

Zespół redakcyjny: mgr inż. Jerzy Dobosiewicz, dr inż. Jerzy Trzeszczyński

Jerzy Trzeszczyński, Ewald Grzesiczek, Wojciech Brunné
Pro Novum, Katowice

Skuteczność rozwiązań wydłużających czas pracy długo eksploatowanych stalowych elementów turbin i rurociągów parowych

Doświadczenia eksploatacyjne

Po przepracowaniu przez urządzenia ciepłno-mechaniczne bloków energetycznych ca 150 000 godzin powstaje problem – co dalej? Strategie mogą być różne, w zależności od:

- stanu technicznego urządzenia,
- wymagań, jakie narzuca szeroko rozumiany rynek energii.

Stan techniczny bloku energetycznego określa w największym stopniu kondycja elementów najdroższych (wałczak kotła, główne rurociągi parowe, wirniki turbiny, kadłuby), determinujących jednocześnie poziom techniczny i specyfikę rozwiązań najważniejszych węzłów konstrukcyjnych (parownik kotła, układ przepływowy turbiny).

Wymagania rynku w zakresie efektywności wytwarzania energii elektrycznej i ciepła oraz norm ekologicznych determinują z kolei zakres i sens ekonomiczny modernizacji.

Spełnienie wymagań ekologicznych po 2008 roku (Dyrektywa LCP) było wcześniej, i jest nadal, progowym warunkiem ekonomicznego sensu modernizacji bloków energetycznych lub zwykłego wydłużania czasu ich pracy.

Jeśli założenie, że łączny czas eksploatacji bloku ($t=535^{\circ}\text{C}$, $p=14\text{ MPa}$) powinien wynieść ca 300 000 godzin, to klasyczne zakresy remontowe bez uwzględnienia: wymian, regeneracji, rewitalizacji, modernizacji, niektórych elementów i węzłów konstrukcyjnych oraz pominięcie odpowiednich działań profilaktycznych, nie są w stanie zapewnić tak długiego czasu pracy. Tym bardziej że wydłużanie czasu pracy nie powinno wpłynąć na obniżenie dyspozycyjności i wzrost nakładów na utrzymanie techniczne.

Kierując się wymienionymi przesłankami w połowie lat 90. wdrożono w znacznej części krajowych elektrowni oraz niektórych zagranicznych, dwa rozwiązania [1 – 6], a mianowicie: rewitalizację stalowych elementów turbin (kadłuby turbin,

korpusy zaworów, korpusy sit parowych wodooddzielaczy i obejm) oraz modernizację głównych rurociągów parowych. Rozwiązania te wprowadzano podczas modernizacji bloków energetycznych 120 MW i 200 MW w zakresie proekologicznym i w celu podwyższenia sprawności (zabudowa nowych reakcyjnych części niskoprężnych).

Po około dziesięciu latach stosowania tych rozwiązań powstają warunki, aby ocenić ich skuteczność zarówno w zakresie technicznym jak i ekonomicznym.

Rewitalizacja stalowych elementów turbin

W Polsce i za granicą (Słowenia, Chorwacja, Bośnia i Hercegowina) zrewitalizowano ponad 260 stalowych elementów turbin o mocy 25–360 MW (kadłuby, komory zaworowe, korpusy sit parowych, wodooddzielaczy etc). W ten sposób podjęto próbę wydłużenia o ca 100 000 godzin czasu eksploatacji przy nakładach ok. 20 procent ceny nowego elementu.

