



XXXV KONFERENCJA NAUKOWA
Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB
Wrocław - 1989 - Krynica

Leszek CHODOR, Zbigniew KOWAL, Alfred KRZYSTANEK
Politechnika Świętokrzyska, Kielce

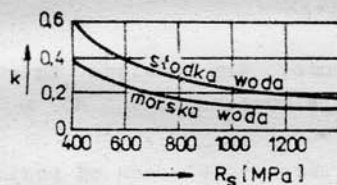
WPLYW SPIĘTRZENIA NAPRĘŻEŃ NA POSTĘP KOROZJI I PĘKANIE
STAŁOWEGO PŁASZCZA KOMINÓW PRZEMYSŁOWYCH

1. Wprowadzenie

W wielu pracach m.in. [2 do 5] pokazano istotny wpływ koncentracji naprężeń, efektu skali wymiarowej, jakości obróbki powierzchni elementów, a także agresywności korozyjnej środowiska na szybkość rozprzestrzeniania się mikropęknięć oraz na wytrzymałość zmęczeniową stali.

Wranglen [1] (1985) omawia mechanizm korozyjnego pęknięcia naprężeniowego, obserwowany w stopach metali przy jednoczesnym działaniu statycznych naprężeń rozciągających oraz korozji lokalnej. Zwraca też uwagę, że interpretacja zjawiska korozji naprężeniowej przy przejściu procesów z przewagą czynników korozyjnych do przewagi czynników mechanicznych jest zwykle niejednoznaczna.

Kogajew i in. [2] zamieszczają, pokazany na rys.1, wykres współczynnika k zmniejszającego wytrzymałość zmęczeniową gładkich laboratoryjnych próbek w zależności od statycznej wytrzymałości stali R_s . Wykres współczynnika k wyznaczono w



Rys. 1

badaniach na zginanie ze skręcaniem przeprowadzonych w wodzie słodkiej (krzywa 1) i morskiej (krzywa 2), przy częstotliwości skręceń próbki 2000-3000 obr/min i bazie 10^7 cyklów.

Współczynnik zmniejszający k wyznaczono jako stosunek

$$k = R_{zm,k} / R_{zm} \quad (1)$$

zmęczeniowej wytrzymałości korozyjnej $R_{zm,k}$ obserwowanej w środowisku korozyjnym do wytrzymałości zmęczeniowej R_{zm} w nieagresywnym powietrzu.

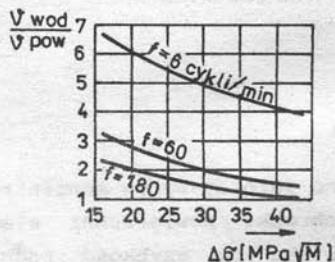
Wpływ korozji na zmniejszenie wytrzymałości zmęczeniowej zwiększa się wraz ze wzrostem statycznej wytrzymałości R_s stali. Wykres współczynnika k wskazuje, że w przypadku zmęczenia stali w środowisku korozyjnym dobór stali o podwyższonej wytrzymałości nie przynosi efektu.

W pracy [3] zaproponowano, aby efektywny współczynnik koncentracji naprężeń K w środowisku korozyjnym przyjmować według formuły:

$$K = K_0 + 1/k - 1, \quad (2)$$

gdzie K_0 jest konwencjonalnym efektywnym współczynnikiem koncentracji naprężeń, natomiast k określone jest formułą (1).

Haagensen [4], na podstawie badań próbek ze stali węglowej, podaje że prędkość rozprzestrzeniania się pęknięć w wodzie jest 10 razy większa niż prędkość propagacji pęknięć na powietrzu.



Rys.2

Peris [5], na podstawie badania mimośrodowo rozciąganych próbek grubości 6.35 mm ze stali stopowej, podaje że prędkość propagacji pęknięć w wodzie zależy od różnicy współczynników intensywności naprężeń w obszarach pęknięć $\Delta\sigma$ oraz częstości obciążenia f . Zależność pokazano na rys.2. Prędkość v_{wod} znacznie zwiększa się przy zmniejszaniu f oraz $\Delta\sigma$.

