

nia jak też zmęczenia cieplnego i niskocyklowego. W obliczeniach należy uwzględnić wszystkie te zjawiska, sumując poszczególne ułamki trwałości. Stopień wyczerpania trwałości zależy od wyjściowego stanu materiału, czasu pracy i warunków eksploatacji rurociągów.

Podsumowanie

Właściwie wykonana ocena stanu technicznego rurociągów zapewnia:

- uzupełnienie i uaktualnienie dokumentacji,
- wykrycie uszkodzeń i nieprawidłowości oraz ich usunięcie,
- określenie czasu i warunków dalszej bezpiecznej eksploatacji,
- ustalenie sposobu dalszego nadzoru rurociągu, w tym harmonogramu i zakresu kolejnych badań diagnostycznych.

Ocena dalszej przydatności eksploatacyjnej rurociągu musi być oparta na wykonaniu wszystkich wymienionych w artykule czynnościach.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami końcowy raport z oceny stanu technicznego rurociągu jest podstawowym

dokumentem dla Dozoru Technicznego przejmującego rurociąg pod własny nadzór.

LITERATURA

- [1] Dobosiewicz J.: Przydatność elementów po przekroczeniu obliczeniowego czasu pracy. *Energetyka* 1983, nr 6
- [2] Seyna F., Ginalski J.: Warunki długotrwałej bezpiecznej eksploatacji rurociągów parowych. *Energetyka* 1987, nr 6
- [3] Seyna F., Ginalski J.: Przedłużenie eksploatacji głównych rurociągów parowych po upływie okresu projektowego. *Dozór Techniczny* 1990, nr 2
- [4] Dobosiewicz J., Wojczyk K.: Trwałość kolan rurociągów parowych. *Energetyka* 1988, nr 3
- [5] Dobosiewicz J.: Uszkodzenia kolan rurociągów parowych pracujących w warunkach peizania. *Energetyka* 1991, nr 4
- [6] Dobosiewicz J.: Zasady naprawy niektórych uszkodzeń połączeń spawanych rurociągów parowych. *Energetyka* 1992, nr 9
- [7] Dobosiewicz J.: Pęknięcia spoin obwodowych wysokoprężnych rurociągów parowych. *Energetyka* 1988, nr 8
- [8] Jadamus H.: Sposób kontroli i regulacji zamocowań rurociągów wysokoprężnych podczas eksploatacji. *Energetyka* 1991, nr 8

pro Novum

Mgr inż. Ewa Zbroińska-Szczuchura, dr inż. Jerzy Trzeszczyński

UKD 621.183:628.518

Pro Novum — Katowice

Uszkodzenia walczków kotłów parowych

Z analizy statystycznej, którą objęto walczaki kotłów wysokoprężnych w krajowych elektrowniach zawodowych, wynika, że różnym uszkodzeniom (wykrytym podczas okresowych badań nieniszczących) uległo ok. 89% badanych walczków.

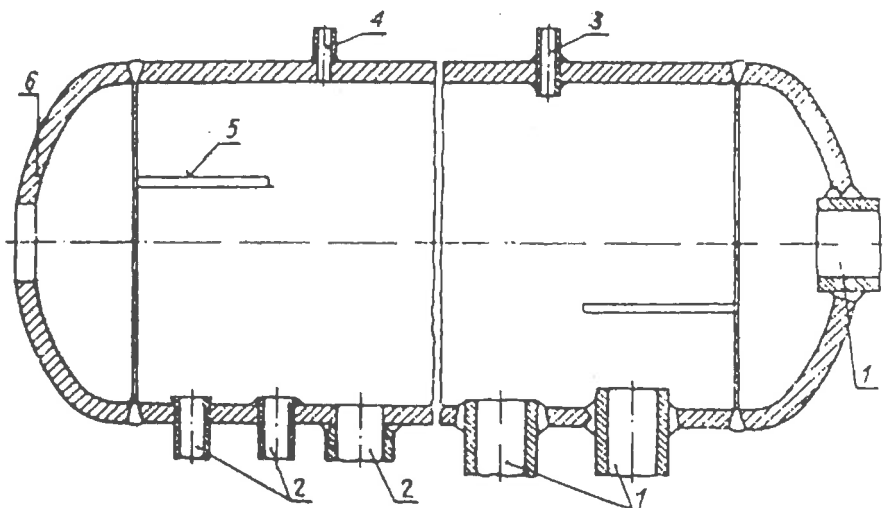
Do 1993 roku katastrofalnemu uszkodzeniu uległy 2 walczaki — w czasie wykonywania dozorowej próby ciśnieniowej. Przypadku katastrofalnego uszkodzenia walczaka podczas pracy nie opisano dotychczas w literaturze technicznej. Zdarzały się — także w kraju — nieszczelności walczaka ujawnione w trakcie jego pracy; były to zawsze nieszczelności stabilne, tzn. nie wykazujące tendencji do lawinowego wzrostu.

