

Przykłady uszkodzeń tarcz wirnikowych wywołanych przez korozję naprężeniową

Zarówno w latach poprzednich jak i w roku obecnym wykryto uszkodzenia tarcz nasadzanych wirników turbin parowych. Uszkodzeniom ulegają tarcze stopni pracujących na początku strefy kondensacji pary (czynnik dwufazowy – strefa Wilsona).

W takich warunkach istnieje realne niebezpieczeństwo powstawania pęknięć w miejscach spiętrzenia naprężeń:

- 1) w obszarze rowków wpustowych i na piastach tarcz wirnikowych (rys. 1 i 2),
- 2) w miejscu przejścia piasty w tarczę (rys. 3),
- 3) na krawędziach otworów odciążających (rys. 4),
- 4) na krawędziach wrębów łopatkowych (rys. 5).

Uszkodzenia (a – c) mają charakter pęknięć promieniowych, natomiast uszkodzenia we wrębach mają charakter obwodowy.



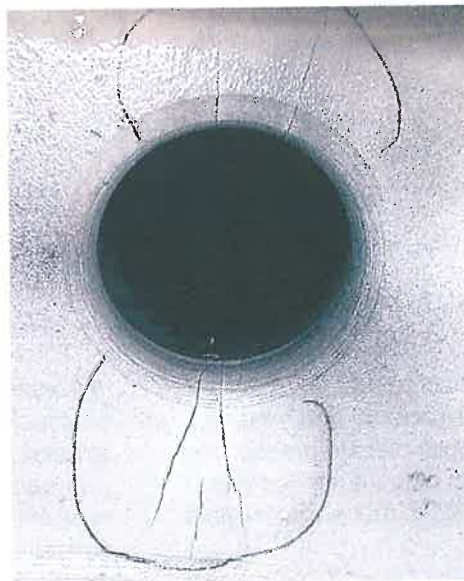
Rys. 1



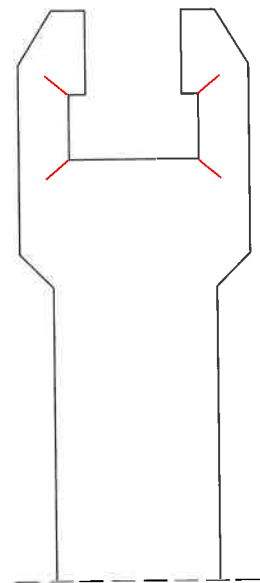
Rys. 2



Rys. 3



Rys. 4



Rys. 5

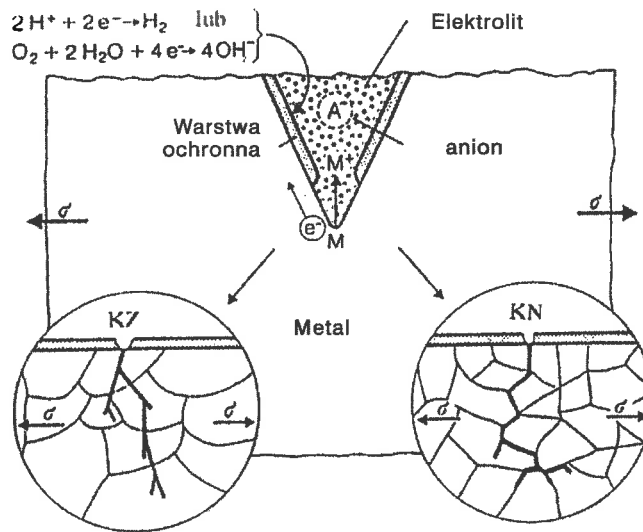
Korozja naprężeniowa

Przyczyn pęknięć upatruje się w korozji naprężeniowej, która jest procesem fizykochemicznym i zależy od:

- czynników konstrukcyjnych (obecność i poziom spękań naprężeń),
- warunków eksploatacji (parametry i czystość pary, liczba uruchomień),

- jakości i gatunku materiału oraz dokładności (jakości) wykonania rowków wpustowych, otworów odciążających, wrębów.

Mechanizm uszkodzenia korozyjnego przedstawiono na rys. 6. Powstające w ten sposób pęknięcia najczęściej przebiegają międzykryształicznie, rzadziej śródkryształicznie. Pęknięcia są wypełnione produktami korozji oraz solami – rys. 7 – 10.