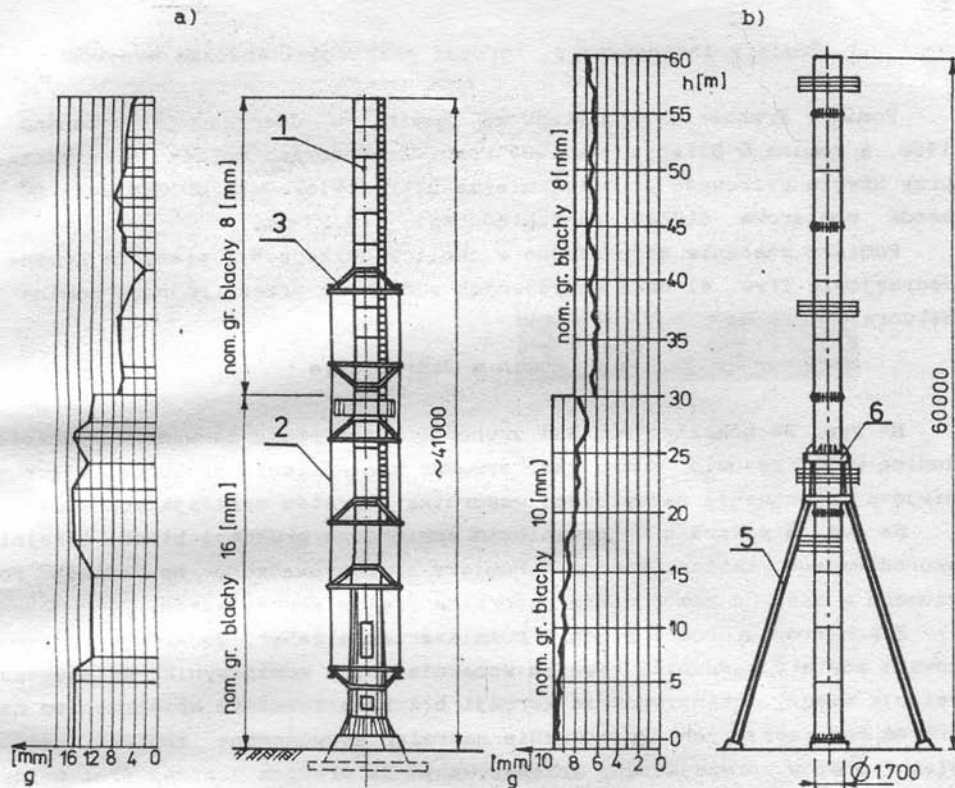
W niniejszej pracy przedstawiono badania postępu korozji blach płaszczy kominów stalowych w miejscach koncentracji naprężeń, sprzężonego z pękaniem blach. Badania grubości blach przeprowadzono na dwóch kominach, eksploatowanych w typowym dla tego typu konstrukcji agresywnym środowisku produktów spalania oddziałującym na nie zabezpieczoną antykorozyjnie wewnętrzną powierzchnię płaszcza.

2. Opis badanych obiektów

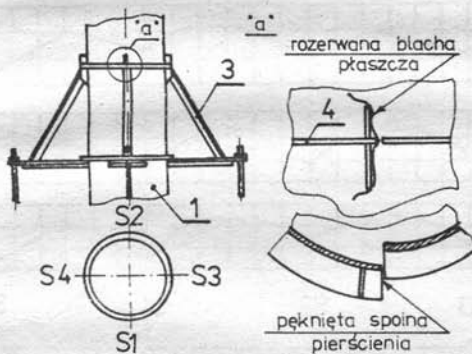
Komin w Jędrzejowie [6] (rys.3a) o wysokości 41m posiada zmienną średnicę zewnętrzną wynoszącą 2,25m przy cokole fundamentu i 1,45 m na wysokości powyżej 14m.

Trzon komina 1 wzmocniono ciągnową konstrukcją sprężającą od poziomu 4 m do poziomu 29 m. Wzmocnienie, założone w roku 1974 po pęknięciu komina na skutek działania wirów Bernada-Karmana, wykonano z czterech prętów okrągłych 2 połączonych z trzonem 1 za pomocą wsporników 3 znajdujących się na pięciu poziomach.

Sposób wzmocnienia był przyczyną uszkodzenia płaszcza komina (rys.4) 1987 roku. Uszkodzenie polegało na pęknięciu kołnierza 4 przy najwyższym wsporniku 3 oraz wyrwaniu płaszcza komina 1 na długości ok.40 cm.



Rys. 3



Rys. 4

Komin w Biłgoraju (rys.3b), wykonany na podstawie typowego projektu opracowanego przez COBPBP "BISTYP" w Warszawie, ma wysokość 60 m i średnicę 1.7 m. Komin zaprojektowany został w postaci samodzielnego przewodu cylindrycznego podpartego na poziomie 26.50m trójnogiem blachownicowym zbudowanym ze słupów 5 o przekroju dwuteowym i pierścienia 6 o przekroju skrzynkowym. Projektowana nominalna grubość blach płaszcza komina miała wynosić 10 mm od poziomu 20.00 m do poziomu 30.00 m oraz 8 mm w pozostałych segmentach. Faktycznie wykonano płaszcz o grubości 10 mm od podstawy do poziomu 30 m.