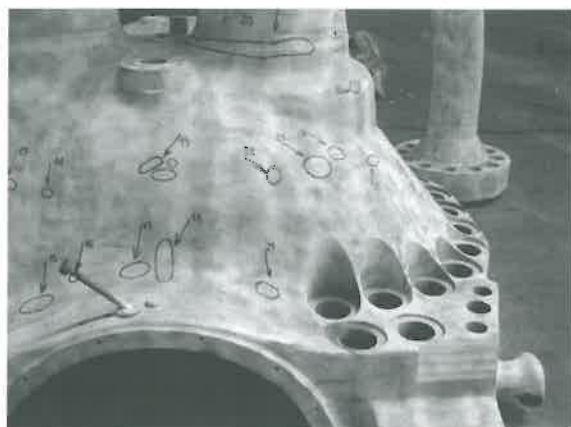
Odpowiednie skojarzenie zabiegów spawalniczych, obróbki cieplnej i mechanicznej pozwala:

- przywrócić pierwotne własności materiałowe, szczególnie w zakresie plastyczności,
- usunąć naprężenia pospawalnicze i poeksploatacyjne,
- uzyskać nominalne wymiary kadłuba i luzów w układzie przepływowym części WP i SP turbiny,
- zregenerować gwinty,
- wykonać drobne modernizacje podwyższające trwałość.

W tablicy 1 przedstawiono przykłady rezultatów uzyskanych po rewitalizacji kadłuba WP turbiny 13K215.

Rewitalizacja kadłuba wewnętrznego WP turbiny 200 MW

Fazy procesu technologicznego



Po badaniach defektoskopowych



Po naprawie przez spawanie



Po obróbce cieplnej i mechanicznej, przygotowany do transportu

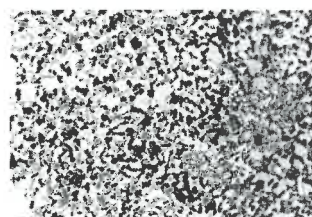
Zmiany struktury i własności towarzyszące procesowi rewitalizacji

stan staliwa po eksploatacji

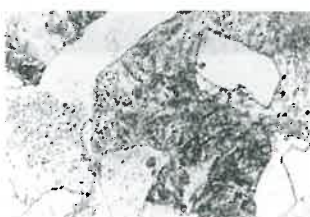


pow. 100x

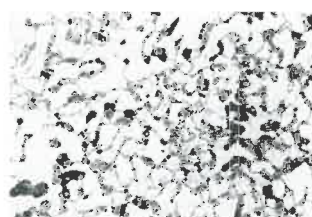
stan staliwa po rewitalizacji



pow. 200x



pow. 400x



pow. 400x

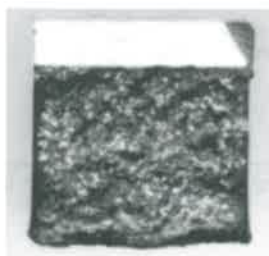
Mikrostruktura

feryt z perlitem i bainitem,
wielkość ziarna
wg PN-84/H-04507 4-6,
węgliki perlitu i bainitu
skoagulowane,
liczne wydzielenia wewnątrz
i po granicach ziarna

feryt z perlitem,
wielkość ziarna
wg PN-84/H-04507 8/9,
wydzielenia węgliku
wewnątrz ziarna

Rodzaj przetłomu

100% krystaliczny

90% drobnokrystaliczny
10% ciągliwy

Udarność (Charpy V)

1,8 da/Jcm²>3,5 da/Jcm²Twardość, HV₃₀

153

151

Modernizacje głównych rurociągów parowych w celu wydłużenia czasu ich eksploatacji

Doświadczenia eksploatacyjne wskazują, że po ca 150 000 – 200 000 godzin pracy uszkodzeniom pełzaniowym ulegają stalowe elementy rurociągów (czwórniki, trójniki) oraz najbardziej wytężone kolana. W przypadku źle wyregulowanych zamocowań dodatkowo uszkodzeniom ulegają spoiny, a w przypadku występowania przeciwnospadów pęknięcia pojawiają się na dolnych tworzących długich odcinkach poziomych.

