

Uszkodzenia elementów rurociągów parowych

Zapewnienie niezawodności urządzeń energetycznych z upływem czasu ich pracy nabiera istotnego znaczenia.

Istniejące w energetyce światowej i krajowej tendencje do przedłużania okresu eksploatacji powyżej czasu obliczeniowego stwarzają konieczność ulepszania techniki oceny stanu elementów pracujących powyżej temperatury granicznej, w tym szczególnie głównych rurociągów parowych.

Doświadczenia eksploatacyjne potwierdzone badaniami nieniszczącymi wskazują, że poszczególne elementy tego samego rurociągu mogą być wyczerpane w bardzo różnym stopniu. Największą trwałością (o ile ich warunki pracy są zgodne z danymi projektowymi) charakteryzują się odcinki proste. Dotychczas w energetyce światowej oraz krajowej nie stwierdzono pełzaniowego uszkodzenia tego rodzaju elementu rurociągu.

W rzeczywistości uszkodzenia odcinków prostych występują na:

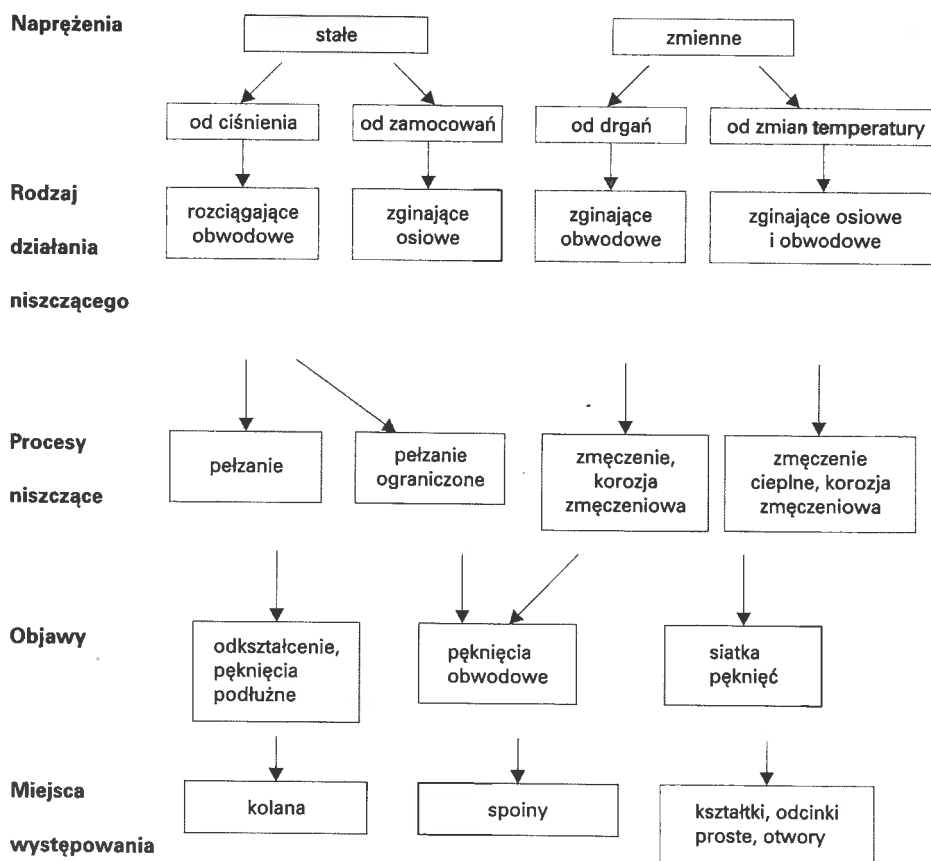
- króćcach odwodnień, odpowietrzeń, obejściach zasuw itp.; bezpośrednią przyczyną tego typu uszkodzeń jest zmęczenie korozyjne wywołane termoszkokami

wskutek wypływu kondensatu gromadzonego w rurociągach pomocniczych pracujących okresowo;

- dolnych tworzących odcinków poziomych; bezpośrednią przyczyną tego typu uszkodzenia jest również zmęczenie korozyjne wywołane termoszkokiem w miejscach, gdzie gromadzi się kondensat w tzw. kieszeniach;
- odcinkach poziomych w postaci ugięcia; bezpośrednią przyczyną ugięcia jest różnica temperatur między górną a dolną tworzącą występującą w stanach nieustalonych na skutek gromadzenia się kondensatu w części dolnej; w ten sposób w odcinku poziomym powstają naprężenia zginające, często przekraczające granicę plastyczności.

Warto pamiętać, że obliczenia wytrzymałościowe rurociągów wykorzystywane są tylko dla odcinków prostych i nie uwzględniają specjalnych warunków pracy kolan, spoin i kształtek.

Przyczyny i objawy uszkodzeń poszczególnych elementów rurociągów mogą być różne i nigdy nie występują w czystej postaci (rys. 1).



