

DOI: 10.37105/enex.2020.1.1.01

ENGINEERING EXPERT RZECZOZNAWCA



Określenie stanu technicznego ocynkowania ogniowego stalowych trzonów przewodów spalinowych na przykładzie kominów w Oczyszczalni ścieków „CZAJKA” w Warszawie

Leopold KRUSZKA¹ (ORCID ID: 0000-0001-5129-2531)

Andrzej OLAS

Kamil SOBCZYK¹ (ORCID ID: 0000-0002-5929-757X)

¹ Wojskowa Akademia Techniczna, Zakład Inżynierii i Infrastruktury Wojskowej, ul. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, Polska

Autor do korespondencji: kamil.sobczyk@wat.edu.pl

Streszczenie: W pracy wykonano analizę szkodliwości drgań generowanych w wyniku robót z wykorzystaniem sprzętu budowlanego, które następnie zostały przekazane przez podłoże gruntowe na sąsiadujący obiekt budowlany oraz jego użytkowników. Młot pneumatyczny i koparka w trakcie prac budowlanych na wschodnio – północnym odcinku II linii metra generowały drgania mechaniczne, które w niniejszym opracowaniu zostały ocenione zgodnie z wymaganiami zawartymi w polskiej normie PN-B-02170:2016-12 i zestawione z dopuszczalnymi wartościami normowymi. Przedstawiono również metodykę prowadzenia badania z uwzględnieniem opisu i lokalizacji punktu pomiarowego oraz charakterystyką wykorzystanej aparatury pomiarowej.

Słowa kluczowe: drgania, podłoże gruntowe, wpływ na budynek.

Oficjalną wersją publikacji jest wersja anglojęzyczna – posiada DOI. Niniejszy plik jest polskojęzyczną wersją.

Zacytuj ten artykuł w następujący sposób:

Kruszka et al., Determining the technical condition of steel flue gas conduit shafts' hot-dip galvanisation, illustrated with the example of chimney stacks at the 'CZAJKA' sewage treatment plant in Warsaw, Engineering Expert, pp. 1-7, No. 1, 2020, DOI: 10.37105/enex.2020.1.1.01

1. Wprowadzenie

Aktualnie dużą uwagę przykładają się do utrzymania prawidłowego stanu technicznego obiektów o szczególnym znaczeniu w codziennym życiu ludzi. Właściwe zarządzanie i konieczne przeglądy na etapie eksploatacji konstrukcji pełnią kluczową rolę w tzw. cyklu życia obiektu [1-4]. W przypadku wystąpienia lub podejrzenia zaistnienia uszkodzeń elementów wchodzących w skład omawianej konstrukcji należy wykonać ekspertyzę budowlaną dotyczącą stanu techniki w celu określenia istoty problemu oraz zastosowania procedury naprawczej gotowej do wdrożenia i zminimalizowania negatywnych skutków. Do takich obiektów niemilitarnych posiadających status kluczowej infrastruktury można zaliczyć [5] m.in. elektrownie, stacje ujęcia wody, centrale telefoniczne, pompownie gazu ziemnego czy oczyszczalnie ścieków (np. Oczyszczalnia ścieków „Czajka” w Warszawie).

Celem niniejszej pracy jest określenie i analiza stanu technicznego ocynkowania ogniowego stalowych trzonów przewodów spalinowych kominów Oczyszczalni ścieków „Czajka” w Warszawie dla stanu aktualnego w 2010 r., a w szczególności ocena jakości powłoki cynkowej i ocena jakości stali użytej na trzony nośne pracującej w agresywnym środowisku powietrza, w oparciu o dokumentację fotograficzną, Ekspertyzę budowlaną [6] oraz opis wizji lokalnej.

