

Podsumowanie i wnioski

- Ostatnia faza eksploatacji urządzenia wiąże się z wykorzystaniem indywidualnego zapasu trwałości najdłużej eksploatowanych elementów. Aby, w tych warunkach, zapewnić ich bezpieczną pracę należy – po wykonaniu oceny stanu technicznego – wymienić je lub eksploatować nadal monitorując ich rzeczywiste warunki eksploatacji. Indywidualny zapas trwałości może być wykorzystany bezpiecznie i racjonalnie tylko podczas „indywidualnego” nadzoru ich aktualnego stanu technicznego.
- Zdecydowanie lepszym, niż wykonanie skomplikowanych obliczeń naprężeń, odkształceń, stopni wyczerpania trwałości etc. jest inteligentna analiza eksploatacji wsparta (zintegrowana) z odpowiednio zaplanowaną diagnostyką.
- Podejście j.w. może okazać się szczególnie przydatne na blokach długoeksploatowanych. Wydłużeniu czasu pracy powyżej 300 tys. godzin powinno towarzyszyć odpowiednie zorganizowanie diagnostyki, najlepiej w formie serwisu, która w czasie rzeczywistym zapewniałaby:
 - a) rejestrację historii eksploatacji,
 - b) weryfikację prognozy,
 - c) zalecenia eksploatacyjne
- Serwis diagnostyczny można wykonywać w sposób zdalny, co ma wpływ zarówno na jego cenę jak również jakość (udział ekspertów o najwyższych kompetencjach).

Pro Novum jest w trakcie wdrażania takiej usługi w kilku krajowych elektrowniach.

Możliwe, że także na nowych blokach powstaną sprzyjające dobre warunki do niezależnego, od dostawcy, monitorowania

stanu technicznego urządzeń. VGB przedstawiło – w ostatnim czasie -propozycję wymagań dla dostawców urządzeń w zakresie minimum informacji technicznych, jakie powinny być przekazywane Użytkownikowi wraz z oddaniem urządzenia do eksploatacji [6].

LITERATURA

- [1] Dobosiewicz J.: Badania diagnostyczne urządzeń ciepłno-mechanicznych w energetyce. Część I. Turbiny i Część II. Kotle i rurociągi. Biuro Gamma, Warszawa 1998
- [2] Trzecznyński J.: Termozok jako czynnik ograniczający trwałość elementów ciśnieniowych pracujących powyżej temperatury granicznej. Biuletyn Pro Novum nr 3/2006, Energetyka Grudzień 2006
- [3] Duda A., Gawron P., Śliwa A.: Rejestracja wybranych wielkości chemicznych w LM System PRO® elementem oceny stanu technicznego urządzeń i prognozy ich trwałości. Materiały konferencyjne X Sympozjum: Diagnostyka i Remonty Długoeksploatowanych Urządzeń Energetycznych. Ustroń, Hotel BELWEDER 1-3.10.2008
- [4] Trzecznyński J.: Concept and Present state of implementation of LM System PRO® – The System supporting Maintenance of Thermo-Mechanical Power Equipment 3rd ETC Generation &Technology Workshop. Dublin, 30th October
- [5] Trzecznyński J.: Remote diagnostic systems for assessment of thermo-mechanical equipment of Power Plants. 2 nd ECCC Creep Conference. 21 – 23 April 2009, Zurich
- [6] Richnow J.: VGB - Anforderungen an Technische Anlagendaten für den Kraftwerksbetrieb. VGB Power Tech 8/2009

Filip Klepacki

Pro Novum Sp. z o.o.

Własności długo eksploatowanej miedziowej stali walczakowej

Walczaki już od wielu lat są wykonywane ze stali węglowych i stopowych (zawierających Cu, Ni, Mo, Nb, Ti). Pierwiastki takie, jak Ni, Cu powodują tworzenie się większej liczby dyslokacji, co powoduje wyraźny przyrost granicy plastyczności oraz obniżenie udarności.