3. Pomiary intensywności korozji płaszcza i analiza wyników

Pomiary grubości blach płaszcza komin w Jędrzejowie wykonano w 1988, a komin w Biłgoraju w 1989 roku. Zastosowano metodę nieniszczącą przy użyciu cyfrowego grubościomierza ultradźwiękowego UNIPAN 545 LC z sondą pomiarową 4LDF10 o dokładności ± 0.1 mm.

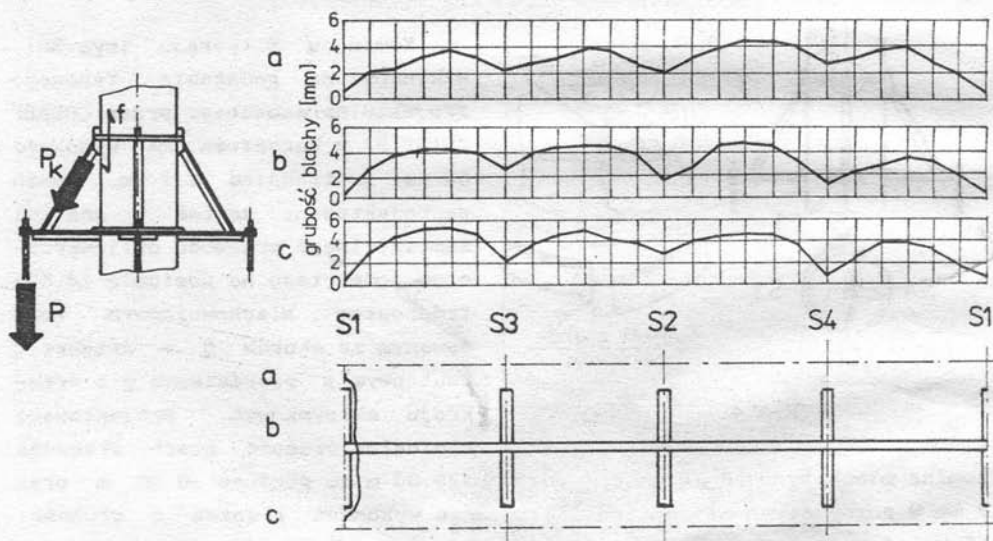
Pomiary znacznie zagęszczono w okolicy uszkodzenia płaszcza komin w Jędrzejowie (rys. 4) oraz w miejscach podparcia przez trójnoży komin w Biłgoraju (rys.6).

3.1. Komin w Jędrzejowie

Na rys. 3a pokazano rozkład grubości blach płaszcza wzdłuż wysokości komin w Jędrzejowie. Można zaobserwować zmniejszenie grubości blach w miejscu zamocowania najwyższego wspornika 3 prętów sprężających komin.

Na rys. 5 pokazano w rozwinięciu pomierzone grubości blach lokalnie skorodowanego płaszcza komin. Pomiary przeprowadzono na trzech poziomach w miejscu zamocowania wspornika prętów sprężających.

Z pomiarów grubości blach i rozmieszczenia żeber, do których przymocowane zostały wsporniki cięgien wzmacniających komin wynika ścisła korelacja między intensywnością korozji blachy a lokalnym spiętrzeniem naprężeń rozciągających. Spiętrzenie naprężeń spowodowane zostało naciąganiem P prętów sprężających, przekazywanym na płaszczyk poprzez pręt wspornika. Siła P w cięgnach wywołana jest wstępnym statycznym naciąganiem cięgien, a także zginaniem trzonu na skutek zmiennego obciążenia wiatrem.

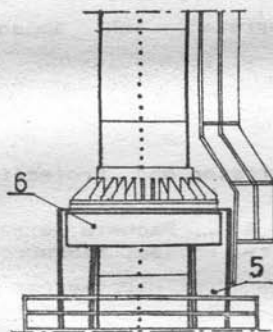
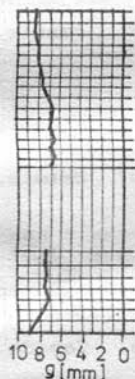


Rys. 5

Istotne znaczenie ma tutaj to, że na statyczne sprężenie P_k pręta nakładały się ciągle drgania podłużne ciągłych wywołane wiatrem oraz trzonu wywołane silnikami napędzającymi cyklony odpylaczy. Urządzenia odpylające umieszczono na związonym z trzonem pomoście na wysokości około 10 m. Drgania te istotnie przyspieszały proces korozyjny doprowadzając do powstania warunków wysokocyklowego zmęczenia korozyjnego blachy przy jednoczesnym działaniu statycznych naprężeń rozciągających.