Rys. 1. Schemat powiązania przyczyn i objawów uszkodzeń rurociągów parowych

Przykładowo, ekstrapolując dane z wykresu log naprężenia — log czasu dla danej temperatury otrzymamy obliczeniową trwałość odcinka prostego ponad 300 000 h, podczas gdy kolano lub spoina może mieć trwałość kilkakrotnie mniejszą.

Z danych statystycznych wynika, że wytrzymałość czasowa kolan jest mniejsza niż odcinków prostych, a różnica ta może wynosić 20—50%, co oznacza, że na kolanach długo pracujących rurociągów mogą występować nieszczelności już po przekroczeniu 120 000 h. Na rurociągach grubościennych, gdzie $D_z/D_w > 1,3$ nieszczelność przybiera postać rozwarzonych nieznacznie plastycznie odkształconych, równoległych osiowych pęknięć, umiejscowionych po stronie zewnętrznej w strefie rozciąganej kolana.

Przyczyną bezpośrednią powstawania tego rodzaju uszkodzeń kolan jest nadmierne wyężenie metalu spowodowane owalizacją kolan i ściśnięciem ścianki, często pogłębione niekorzystnymi zmianami w strukturze powstałymi w wyniku niedotrzymywania technologii gięcia.

Pomiary wykonywane w czasie badań diagnostycznych wykazywały, że ubytek grubości ścianki może sięgać 10—20% w stosunku do wielkości obliczeniowej. Owalizacja natomiast często przekracza 10%, co wywołuje znaczny przyrost naprężeń w strefie rozciąganej. Taki stan rzeczy sprzyja przedwczesnemu powstawaniu pustek pełzaniowych na powierzchni zewnętrznej w strefie rozciąganej, a następnie pęknięć rozprzestrzeniających się w kierunku do powierzchni wewnętrznej.

Ze wzrostem wymiarów elementów komplikuje się technologia spawania i obróbki cieplnej, jak również wykonawstwo, montaż i regulacja zamocowań rurociągów. W związku z powyższym połączenia spawane mają skłonność do powstawania pęknięć obwodowych już w czasie montażu i później, po wielu latach eksploatacji. Po wieloletniej eksploatacji częściowym uszkodzeniom ulegają miejsca połączeń odcinków prostych z kolanami, zwężkami, korpusami armatury itp., tj. w miejscach, gdzie mogą występować dodatkowe naprężenia zginające. Jak już wspomniano uszkodzenia te mają charakter pęknięć obwodowych biorących początek na powierzchni zewnętrznej i rozprzestrzeniających się w głąb grubościenną częśći SWC, która ma obniżoną wytrzymałość czasową.

Kształtki rurociągów (trójniki, czwórnik, zwężki, kadłuby) mogą być kute, spawane, odlewane i z reguły mają o wiele większe grubości ścianek od odcinków prostych i kolan. W przypadku, gdy są wykonane z odlewów, już w stanie wyjściowym są porażone licznymi wewnętrznymi nieciągłościami oraz niejednorodnościami struktury i własności mechanicznych. Dlatego trwałość odlewów jest z reguły mniejsza od elementów rurowych i nierzadko ledwo osiąga 50% żywotności odcinków prostych. Trójniki, czwórnik i kadłuby armatury posiadają liczne konstrukcyjne koncentratory naprężeń oraz podlegają naprężeniom cieplnym, zwłaszcza w stanach nieustalonych. Podczas eksploatacji kształtek występują w nich liczne uszkodzenia na obu powierzchniach.

Uszkodzenia mają charakter pęknięć pełzaniowych, zmęczeniowych, korozyjno-zmęczeniowych. Te ostatnie mogą być powodowane:

- nieodpowiednią pracą zamocowań,
- niewłaściwą kompensacją trasy rurociągów,
- nieodpowiednimi warunkami temperaturowymi w stanach nieustalonych.

Podsumowanie

Stopień wyczerpania trwałości poszczególnych elementów rurociągów nie jest jednakowy, najszybciej ulega wyczerpaniu:

- kolana,
- spoiny obwodowe (przy kształtkach),
- kształtki.

Przyczyną przedwczesnego wyczerpania trwałości tych elementów są w przypadku

- kolan:
 - geometria różna od odcinków prostych, wg których liczone są grubości ścianki całego rurociągu,
 - zmiany strukturalne oraz towarzyszące im obniżenie wytrzymałości czasowej,
 - wady technologiczne,
- spoin:
 - obniżona wytrzymałość czasowa gruboziarnistej części SWC,
 - niewłaściwa praca, a często niesprawność zamocowania,
 - przeciwwspady oraz uginanie się odcinków prostych w stanach nieustalonych,
- kształtek:
 - naprężenia cieplne w stanach nieustalonych,
 - wady technologiczne,
 - karby konstrukcyjne.

Ponad 70% rurociągów stanowią odcinki proste, których trwałość z biegiem lat eksploatacji ulega nieznacznym zmianom. O dalszej przydatności rurociągów decyduje stan kolan oraz kształtek wraz ze spoinami.

Doświadczenia z energetyki krajowej i zagranicznej wskazują, że odcinki proste mogą pracować ponad 300 000 h, podczas gdy pozostałe elementy osiągają ca 200 000 h.