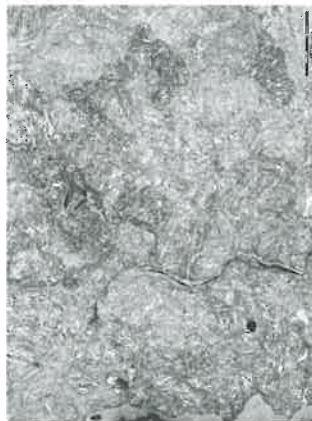
Rys. 6. Mechanizm uszkodzenia korozyjnego [1]



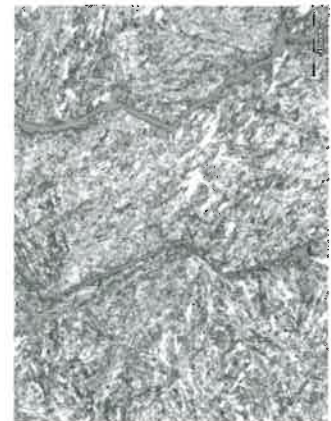
Rys. 7. Zgląd nietrawiony, pow.100x



Rys. 8. Zgląd nietrawiony, pow.600x



Rys. 9. Zgląd trawiony, pow.100x

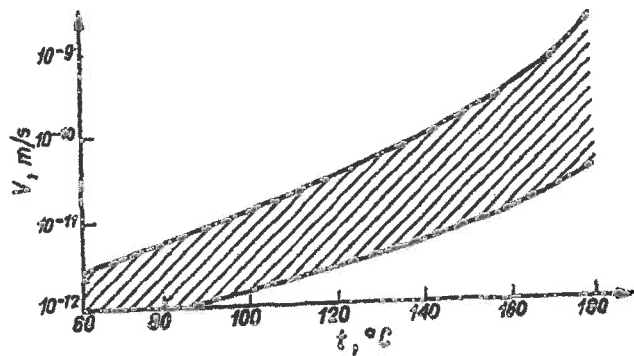


Rys. 10. Zgląd trawiony, pow.600x

Czas do zapoczątkowania oraz prędkość rozprzestrzeniania się pęknięć zależą od temperatury pracy metalu. Poniżej temp. 60°C procesy korozji ulegają praktycznie zatrzymaniu. Prędkość rozwoju pęknięć ze wzrostem temperatury metalu od 70°C do 160°C rośnie wielokrotnie (rys. 11).

Rozwój pęknięć zależy również od ilości odstawień turbiny, gdyż w tym przypadku tarcza może znajdować się na przemian w parze przegrzanej, wilgotnej a nawet

w kondensacie. Ponadto w czasie zatrzymania turbiny następuje nie tylko studzenie układu przepływowego, ale również splukiwanie rozpuszczonych w wodzie osadów, jeśli turbina nie jest konserwowana podczas postojów, to jej część przepływowa może pokrywać się wysokostężonymi roztworami mogącymi wywołać poważne uszkodzenia korozyjne. Przy kolejnym uruchomieniu część tych związków pozostaje we wżerach i w szczelinach, co właśnie jest przyczyną korozji pod naprężeniem.



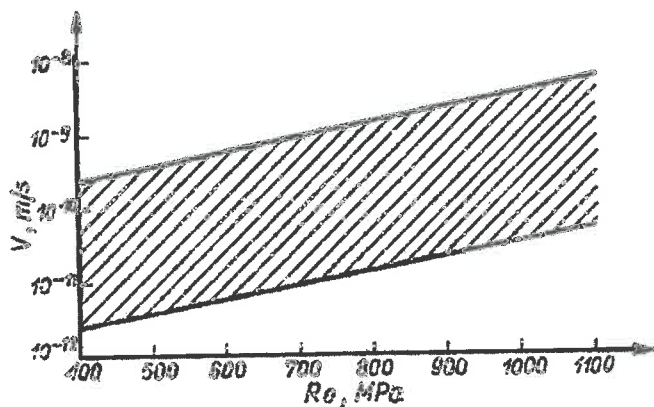
Rys. 11. Wpływ temperatury czynnika na prędkość rozprzestrzeniania się pęknięć [1].