2. Charakterystyka trzonów przewodów spalinowych

Konstrukcja stalowa trzonu nośnego komina z rurami spalinowymi ma wysokość 28 [m]. Trzon nośny posiada średnicę zewnętrzną równą 813 [mm] i ścianki o grubości 8 [mm]. Do jednego trzonu nośnego przymocowane są dwie rury spalinowe. Zaprojektowane i wykonane zostały dwa komplety identycznych zespołów do odprowadzania spalin. Taka koncepcja umożliwia odprowadzanie spalin od czterech agregatów prądotwórczych. Trzony nośne posadowiono na żelbetowych skrzyniach fundamentowych połączonych ze sobą w celu zapewnienia odpowiedniej sztywności przestrzennej. Na budynku zastosowano również odpowiednie zakotwienia podciągów, które dzięki włączeniu do współpracy masy ścian, umożliwiły eliminację drgań przenoszonych od trzonu nośnego. Widok konstrukcji trzonu nośnego komina z rurami spalinowymi przedstawiono na Rys. 1 a-c.



Rys. 1 a-c. Widok konstrukcji trzonu nośnego komina z rurami spalinowymi.

3. Ocena jakości powłoki cynkowej

Do objawów charakteryzujących niewłaściwy stan techniczny powłoki cynkowej zalicza się wysoki stopień skorodowania materiału podpowłokowego. Na Rys. 2 widoczny jest fragment powierzchni trzonu nośnego. Materiał pod powłoką uległ utlenieniu w wyniku wpływu tlenu z atmosfery pod powłokę cynkową - powstały tlenki żelaza w postaci brązowego nalotu, które spowodowały odspojenie powłoki. Jest to korozja równomierna i nie powoduje osłabienia materiału.



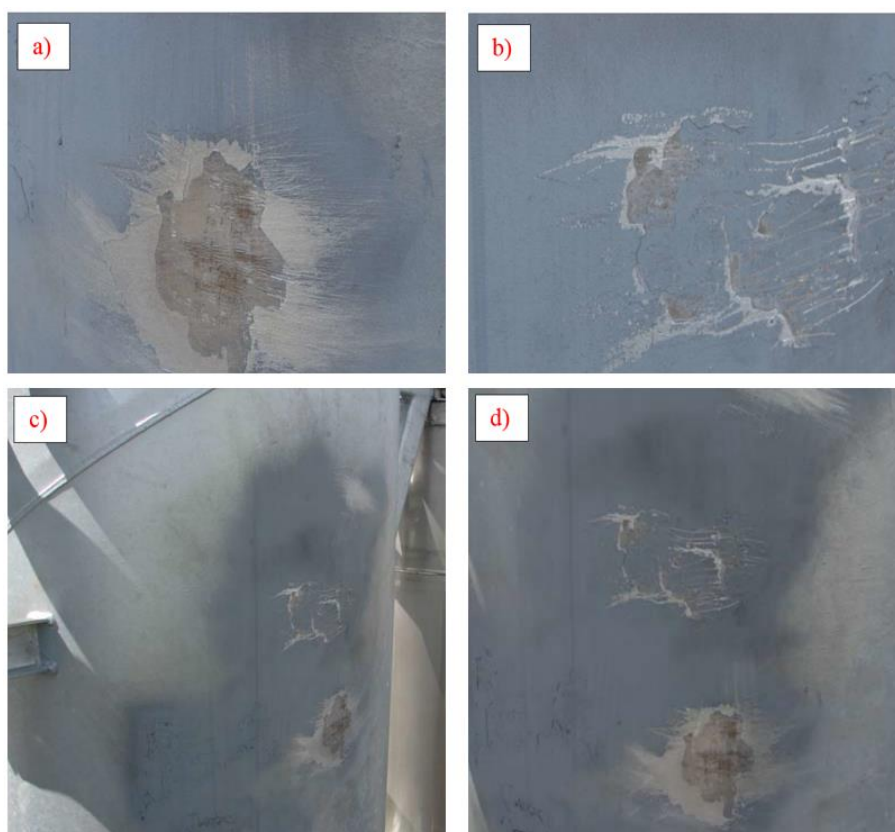
Rys. 2. Utlenienie warstwy wierzchniej materiału pod powłoką w wyniku zerwania warstwy cynkowej (miejsca oznaczone kolorem czerwonym).

