteczniejszym sposobem eliminacji uszkodzeń rurociągów odprowadzających do zaworów bezpieczeństwa jest zastosowanie stałego przepływu pary-grzanie.

LITERATURA

- [1] Dobosiewicz J., Grzesiczek E.: „Uszkodzenia nasadzanych kół roboczych wirników turbin parowych”. *Energetyka*, 1992, nr 12
- [2] Zbroińska-Szczuchura E.: Korozja naprężeniowa w elementach kotłów i turbin. VII Konferencja naukowo-techniczna „Udział chemii energetycznej we wzroście efektywności urządzeń energetycznych”. Szczyrk 25–26 maja 2000
- [3] Dobosiewicz J.: Uszkodzenia rurociągów odprowadzających parę do zaworów bezpieczeństwa. *Energetyka* 1980, nr 10
- [4] Dobosiewicz J.: Uszkodzenia komór parowych kotłów wysokoprężnych. *Energetyka* 1984, nr 3
- [5] Dobosiewicz J.: Podłużne pęknięcia niektórych rur kotłowych. *Energetyka* 1974, nr 5
- [6] Effertz P.H., Forchammer P.: Spannungsrisikokorrosionsschaden an Bauteilen in Kraftwerken – Mechanismen und Beispiele. *VGB* 1982, nr 5

□