Wysoka wytrzymałość doraźna (wysokie R_e oraz R_m) spowodowała, że grubościennie elementy ciśnieniowe (walczaki) mogą być budowane z mniejszą grubością ścianki niż przy zastosowaniu stali kotłowych. Jednak w kraju, pomimo wysokiej wytrzymałości, w latach 1986 – 1989 uległy całkowitemu zniszczeniu dwa walczaki: tj. w EC-3 Łódź oraz w Elektrownia Łaziska. Podobne awarie miały miejsce również w elektrowniach zagranicznych, m.in. w Anglii – Elektrownia Cockerzie. Walczaki ulegały uszkodzeniom przede wszystkim w trakcie wykonywania prób ciśnieniowych. Wnikliwe badania wykazały,

że bezpośrednią przyczyną uszkodzeń była niska plastyczność stali w temperaturze otoczenia. Materiał uszkodzonych walczków charakteryzował się niską udarnością wskutek podniesienia progu kruchości – obniżona ciągliwość.

Wspomniane badania wykazywały również, że niska udarność stali miedziowych nie tylko jest związana z jej składem chemicznym ale również z czasem i warunkami pracy. Ten pogląd budził wiele kontrowersji i wielokrotnie, na łamach prasy, był kontestowany [1, 2].

Uwzględniając powyższe oraz biorąc pod uwagę współczesne wymagania krajowej energetyki ukierunkowanej na jak najdłuższą eksploatację obecnych urządzeń i maszyn (programy 350 tys. godzin „i może jeszcze dłużej”) wykonano badania materiałowe miedziowej stali walczakowej po przepracowaniu ok. 320 tys. godzin.

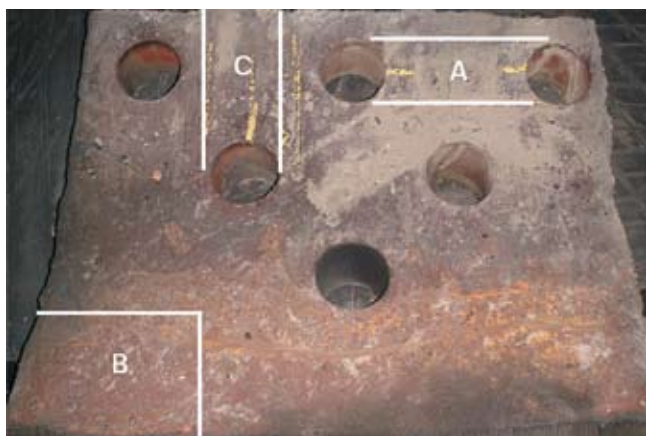
Przedmiot badań materiałowych

Badania materiałowe zostały wykonane na „próbce” – blacha o wymiarach 600 x 600 – pobranej z dolnej części walczaka kotła OP-140 wraz z otworami i mostkami pod rury opadowe. Producentem walczaka była firma *Pauker*, natomiast wytwórcą blachy *Rheinrohr*. Gatunek stali walczaka wg norm branżowych firmy *Rheinrohr*, to CuNi47, natomiast wg norm DIN to 17CuNi4. Skład chemiczny oraz własności mechaniczne wg norm branżowych zawarto w tabeli 1.

Tabela 1

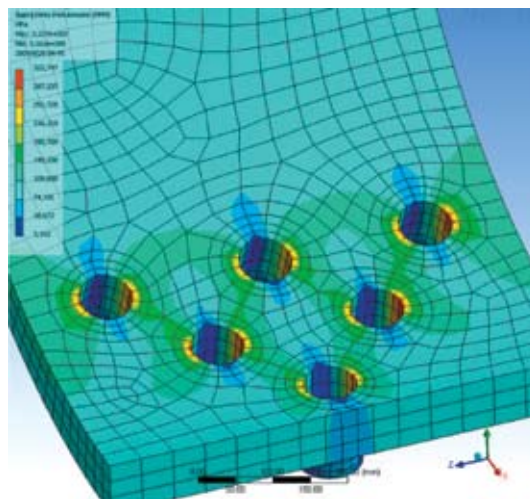
C	Mn	Si	Ni	Cu	P	S
max. 0,18	~0,70	~0,40	~0,90	~0,90	max. 0,04	max. 0,04
R_e , MPa	R_m , MPa	$R_{e(350)}$, MPa	KCU, J/cm ²			
340	470 – 560	250	69			

Próbka została podzielona na trzy obszary, które następnie podlegały badaniom. Obszary do badań dobrano wg stopnia wyężenia, tj. by porównać obszary o najwyższym stopniu wyężenia z obszarami o najniższym stopniu. Próbkę z zaznaczonymi obszarami wraz z analizą wyężeniową przedstawiono na rysunkach 1 i 2.