W badanych walczkach uszkodzenia miały postać różnego rodzaju nieciągłości materiału, umiejscowionych najczęściej w okolicach zmian ciągłości geometrycznej ścianki walczaka, w połączeniach spawanych — rzadziej w nie osłabionych miejscach płaszcza i dennicy (rys. 1).

Rodzaje wykrytych uszkodzeń

Uszkodzenia złączy spawanych

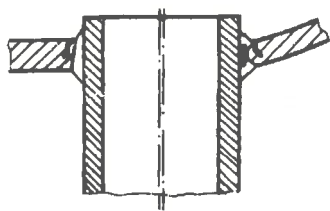
Uszkodzenia spoin króćców centralnych rur opadowych i tulei włączonych stanowiły ok. 30% wykrytych uszkodzeń. Z reguły były to pęknięcia obwodowe — rzadziej po-



Rys. 1. Umiejscowienie uszkodzeń w walczaku

1 — centralne rury opadowe i tuleje włączające, 2 — otwory rur znajdujących się poniżej lustra wody, 3 — króćce „przetykane”, 4 — króćce spawane doczołowo, 5 — spoiny główne, 6 — dennice

przezne — w przejściu spoiny w płaszcz walczaka lub króciec. Głębokość pęknięcia wynosiła od kilku do kilkunastu milimetrów. Uszkodzeniom tym z reguły towarzyszyły wady spawalnicze (rys. 2).



Rys. 2. Miejsca występowania pęknięć wokół otworów centralnych rur opadowych i tulei wstawowych

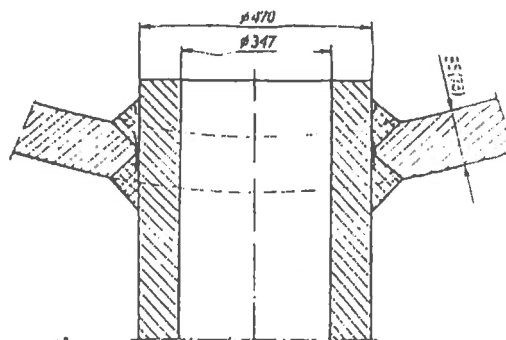
Przyczyną powstawania pęknięć powierzchniowych i wewnętrznych w spoinach króćców centralnych rur opadowych są najprawdopodobniej warunki konstrukcyjno-technologiczne, tj. niewłaściwe: konstrukcja spoiny, konstrukcja króćca i technologia wykonania spoiny (rys. 3).



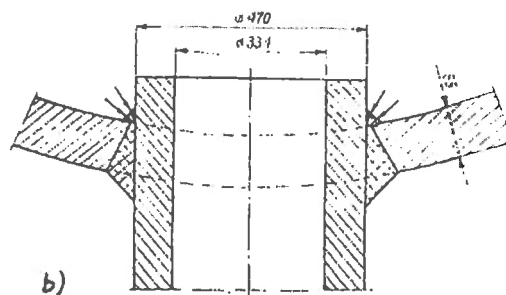
Rys. 3. Króciec centralnej rury opadowej: pęknięcie w przejściu spoiny w płaszcz walczaka (a) oraz pęknięcie na spoinie (b)

Uszkodzenia, których źródłem była koncentracja naprężeń własnych oraz roboczych (stałych i zmiennych), pojawiały się najczęściej na nieciągłościach spoina. Głębokość pęknięć rosła wraz z czasem eksploatacji.

Najgroźniejsze uszkodzenia — niezależnie od materiału użytego na płaszcz walczaka i króćca — stwierdzono na spoinach typu „K” (rys. 4a i 5). Na rysunku 4b przedstawiono umiejscowienie pęknięć powierzchniowych w połączeniu spawanym typu „1/2V”.