Na Rys. 3 widoczny jest źle dobrany kąt fazowania krawędzi kształtownika, który spowodował nierównomierne nałożenie powłoki cynkowej. Skutkiem tego grubość powłoki cynkowej w tym miejscu jest mniejsza niż na gładkiej powierzchni przez co uległa ona uszkodzeniu. Spowodowało to odspojenie materiału powłoki i w konsekwencji korozję warstwy wierzchniej materiału rodzimego w postaci tlenków żelaza.

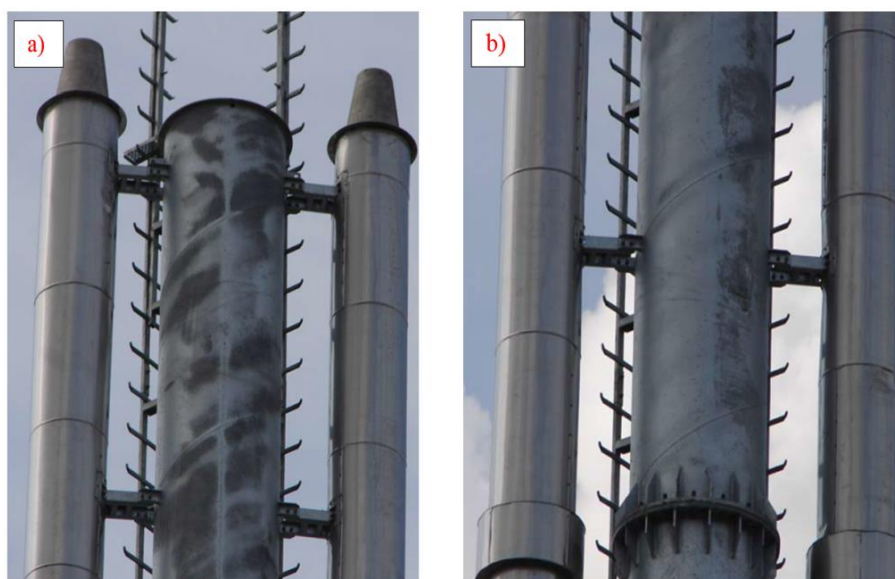


Rys. 3. Początek korozji w postaci utlenienia na krawędzi kształtownika (miejsce oznaczone kolorem czerwonym).

Wady powłoki cynkowej przedstawione na Rys. 2, 4 a-d i 5 a-b są spowodowane tzw. efektem Sandelina. Jest to zjawisko spowodowane złą zawartością krzemu w strukturze materiału podpowłokowego. Widoczne na rys. 4 odspojenia powłoki cynkowej spowodowane są nierównomierną zawartością krzemu w stali lub tzw. efektu łuskania powierzchni walcowanych. Zjawisko łukowania jest wynikiem wad walcowniczych. Pod odspojoną część materiału rodzimego wpłynęła niewielka ilość cynku podczas kąpieli cynkowej. W wyniku powtórnej krystalizacji faz Fe-Zn nastąpiło odspojenie powłoki.

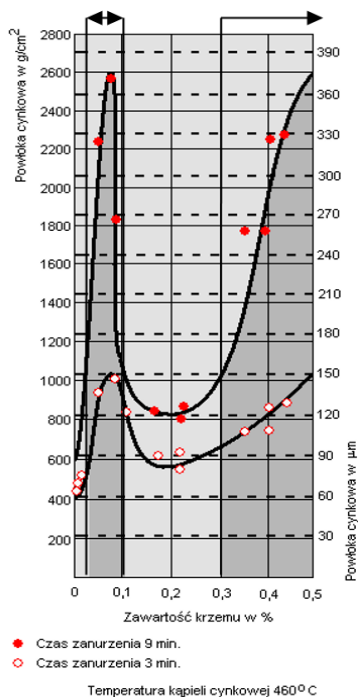


Rys. 4 a-d. Zerwanie warstwy wierzchniej powłoki cynkowej w wyniku lokalnego efektu Sandelina.



Rys. 5 a-b. Zmiana barwy trzonu nośnego w wyniku lokalnego efektu Sandelina.