Alternatywą dla zabudowania nowych rurociągów może być częściowa wymiana elementów, połączona z modernizacją zamocowań i poprawną ich regulacją (tabl. 2). W ten sposób czas eksploatacji rurociągów można wydłużyć w dowolny sposób dostosowując się do indywidualnych wymagań użytkownika. Oczywiście im większe wydłużenie czasu pracy, tym większy zakres wymian i innych prac towarzyszących modernizacji. Warunkiem podejmowania się takich zadań jest bardzo dobra znajomość stanu technicznego wszystkich elementów rurociągów.

Weryfikacja skuteczności rozwiązań

Najlepszym kryterium skuteczności obydwu rozwiązań są wyniki badań i pomiarów wykonywane przy kolejnych remontach kapitalnych, tj. po przepracowaniu ca 40 000 godzin (najwcześniej zrewitalizowane kadłuby turbin parowych pracują ponad 70 000 godzin). Dotychczas po zrewitalizowaniu ponad 130 kadłubów nie odnotowano żadnej reklamacji, zarówno

podczas badań odbiorczych (po rewitalizacji) jak i w trakcie pracy turbin, a także po badaniach towarzyszących remontom kapitalnym. Zregenerowany materiał kadłubów (podwyższona plastyczność) sprawia, że elementy te są o wiele bardziej odporne na zmęczenie cieplne, a nawet termoszoki towarzyszące błędom eksploatacyjnym. Zregenerowana struktura (rozdrobnione ziarno, skład fazowy) oraz własności mechaniczne (udarność, twardość) nie ulegają istotnym zmianom po wymienionym czasie pracy. Pojedyncze pęknięcia (po ca 40 tys. godzin pracy) nie wymagają naprawy przez spawanie. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że nowe kadłuby po podobnym okresie pracy wykazują często większą liczbę pęknięć, a niekiedy wymagają także naprawy przez spawanie.

Jako charakterystyczny przykład skuteczności rewitalizacji przedstawiono wyniki badań defektoskopowych kadłuba przed rewitalizacją i po pięciu latach pracy, po rewitalizacji (tabl. 3).

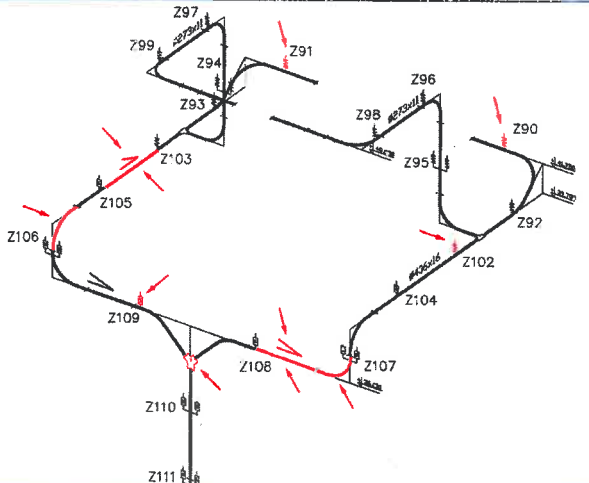
Jednopowłokowe kadłuby turbin 200 MW wybrano przy tym nieprzypadkowo. W każdym bowiem remoncie kapitalnym ujawniana była bardzo duża liczba pęknięć, przyczyna których wynikała ze względów konstrukcyjnych turbiny.

Dotychczas brak również jakichkolwiek zastrzeżeń w stosunku do pracy zmodernizowanych rurociągów. Stan „starych” i nowych elementów nie budzi zastrzeżeń po badaniach defektoskopowych. Układy zamocowań pracują stabilnie, praktycznie bez potrzeby wykonywania korekcyjnych regulacji. Rurociągi po modernizacji jako urządzenia podlegające nadzorowi Urzędu Dozoru Technicznego spełniają także wszystkie rygorystyczne kryteria oceny określone przez tę instytucję.