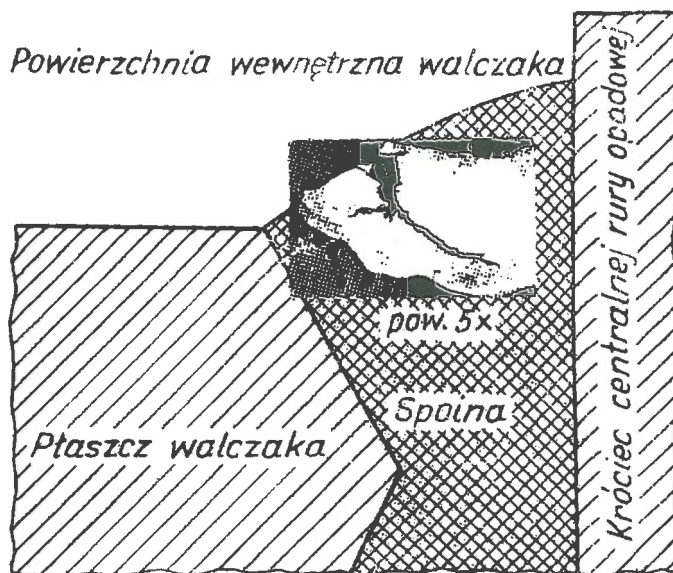


a)



b)

Rys. 4. Umiejscowienie pęknięć: wewnętrznych w połączeniu typu „K” (a) oraz powierzchniowych w połączeniu typu „1/2V” (b)

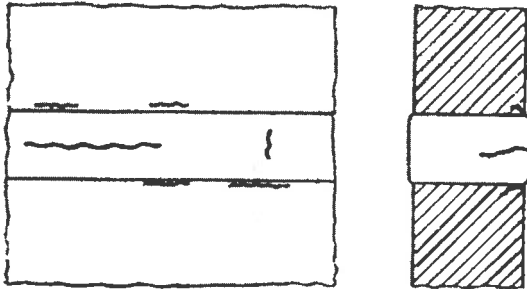


Rys. 5. Uszkodzenie spoiny centralnej rury opadowej

Uszkodzenia złączy spawanych wzdłużnych i obwodowych (spoiny główne walczaka — rys. 6) stanowiły ok. 13% wykrytych uszkodzeń walczaków. W spoinach wzdłużnych stwierdzono uszkodzenia zarówno po wewnętrznej jak i zewnętrznej stronie walczaka.

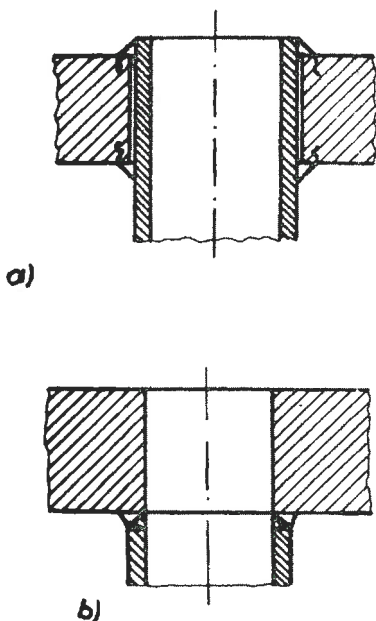
Znacznie więcej uszkodzeń wykryto na wewnętrznych powierzchniach walczaków, co wynikało z technologii wykonania spoiny ręcznej i łukiem krytym (spoiny zawierały dość dużo defektów koncentrujących naprężenia) oraz

z wartości naprężeń, które są większe na powierzchni wewnętrznej. Po usunięciu tych wad w większości przypadków nie występowały one ponownie. Ponadto, nie stwierdzono zależności między rozmieszczeniem pęknięć w spoinach podłużnych a stopniem zowalizowania walczaka.



Rys. 6. Pęknięcia w spoinach głównych i w ich okolicy

Uszkodzenia spoin pachwinowych króćców rur przetykanych polegały z reguły na pęknięciach o charakterze obwodowym (rys. 7) i głębokości sięgającej grubości warstwy spawanej (aż do nieuszczelnności włącznie). Przyczyną tego typu uszkodzeń było z reguły działanie naprężeń dodatkowych spowodowanych przesztynieniem węzła lub nieskompensowaniem wydłużeń cieplnych.