Własności metalu a prędkość rozprzestrzeniania się pęknięć

Na powstawanie korozji naprężeniowej istotny wpływ mają skład chemiczny i obróbka cieplna metalu. Wszystkie stale z obniżoną zawartością chromu są podatne na korozję wżerową i naprężeniową. Mangan, nikiel i wolfram wyraźnie skracają czas do inicjacji pęknięć zwłaszcza w obecności siarki i fosforu.

Składniki fazowe struktury takie jak martenzyt i ferryt Widmānstattena powodują przyspieszenie inicjacji i propagacji pęknięć.

Głównym czynnikiem przyspieszającym przyrost pęknięcia jest granica plastyczności, im jest ona wyższa tym większe są prędkości propagacji (rys. 12).



Rys. 12. Wpływ granicy plastyczności na prędkość rozprzestrzeniania się pęknięć [12].

Badania diagnostyczne

Przed przystąpieniem do badań diagnostycznych tarcz wirnikowych pracujących w strefie Wilsona, strefę tę należy wyznaczyć na podstawie znajomości parametrów pracy turbiny i wykresów I-S.

Zakres typowych badań diagnostycznych powinien obejmować:

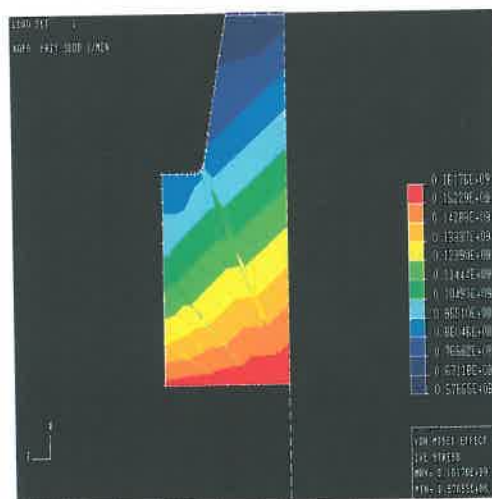
Tabela 1

Część elementu	Zakres badań	Metoda badań
Powierzchnia tarczy	100% dostępnej powierzchni	MT
	Jeśli nie ujawniono pęknięć metodą MT to obszary o największej koncentracji naprężeń	Badania metalograficzne
	Jeśli ujawniono pęknięcia metodą MT to obszary porażone pęknięciami	
Łopatki	100% dostępnej powierzchni	MT
Wręby łopatkowe	100% obwodu tarczy obustronnie	UT
Płasty koł nasadzanych	Okolice rowka wpustowego	UT

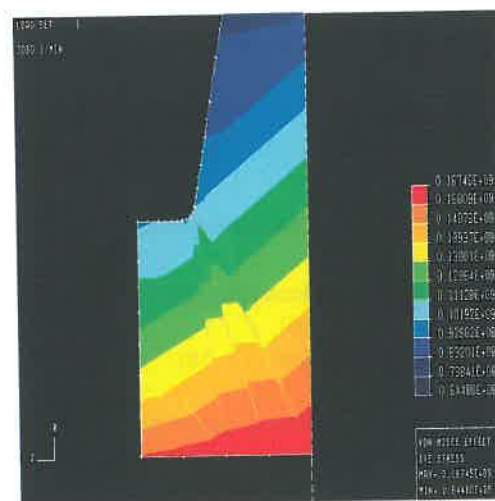
MT- badania magnetyczne, UT – badania ultradźwiękowe,

Naprawa tarcz wirnikowych

Pęknięcia o ile nie przekroczą dopuszczalnych rozmiarów są naprawialne. Przed przystąpieniem do naprawy należy przeprowadzić szczegółowe obliczenia stanu naprężeń i odkształceń w tarczy przed i po założeniu tulei.