Tablica 2

Modernizacja wysokoprężnych rurociągów parowych w celu wydłużenia czasu eksploatacji

Najczęściej występujące rodzaje uszkodzeń rurociągów po długotrwałej eksploatacji:

	<ul style="list-style-type: none"> • nadmierny stopień wyczerpania trwałości niektórych kolan oraz stalowych kształtek (czwórniki, trójniki) • uszkodzone lub źle dobrane zamocowanie • przeciwnospady na odcinkach poziomych • źle pracujące (i na ogół popękane) odwodnienia i odpowietrzenia • kolizje montażowe
--	--

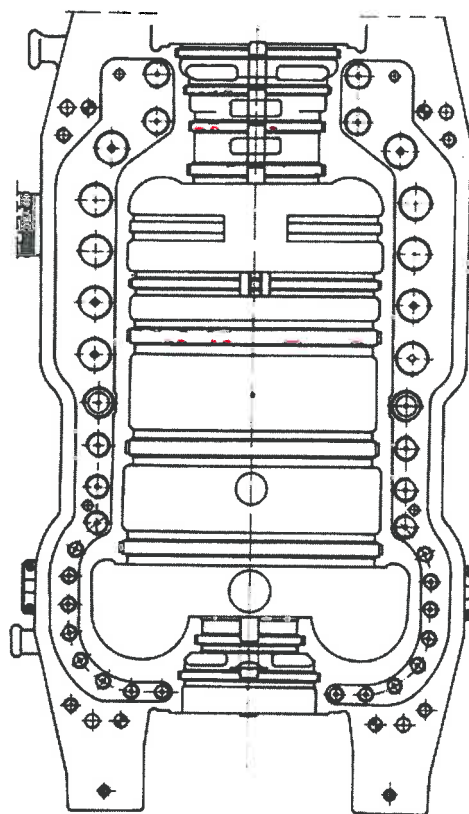
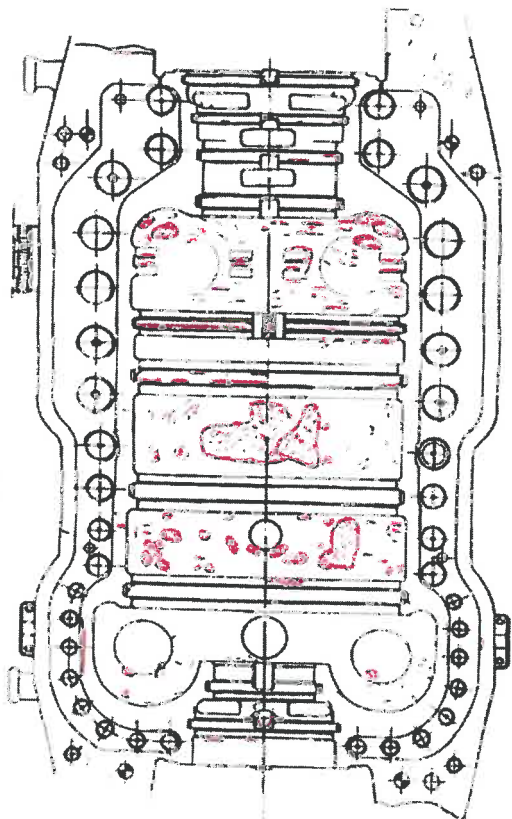
Przykładowy zakres prac towarzyszących modernizacji:

<ul style="list-style-type: none"> • wymiana kolan • wymiana elementów stalowych (czwórniki, trójniki) • naprawa/wymiana zamocowań • modernizacja systemu zawiesznień • likwidacja przeciwnospadów – korekta trasy rurociągów • modernizacja układu odwodnień • wymiana króćców odwodnień i odpowietrzeń • montaż reperów do geodezyjnego pomiaru przemieszczeń cieplnych • kompletne obliczenia wytrzymałościowe zmodernizowanego rurociągu wraz z opracowaniem nowej dokumentacji koncesyjnej i zatwierdzenie jej przez urząd dozoru technicznego
--

Powierzchnia wewnętrzna części dolnej kadłuba WP

po badaniach w 1997 (przed rewitalizacją)