Rys. 1. Próbkę dostarczoną do badań wraz zaznaczonymi obszarami badań

Z analiz metodą elementów skończonych wynika (rys. 2), że najbardziej wyężonym obszarem jest krawędź otworu w obszarze „A”, „średnio” wyężonym jest obszar „B”, a najmniejsze naprężenia występują na krawędzi otworu w obszarze „C”.



Rys. 2. Analiza wytrzymałościowa elementu walczaka poddanego badaniom

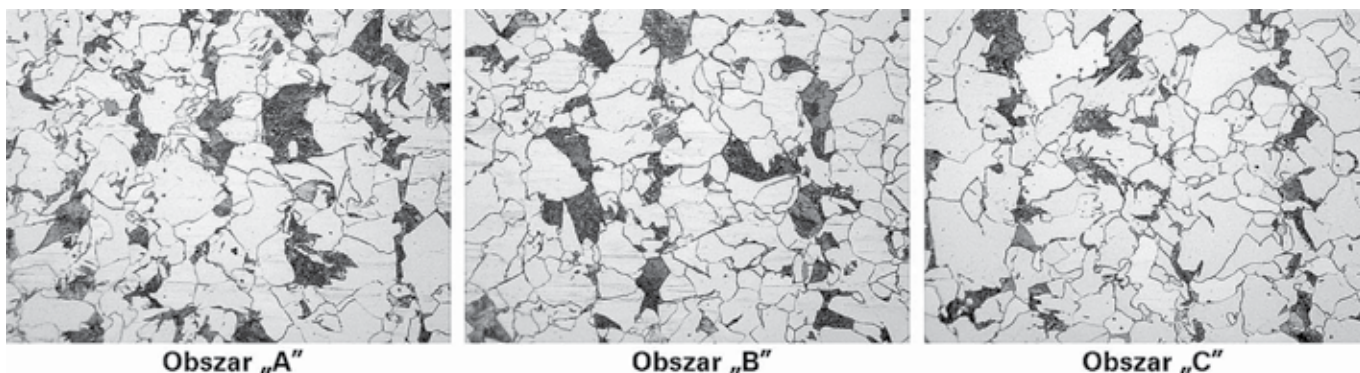
Wyniki badań materiałowych

Metalografia

Badania metalograficzne zostały wykonane na próbkach pobranych z całej grubości ścianki wycinków. W przypadku wycinków z mostkami metalografie wykonano wzdłuż tworzącej otworów. We wszystkich przekrojach mikrostruktura jest podobna, ferrytyczno-perlityczna z wyraźnym pasmowym ułożeniem ziaren. Przykładowe struktury dla poszczególnych obszarów zestawiono na rysunku 3.

Statyczna próba rozciągania

Wyniki statycznej próby rozciągania przedstawiono w tabeli 2.



Rys. 3. Struktura w poszczególnych obszarach przy pow. 200x

Tabela 2

Obszar	Temp. badania, °C	R _e , MPa	R _m , MPa	Wydłużenie	Przeważenie	R _e /R _m
				A _g , %	Z, %	
„A”	24	464	563	26	62	0,82
„B”		464	563	26	62	0,82
„C”		436	562	29	64	0,77
„A”	350	330	491	24	55	0,67
„B”		330	491	24	55	0,67
„C”		330	482	24	57	0,68

Wg katalogów firmy Rheinrohr (producenta blachy) minimalne wartości granicy plastyczności oraz wytrzymałości na rozciąganie wynoszą:

R_e = 340 MPa i R_m = 470 – 560 MPa dla temperatury otoczenia
R_e = 250 MPa dla temperatury 350°C

Próba udarności

Badania udarnościowe wykonano na próbkach Charpy V wzdłużnych (wszystkie obszary) oraz poprzecznych (tylko obszar „B”). Niestety producent blach jak i normy podają jedynie udarność KCU.

W trakcie prób udarnościowych wykazano również, że temperatura przejścia w stan kruchy wynosi 20°C.