Wnioski

Wobec istniejącej tendencji do przedłużania eksploatacji starych elektrowni problem trwałości rurociągów jest niebagatelny. Można go rozwiązać dwoma sposobami:

- 1) wymienić całe rurociągi wraz z zamocowaniami dzięki czemu, zyska pomijając znaczne koszty (w tym również demontaż i montaż), elektrownia nowe urządzenie, którego żywotność będzie znacznie większa od pozostałych urządzeń;

- 2) wymienić elementy o zbyt małej żywotności; koszty takiego przedsięwzięcia w porównaniu z wersją pierwszą są nieznaczne, gdyż będą wymienione niektóre elementy.

Realizując wersję drugą wymagana jest znajomość stanu całego rurociągu. W tym celu, po przepracowaniu przez rurociąg ca 150 000 h, należy:

- a) przeliczyć żywotność odcinków prostych,
- b) wykonać badania nieniszczące kolan i kształtek (struktura, obecność pęknięć, twardość),
- c) wykonać pomiary kolan (grubość, owalizacja),
- d) wykonać analizę warunków pracy rurociągu (rzeczywista temperatura i ciśnienie)
- e) na podstawie wyników badań, pomiarów i analizy wykonać obliczenia rzeczywistej trwałości oraz wytypować do wymiany elementy nie zapewniające niezawodnej pracy w wymaganym przez użytkownika okresie.

Przed przystąpieniem do wymiany elementów ciśnieniowych należy:

- ocenić stan zamocowań, przeanalizować ich rozmieszczenie, sprawność, zużycie, podatność na odkształcenie, zgodność reakcji zamocowań z projektem,
- ocenić stan trasy rurociągu, tj.:
 - zgodność przemieszczeń z projektem (co do kierunku i wielkości),
 - obliczyć histerezę przemieszczeń,
 - ustalić położenie w stanach zimnym i gorącym (pomiary geodezyjne na reperach zamocowań).

Ocena sprawności technicznej elementów nieciśnieniowych rurociągu ma istotny wpływ na jego stan. Stan zamocowań w znacznym stopniu decyduje o zakresie renowacji rurociągu, a w przypadku gdy jest on niewłaściwy nawet o modernizacji z wymianą częściową lub całkowitą zamocowań i koniecznością zabudowy stabilizatorów hydraulicznych, mających na celu utrzymanie rurociągu we właściwym położeniu oraz tłumienie drgań.

Ponadto należy przeanalizować miejsca i schematy odwodnień i w zależności od linii odcinków poziomych zabudować nowe odwodnienia lub zwiększyć ich średnicę.

Uwagi

- Podobnie jak dla wszystkich urządzeń podduszonych w elektrowni także dla rurociągów należy opracować instrukcję eksploatacji, w której powinny być zawarte między innymi:
 - częstość i zakres kontroli stanu zamocowań w stanie zimnym i gorącym,
 - częstość i sposób kontroli przemieszczeń rurociągów,
 - sposoby usuwania nieszczelności oraz niesprawności zamocowań,
 - sposoby uruchamiania i zatrzymywania rurociągów.
- Należy podkreślić, że obliczenia dalszej przydatności rurociągów bez względu na dokładność i sposób ich wykonania mają wartość jedynie szacunkową i dlatego powinny znaleźć potwierdzenie w badaniach diagnostycznych.

□

Janusz Dobrzański
Instytut Metalurgii Żelaza, Gliwice

Diagnostyka materiałowa w ocenie stanu i prognozie czasu eksploatacji poza czas obliczeniowy rurociągów parowych pracujących w warunkach pełzania

Elementy rurociągów parowych pracujące w podwyższonej temperaturze i w najtrudniejszych warunkach temperaturowo-naprężeniowych takie, jak: kolana, trójniki, czwórniki, korpusy zasuw parowych, korpusy zaworów bezpieczeństwa itp. projektuje się na ograniczony czas pracy. W przypadku gdy temperatura pracy elementu jest wyższa od tzw. temperatury granicznej T_g podstawą obliczeń naprężeń dopuszczalnych jest czasowa wytrzymałość na pełzanie R_z lub granica pełzania R_x . Wartość czasu obliczeniowego wynosi 100 lub 200 tys. godzin w zależności od gatunku materiału i nazywana jest trwałością obliczeniową.

Czasowa wytrzymałość na pełzanie dla elementów pracujących w takich warunkach temperaturowych jest zatem podstawową cechą materiałową wyznaczającą jej przydatność do dalszej eksploatacji.

Zarówno konstruktora jak i użytkownika interesuje przede wszystkim czas bezpiecznej i sprawnej pracy, zwany trwałością rozporządzalną.

W praktyce rozporządzalna trwałość elementów konstrukcyjnych jest najczęściej większa, niekiedy wielokrotnie, od trwałości obliczeniowej. Wiąże się to z pojęciem trwałości resztkowej rozumianej jako różnica czasu pomiędzy rzeczywistą a obliczeniową trwałością materiału.