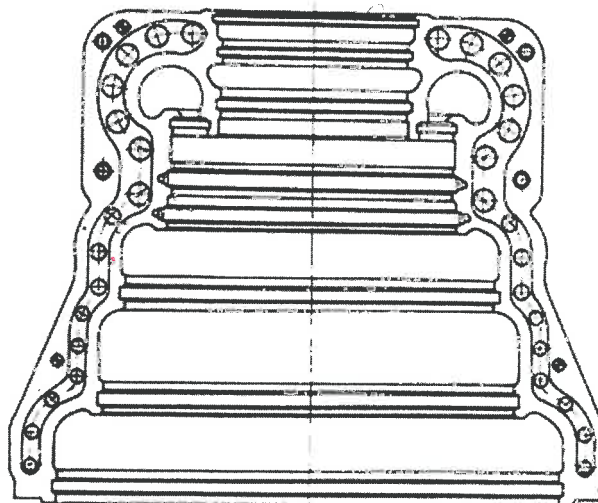
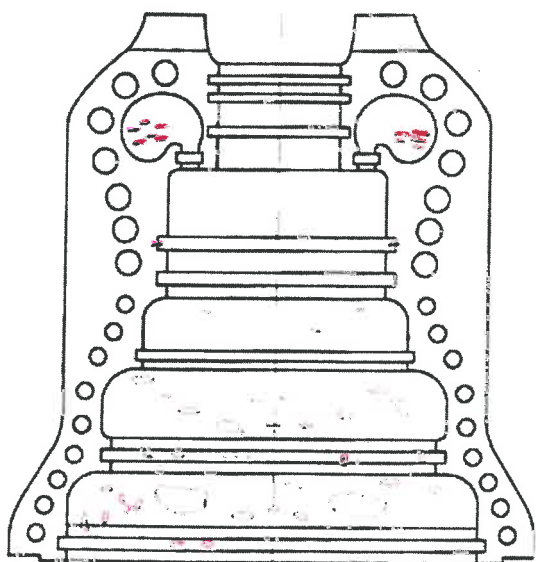
po badaniach w 2002



Powierzchnia wewnętrzna części górnej kadłuba SP

po badaniach w 1997 (przed rewitalizacją)

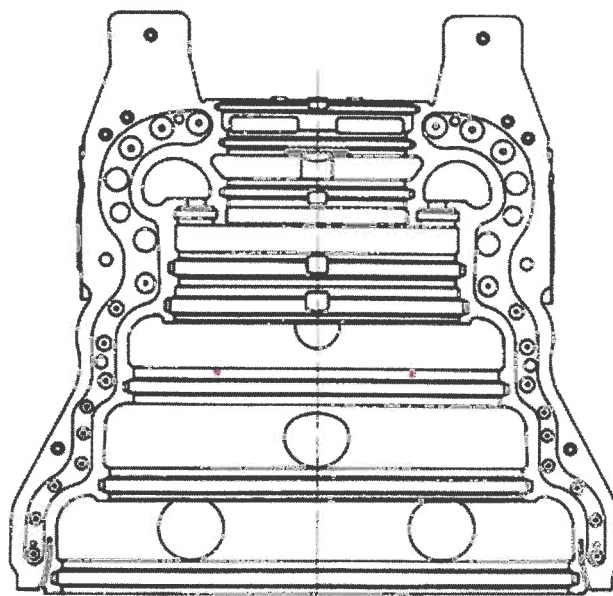
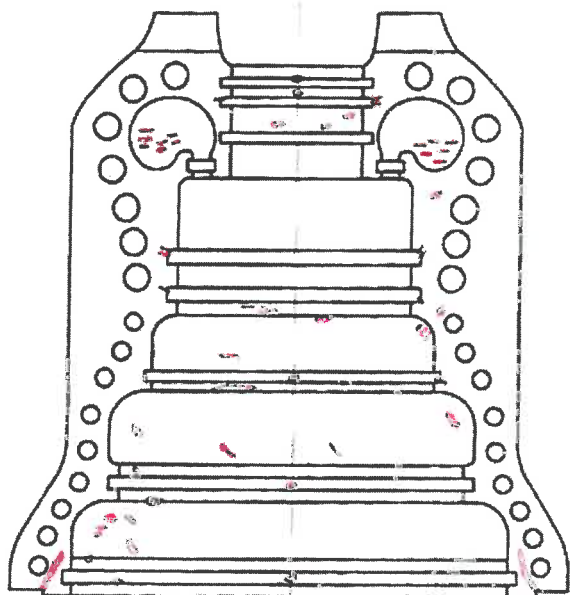
po badaniach w 2002