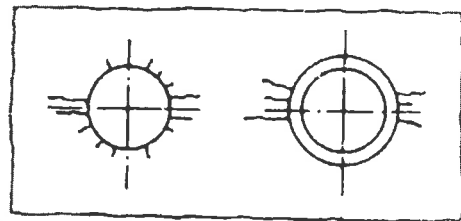
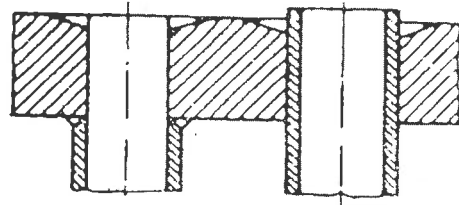
Rys. 7. Pęknięcia w okolicy spoin króćca: a) króciec „przetykany”; b) króciec spawany „doczołowo”

W zależności od konstrukcji i umiejscowienia spoiny króćców rur wodowskazowych wykazywały różny stopień uszkodzeń. Znacznie mniej wad niż w odniesieniu do króćców „przetykanych” ujawniono na spoinach króćców „na-

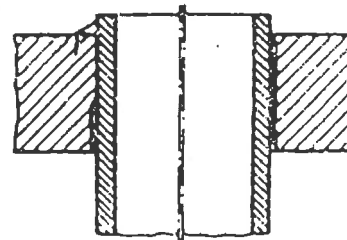
sadzonych”, a przyczyną ich powstawania była niewłaściwa konstrukcja; wskutek znacznej różnicy między temperaturą walczaka i króćca następował wzrost naprężeń rozciągających w okolicy spoiny. Liczba i głębokość tych uszkodzeń wzrastały z liczbą godzin pracy kotła.

Uszkodzenia krawędzi otworów, mostków rur opadowych, ekranowych i zasilających oraz spoin

Pęknięcia na krawędziach otworów sięgały w głąb otworów i w kierunku mostków (rys. 8). Pęknięcia te były zawsze usytuowane równoległe do osi walczaka (rys. 9).



a)



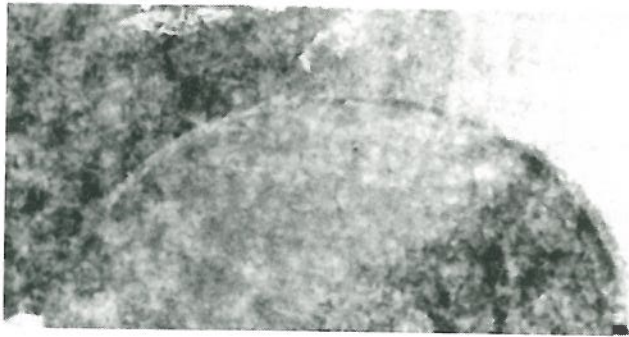
b)

Rys. 8. Pęknięcia wokół otworów rur umieszczonych poniżej lustra wody (a) oraz pęknięcia i ubytki wokół elementów walcowanych (b)



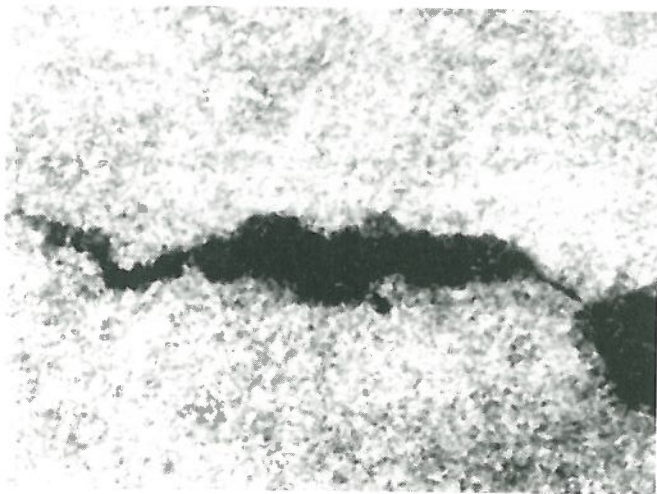
Rys. 9. Pęknięcia przy otworze na jego krawędzi

Uszkodzenia na krawędziach otworów zaczynały pojawiać się już po 15 tys. godzin pracy walczków, niezależnie od liczby uruchomień kotła. Po wyszlifowaniu wykrytych pęknięć i przepracowaniu przez kocioł od kilku do kilkunastu tysięcy godzin kolejne badania ujawniły nowe uszkodzenia na krawędziach otworów, na których już poprzednio występowały wady. Głębokość pęknięć dochodziła do 5 mm, natomiast ich długość do 10 mm. Wygląd zewnętrzny pęknięć (szeroko rozwarte brzegi) wskazuje na to, że ich powstanie i rozwój wynikają z korozyjnego działania czynnika (rys. 10). Podobne uszkodzenia, lecz o charakterze obwodowym, wykryto na spoinach króćców rur opadowych.