Rys. 13. Naprężenia w tarczy w [Pa] przy 3000 1/min przed tulejowaniem



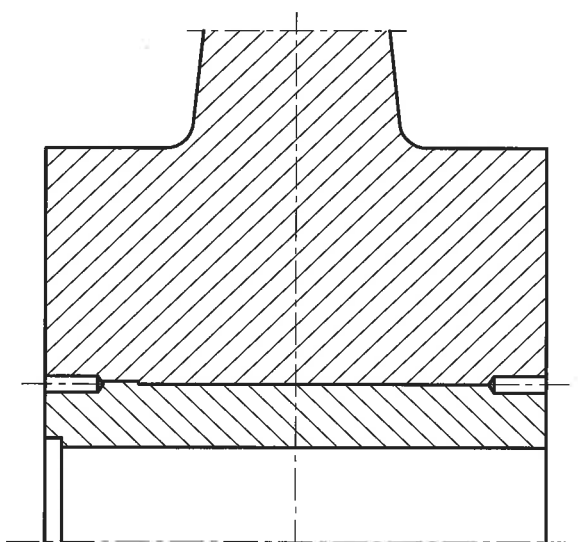
Rys. 14. Naprężenia w tarczy w [Pa] przy 3000 1/min po tulejowaniu



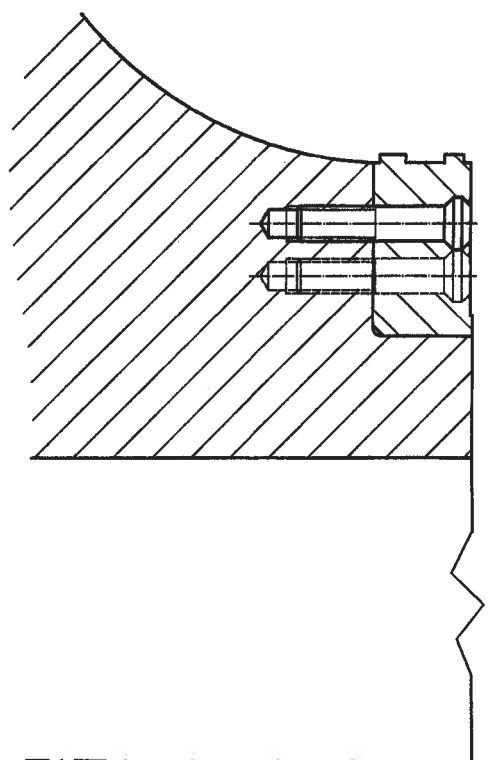
Rys. 15. Tarcza po usunięciu pęknięcia powstałego w narożu rowka wpustowego



Rys. 17. Pęknięcia ujawnione na piaskie tarczy nasadzonej



Rys. 16. Tarcza po naprawie przez tulejowanie



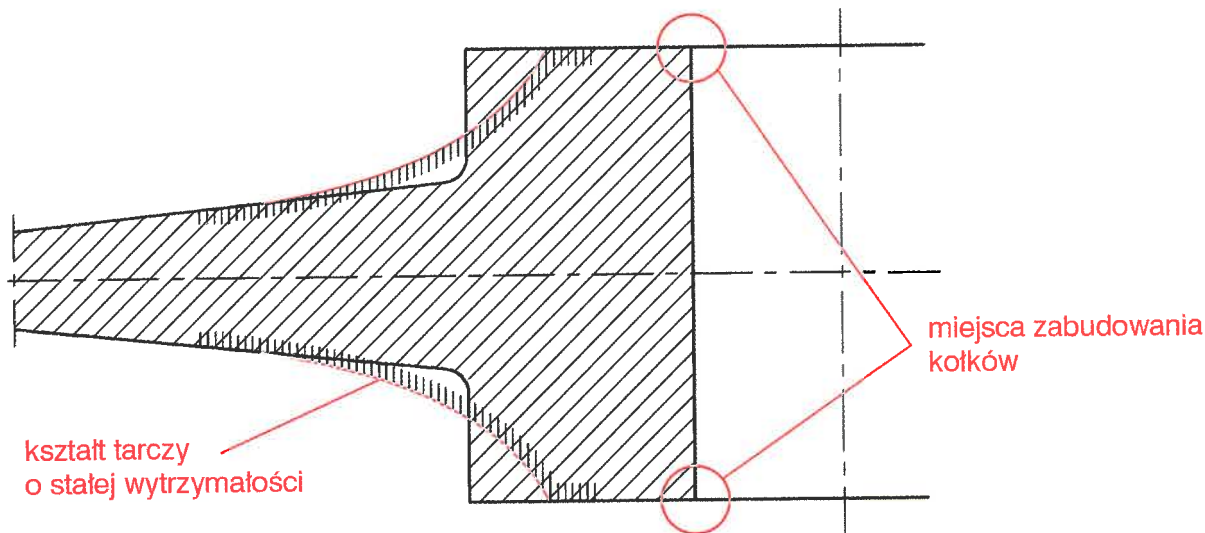
Rys. 18. Tarcza po rekonstrukcji piasty

Pęknięcia tarcz wirnikowych można naprawić przez:

- tulejowanie (rys. 15, 16),
- rekonstrukcją piasty (rys. 17, 18).