Tabela 3

Obszar	KV, J	KCV, J/cm ₂
„A”	59	74
„B”	59	74
„C”	62	77

Wg katalogów firmy Rheinrohr średnia wartość udarności KCU powinna wynosić 69 J/cm₂.

Analiza składu chemicznego metalu

Analiza składu chemicznego (tabela 4) potwierdziła gatunek stali.

Tabela 4

C	Mn	Si	Ni	Cu	P	S
0,13	0,66	0,32	0,88	0,86	0,04	0,20

Pomiary twardości

Twardość pomierzono na przekroju blachy dla obszaru „B” i po tworzącej otworów dla pozostałych obszarów, zaczynając od powierzchni wewnętrznej do zewnętrznej. Zmierzono również

Tabela 5

Obszar	Umiejscowienie	Pomiar twardości HV ₃₀									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
„A”	powierzchnia wewnętrzna	175	175	175	175	179	178	174	178	175	175
„B”		175	175	175	175	179	178	174	178	175	175
„C”		172	171	173	168	169	169	171	173	172	172
„A”	przekrój	176	176	185	179	182	182	179	180	180	181
„B”		176	176	185	179	182	182	179	180	180	181
„C”		179	179	183	189	186	187	187	183	179	179

twardość na powierzchni wewnętrznej blachy walczaka poszczególnych obszarów. Wyniki przedstawiono w tabeli 5.

Podsumowanie

Struktura stali, w każdym badanym obszarze, jest taka sama, tj. ferrytyczno-perlityczna, brak oznak degradacji struktury. Dodatkowo, mimo braku wyjściowych badań metalograficznych, można stwierdzić, iż struktura jest zbliżona do stanu wyjściowego.

Właściwości wytrzymałościowe (R_e i R_m) stali spełniają, ze znaczną nadwyżką, minimalne wymagania dla stali 17CuNi4 zawarte w katalogu producenta tej blachy, tj. firmy Rheinrohr AG.

Jednakże otrzymany stosunek R_e/R_m jest względnie wysoki i dla temperatury pokojowej wynosi 0,82.

Producent podaje jedynie udarność KCU (69 J/cm²), natomiast w badaniach materiałowych wykazana została udarność KCV (74 – 77 J/cm²). Mimo iż nie można porównywać obu wartości zawsze uzyskiwane udarności z karbem U są większe od udarności z karbem V, co sugeruje, że rzeczywista udarność KCU dla badanego materiału będzie wyższa od zmierzonej KCV. Stąd też wynika, że udarność materiału walczaka jest wyższa od nominalnej.

Temperatura przejścia w stan kruchy wynosi 20°C.

Skład chemiczny odpowiada stali 17CuNi4 wg DIN.

Twardości na powierzchni wewnętrznej blachy walczaka zawierają się w zakresie 167 – 179 HV₃₀, natomiast na przekroju blachy w zakresie 176 – 189 HV₃₀. Wartości te odpowiadają twardościom odczytanym z normy PN-93/H-04357 dla wyznaczonej wytrzymałości na rozciąganie (R_m).

Wnioski

Miedziowe stale walczakowe – przy założeniu, że konstrukcja walczaka jak i jego eksploatacja są prawidłowe – są stalami odpornymi na zmiany strukturalne, a ich trwałość nie jest ograniczona.

Właściwości mechaniczne, jak również struktura miedziowej stali walczakowej nie zmienia się w sposób istotny z czasem eksploatacji.

Stosunek R_e/R_m jest wysoki (R_e/R_m = 0,82), co sugeruje, iż badana stal jest podatna na kruche pękanie. Jednakże wysoka udarność oraz niska temperatura przejścia w stan kruchy dowodzi, że wysoki stosunek R_e/R_m nie koniecznie musi wskazywać na podatność stali na kruche pęknięcia.

LITERATURA

- [1] Zbroińska-Szczechura E., Dobosiewicz J.: Całkowite zniszczenia walczaków kotłów parowych. Biuletyn Pro Novum, tom I
- [2] Dobosiewicz J., Zbroińska-Szczechura E.: Zmiany własności mechanicznych metalu podczas eksploatacji niektórych walczaków. Biuletyn Pro Novum, tom II