Rys. 10. Pęknięcia przy otworze na jego ścianie (tworząca otworu)

Nieciągłości mają postać szerokiego pęknięcia centralnego, łączącego ze sobą workowate ubytki (rys. 11) wypełnione produktami korozji i rozprzestrzeniające się międzykrystalicznie. Uszkodzenia przy otworach występują niezależnie od rodzaju materiału walczaka i metody jego wykonania. Porażają tylko te walczaki, których naprężenia znamionowe przekraczają ≈ 100 MPa. W tego samego typu kotłach uszkodzenia wystąpiły po różnym czasie pracy, z zaznaczeniem się pewnego okresu krytycznego — ok. $(70-100) \times 10^3$ h. Nie stwierdzono zależności między liczbą i zakresem uszkodzeń a liczbą odstawień kotła, jak również nie zauważono związku między umiejscowieniem uszkodzeń a stopniem owalizacji walczków.



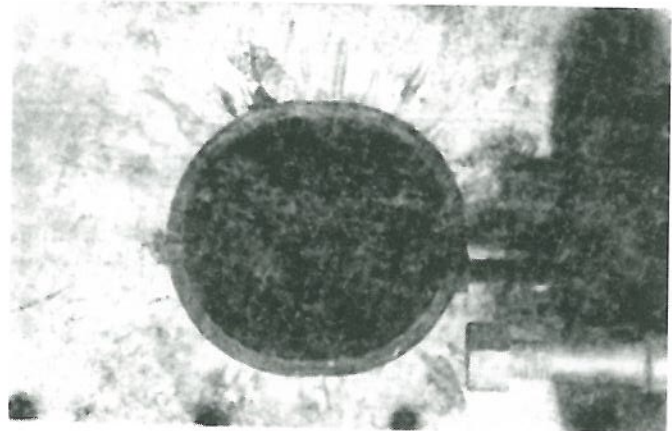
Rys. 11. Centralne pęknięcie z charakterystycznymi workowatymi ubytkami

Prawdopodobną przyczyną powstawania tego rodzaju uszkodzeń są nadmierne naprężenia na brzegach otworów lub wady technologiczne spoiny, działające w powiązaniu ze środowiskiem agresywnym, jakim jest woda kotłowa.

Uszkodzenia płaszcza walczaka

Uszkodzenia w materiale rodzimym (2%) dotyczą najczęściej miejsc, gdzie mocowano klamry szepiające poszczególne segmenty podczas produkcji walczaka lub miejsc, gdzie wykonano spoiny pachwinowe mocujące osprzęt wewnętrzny. Uszkodzenia te powstały prawdopodobnie w wyniku spawania wymienionych elementów na zimno w czasie remontów lub wskutek ograniczenia możliwości odkształcenia się płaszcza walczaka podczas jego eksploatacji, a zwłaszcza prób wodnych.

Pęknięcia występowały również na wewnętrznej powierzchni den, zwłaszcza zakuwanych (rys. 12). Konieczność usuwania tych pęknięć zależy od ich ukierunkowania i wymiarów. Doświadczenie wykazało, że na ogół można je zostawić bez naprawy. Wszystkie pozostałe uszkodzenia walczków, wg dotychczasowych doświadczeń, powinny być naprawiane przez szlifowanie (gdy ich wymiary nie przekraczają wartości dopuszczalnych) lub przez spawanie — przy znacznych głębokościach. Właściwa naprawa uszkodzenia w połączeniu z poprawą warunków pracy (obniżenie naprężeń, zmniejszenie agresywności wody kotłowej) gwarantuje znaczne zmniejszenie prawdopodobieństwa powstawania tych uszkodzeń.



Rys. 12. Częściowo wyszlifowane pęknięcie na dennicy walczaka

Podsumowanie

Przedstawiona w artykule analiza uszkodzeń została wykonana na podstawie danych archiwalnych PdOEn oraz firmy *Pro Novum* (ok. 30 walczków zbadanych w ciągu ostatnich 3 lat). Uzyskane dotychczas wyniki badań i obliczeń skłaniają do następujących ogólnych spostrzeżeń.