Technologia regeneracji tarcz przez tulejowanie polega na tym, że pomimo zmniejszenia wymiarów piasty nie ulega ona osłabieniu. Po roztoczeniu tarczy wraz z istniejącym pęknięciem zostaje usunięty rowek wpustowy, na którym następuje znaczna koncentracja

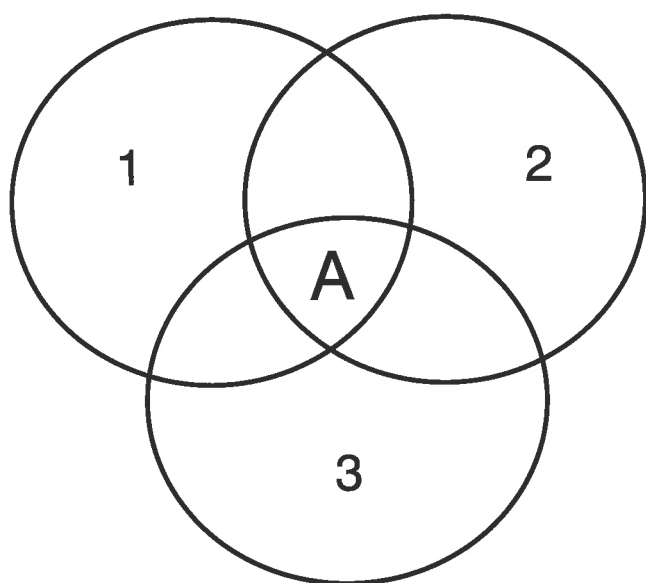
naprężeń osłabiających wytrzymałość tarczy wirnikowej. Nowy rowek wpustowy wykonany zostaje w tulei. Tarcza wirnikowa z tuleją połączona jest przy pomocy kołków osiowych, na zewnętrznych krawędziach piasty, w których występują niższe naprężenia niż w części środkowej (rys. 19). Poza tym kołki usytuowane osiowo w stosunku do piasty dają znacznie mniejszą koncentrację naprężeń niż w typowych rowkach wpustowych.



Rys. 19

Podsumowanie

- Przyczyną powstawania korozji naprężeniowej jest jednoczesne działanie trzech czynników (rys. 20):
 - jakość czynnika (wilgotność, temperatura, czystość),
 - wielkość naprężenia działającego w tarczy (czynniki spiętrzające naprężenia),
 - własności mechaniczne i struktura metalu.



- 1 – wartość naprężeń,
 2 – jakość czynnika,
 3 – jakość metalu,
 A – pęknięcia.

Rys. 20. Schemat powiązania warunków koniecznych dla zaistnienia korozji naprężeniowej [1]

- Terminy i zakres badań diagnostycznych powinny być tak ustalone, aby wykrycie pęknięć na tarczach wirnikowych pracujących w strefie Wilsona nie oznaczało ich dyskwalifikacji z dalszej eksploatacji.
- Odpowiednio wczesne ujawnienie pęknięć powinno gwarantować wykonanie skutecznej naprawy.
- Dotychczas w krajowej energetyce nie są znane przypadki awarii turbiny na skutek opisanych uszkodzeń. W czasie długoletniej praktyki nie było również przypadku, że tarczy nie można było naprawić.
- Naprawione przez tulejowanie tarcze nigdy nie były przyczyną problemów eksploatacyjnych.

LITERATURA:

- [1] *Energetyka*, Biuletyn *Pro Novum*. Tom I. Przegląd artykułów opublikowanych w latach 1991–1997
- [2] Świadectwo Jakości *Pro Novum* nr QC.014.048/2003
- [3] Opinia Techniczna *Pro Novum* nr OT.37.106/2003