Powierzchnia wewnętrzna części dolnej kadłuba SP

po badaniach w 1997 (przed rewitalizacją)

po badaniach w 2002



Podsumowanie i wnioski

Wydłużenie czasu pracy kadłubów turbin parowych oraz głównych rurociągów parowych w opisany w artykule sposób okazało się po 40 000 – 70 000 godzin ich pracy całkowicie skuteczne.

Oznacza to, że można uznać za rzeczywiste korzyści ekonomiczne związane z zastosowaniem tych technologii, a więc:

- ca 20-procentowy koszt prac w stosunku do wymiany,
- wydłużenie okresów międzyremontowych,
- ograniczenie do minimum kosztów technicznego utrzymania (naprawy, przeglądy, badania, konserwacje, regulacje).

Wymienione korzyści sprawiły, że rozwiązania te ciągle znajdują się w centrum zainteresowania licznych elektrowni krajowych i zagranicznych. Bezdyskusyjny sukces techniczny i ekonomiczny opisanych rozwiązań, w szczególności rewitalizacji kadłubów turbin, spowodował, że zaczęły je oferować firmy bez większych lub żadnych doświadczeń w tej dziedzinie.

Niektóre informacje dotyczące wykonywanych przez nie „rewitalizacji” wskazują, że nie mają one wiele wspólnego lub zgoła nic z rozwiązaniem wdrożonym przez *Pro Novum* i *ZRE Katowice SA* 12 lat temu.

Elektrownie podejmują nieuzasadnione ryzyko w takich wypadkach „na własne żądanie”.

Możliwych, negatywnych rezultatów takich „działań alternatywnych” mogą spodziewać się po otwarciu turbin w najbliższych remontach kapitalnych. Niektórzy, z tego co wiemy, doświadczyli ich już w trakcie tak wykonywanych „rewitalizacji”.

LITERATURA

- [1] Dobosiewicz J.: Zasady przedłużania trwałości elementów bloków energetycznych. *Energetyka* 1994, nr 1
- [2] Trzeszczyński J., Modrzejewski J.: Principles and Methods of the Life Extension of Power Plant Equipments. *Proceeding of the 1st International Symposium. Rogaška Slatina (Slovenia) 1998*
- [3] Trzeszczyński J.: Requirements to Life Extension of the Thermo-Mechanical Equipments of the Heat and Power Generating Plants. *Proceedings of the Symposium Power Plants 2004. Montenegro 2–5 November 2004*
- [4] Dobosiewicz J.: Badania diagnostyczne urządzeń ciepłno-mechanicznych w energetyce. Część I. Zagadnienia ogólne. Turbiny i generatory. *Biuro Gamma. Warszawa 1998*
- [5] Trzeszczyński J. i inni: Możliwości wydłużania czasu eksploatacji elementów części przepływowych turbin parowych. *Materiały Konferencyjne. Wiśła, Hotel Stok 2003*
- [6] Brunne W.: Możliwości wydłużania czasu eksploatacji głównych rurociągów parowych wg indywidualnych oczekiwań użytkowników. *Materiały Konferencyjne. Wiśła, Hotel Stok 2002*