- Uszkodzenia poszczególnych węzłów konstrukcyjnych walczków (tej samej konstrukcji i wykonanych z tego samego materiału) występują po przepracowaniu bardzo zróżnicowanej liczby godzin. Skłonność do lawinowego pęknięcia wykryto jak dotychczas tylko w walczakach ze stali 18CuNMT. Dowodzi to, że skłonność do występowania różnego typu uszkodzeń jest złożoną funkcją:
 - konstrukcji,
 - gatunku materiału,
 - technologii wykonania,
 - warunków eksploatacji.
- Poprawnie wykonana ocena stanu technicznego walczaka powinna w każdym przypadku opierać się na analizie wpływu wszystkich wymienionych czynników oraz na umiejętnym skojarzeniu retrospekcji z danymi o aktual-

Tabela 1

Program badań walczków

Element badany	Badania rentgenowskie	Badania ultradźwiękowe	Badania magnetyczne	Oględziny	Pomiar średnic	Pomiar grubości	Metalografia	Twardość	Uwagi
Spolny główne	po naprawie	co 100 tys. h	co 50 tys. h	co 20 tys. h	—	—	—	—	ocena stopnia wyczerpania po 100 tys. h
Spolny pomocnicze	—	co 20—50 tys. h	co 20 tys. h	co 20 tys. h	—	—	—	—	
Płaszcz	—	—	—	co 20 tys. h	pomiar owalizacji jedno-razowo	co 100 tys. h	co 100 tys. h	co 100 tys. h	
Spolny c.r.o., tuleja wiązowa	—	co 50 tys. h	co 20 tys. h i po próbie wodnej	co 20 tys. h					
Otwory, mostki	—	—	co 20—50 tys. h	co 20—50 tys. h	—	—	—	—	

nym stanie metalu (badania nieniszczące, pomiary, obliczenia i w uzasadnionych przypadkach badania niszczące). Opracowany na podstawie dotychczasowych doświadczeń firmy *Pro Novum* program badań walczków przedstawiono w tabeli 1.

- Ponieważ dotychczas nie wykryto zmian struktury (nawet w najdłużej eksploatowanych walczkach) mogących mieć istotny wpływ na własności wytrzymałościowe ma-

teriału można uznać, że uszkodzenia walczaka mają wyłącznie charakter lokalny — zmęczeniowy. Oznacza to, że walczak jest konstrukcją o ciągle odnawialnych funkcjach użytkowych. Ograniczeniem dla celowości kolejnych napraw mogą być jedynie kryteria ekonomiczne

OFERTA PRO NOVUM

Bardzo istotną, a często niedoceniającą czynnością jest gromadzenie informacji na temat eksploatacji. Zalicza się do nich wszystkie dane charakteryzujące wykonane naprawy, wymiany, modernizacje i pomiary, uszkodzenia i przyczyny ich powstawania oraz rzeczywiste parametry pracy.

Najwięcej kłopotów przysparza pracownikom eksploatacji ustalenie przyczyn uszkodzeń elementów kotła. Metal tych elementów ulega uszkodzeniu, gdyż podczas pracy w podwyższonej temperaturze i przy dużym wyężeniu zachodzą w nim niekorzystne procesy fizyczne, tj. peźnienie, zmęczenie, wzrost kruchości.

Wychodząc naprzeciw temu zapotrzebowaniu *Pro Novum* oferuje opracowanie:

USZKODZENIA POWIERZCHNI OGRZEWALNYCH KOTŁÓW PAROWYCH

Opracowanie zawiera omówienie przyczyn i opis mechanizmu powstawania uszkodzeń elementów powierzchni ogrzewalnych (przegrzewacz, parownik, podgrzewacz wody) z uwzględnieniem:

- wad materiałowych i spawalniczych
- erozji i różnych typów korozji
- dodatkowych naprężeń od samokompensacji i owalizacji
- zjawisk związanych z przekroczeniem obliczeniowej temperatury i obliczeniowego czasu pracy
- zalecanych rodzajów i częstości badań elementów ciśnieniowych kotła.

Autor opracowania: mgr inż. JERZY DOBOSIEWICZ.

Opracowanie zawiera: 116 stron formatu A-4, 125 ilustracji, w tym unikatowe przykłady rzeczywistych uszkodzeń z elektrowni krajowych i zagranicznych.

Cena opracowania (2 egzemplarze) — 3,5 mln zł.