Wzmoczoną około 2-krotnie korozję zaobserwowano również wokół starego niezasklepionego otworu $\phi 10$, wywierconego w płaszczu kominu w celu pomiaru grubości blach.

3.2. Komin w Biłgoraju



Rys. 6

Na rys. 3b pokazano rozkład grubości blach płaszczu wzdłuż wysokości kominu w Biłgoraju. Można zaobserwować zmniejszenie grubości blach w okolicy podparcia kominu przez trójnogi.

Na rys. 6 pokazano rozkład grubości blach płaszczu kominu w Biłgoraju na wysokości obszaru zamocowania do pierścienia trójnogu. Naprężenia rozciągające blachę płaszczu wywołane są tutaj przede wszystkim parciem wiatru mogącym wywoływać drgania parametryczne.

4. Uwagi i wnioski

W kominach przemysłowych intensywność korozji płaszczu zwiększa się znacznie wraz ze wzrostem lokalnego wyteżenia. Wpływ obciążeń dynamicznych w obecności karbu nie tylko zmniejsza wytrzymałość stali na zmęczenie lecz również istotnie przyspiesza postęp korozji w miejscach spiętrzenia naprężeń. Dodatkowo pojawiają się efekty uboczne nakładające się na zasadniczy proces uszkodzenia płaszczu kominu w postaci lokalnego zginania. Dlatego w trakcie projektowania należy unikać rozwiązań konstrukcyjnych wywołujących koncentrację naprężeń. Generalnie przy wykonaniu kominów należy unikać wprowadzania wszelkich koncentratorów naprężeń (niewłaściwie założone spoiny, otwory technologiczne lub penetrujące).

Na podstawie przedstawionych badań oszacowano globalny współczynnik

$m_k = g/g_{nom}$ intensywności korozji blachy płaszczka nie obciążonej spiętrzeniem naprężeń na: $m_k=0,86$ - dla kominu w Jędrzejowie, $m_k=0,85$ dla kominu w Biłgoraju. Natomiast w miejscach spiętrzenia naprężeń współczynnik ten wynosi: $m_k=0,44$ - dla kominu w Jędrzejowie, $m_k=0,72$ dla kominu w Biłgoraju.

Intensywność korozji w obszarze spiętrzenia naprężeń statycznych połączonych z ciągłymi drganiami podłużnymi kominu w Jędrzejowie jest więc około dwa razy większa niż w płaszczu gładkim. Natomiast w bardziej korzystnych warunkach pracy kominu w Biłgoraju intensywność korozji w miejscu spiętrzenia naprężeń jest około 20% większa niż w płaszczu gładkim.

Badania grubości blach płaszczka kominów istniejących powinny być wykonywane metodami nieniszczącymi bez wykonywania otworów penetrujących i zagęszczane w miejscach przewidywanego spiętrzenia naprężeń.

Duża intensywność korozji stalowych kominów przemysłowych w miejscach lokalnie silnie wyteżonych spowodowana jest wzajemnie sprzężonym wpływem: spiętrzenia naprężeń, ich zmiana w czasie, lokalnego zginania i warunków ciepłno-wilgotnościowych.

LITERATURA

1. Wranglen G., *An Introduction to Corrosion and Protection of Metals*, WNT, Warszawa 1985 (tłum. polskie)
2. Когоаев В. П., Мохутов Н. А., Гусенков А. П., Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность, Москва, Машиностроение, 1985.
3. Когоаев В. П., Расчеты на прочность при напряжениях переменных во времени, Москва, Металлургия, 1975.
4. *Fracture 1977*, 4, Int. Conf. on Fracture, 1977, Waterloo, Canada, Vol.1 to 3, 1977.
5. *Stress Analysis and Growth of Cracks*, ASTM STP. 513, American Society for Testing and Materials, 1972.
6. Chlewicki K., Chodor L., Kowal Z., Malec M., Zabezpieczenie cylindrycznego kominu stalowego przed rezonansem wiatrowym, *Inżynieria i Budownictwo*, 2/1989.

INFLUENCE OF STRESS SWELLING ON CORROSION PROGRESS AND CRACK OF STEEL COVER OF THE INDUSTRIAL CHIMNEYS

Summary

This paper presents the results of an investigation of the influence of stress concentration on the corrosion of steel sheets of the chimney cover. Tests were made on two chimneys functioning in a typical corrosive environment. It is shown that corrosion intensity in tensile stress concentrations, particularly in the presence of changeable load, in time can be several times higher than that in the remaining areas of the chimney cover. It is pointed out that static or dynamic stress concentration areas were already introduced in designing these chimneys. Conclusion and design guidelines are provided.