Wpływ zawartości krzemu na grubość powłoki cynkowej zobrazowany jest za pomocą wykresu Sandelina na rys. 6. Z wykresu wynika, że efekt Sandelina występuje przy zawartości krzemu między 0,03%-0,1% oraz powyżej 0,3%. Przy stalach zawierających krzem, istnieje ryzyko, że reakcja żelazo-cynk przebiegnie szczególnie silnie i udział stopu żelazowo-cynkowego w powłoce cynkowej będzie wyższy niż normalnie. W skrajnym przypadku może zdarzyć się, że powłoka cynkowa będzie składać się ze stopu żelazowo-cynkowego [7-8].



Rys. 6. Wykres Sandelina obrazujący wpływ zawartości krzemu na grubość powłoki cynkowej [8].

Na Rys. 7 przedstawiona jest typowa korozja dla powłoki cynkowej. Jest to rodzaj korozji selektywnej, która obejmuje jedynie twarde cząsteczki cynku znajdujące się w powłoce. Spowodowane jest to obecnością twardego cynku znajdującego się w kąpieli cynkowej. Co pewien okres twarde cząsteczki cynku powinny być usuwane z kąpieli cynkowej. W przeciwnym razie zalegają one na powierzchni powłoki i wchodzą w kontakt z tlenem z atmosfery [7].

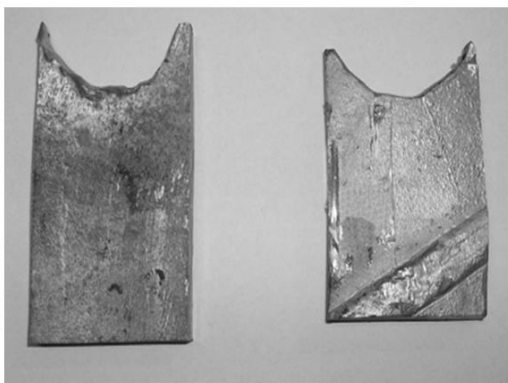
Odrębnym przypadkiem powstawania efektu „białej rdzy” jest niewłaściwe składowanie elementów zaraz po nałożeniu powłoki cynkowej. Elementy powinny być składowane w taki sposób, aby między nimi zachodziła dobra cyrkulacja powietrza do momentu wytworzenia na powierzchni warstwy ochronnej w postaci cynkowej patyny z węglanu cynku [9].



Rys. 7. Efekt tzw. „białej rdzy” na powierzchni powłoki cynkowej.

4. Ocena jakości stali użytej na trzony nośne

W celu określenia jakości stali oraz zawartości poszczególnych składników stopowych przeprowadzono analizę widmową próbek wyciętych z trzonów nośnych (próbki przedstawiono na Rys. 8). W celu określenia zawartości składników stopowych, badane próbki podległy badaniom niszczącym w postaci nadtopienia przez elektrodę pomiarową na spektrometrze Foundry-Master (Rys. 9). Wyniki badania zestawiono w Tabeli 1.



Rys. 8. Próbkę wycięte z trzonów kominowych.



Rys. 9. Spektrometr Foundry-Master.

Tabela 1. Skład chemiczny stali użytej na trzony nośne kominów.

Alloying element	Sample 1	Sample 2
C [%]	0.17	0.12
Si [%]	0.19	0.20
Mn [%]	0.60	0.40
P [%]	0.013	0.012
Cr [%]	0.036	0.030
Mo [%]	0.017	0.012
Ni [%]	0.074	0.061
Al [%]	0.035	0.025
Cu [%]	0.070	0.045

Według danych otrzymanych podczas analizy można stwierdzić, że materiałem użytym na trzony nośne kominów była stal konstrukcyjna zwykłej jakości St3S. Stale te w przeciwieństwie do stali konstrukcyjnej wyższej jakości odróżniają się szerokimi granicami zawartości pierwiastków stopowych. Według analizy zawartość krzemu w próbkach pobranych w dwóch miejscach trzonu jego poziom nie wskazuje na występowanie efektu Sandelina. Jednorodność występowania składników stopowych w stalach grupy St3S nie jest przestrzegana tak rygorystycznie jak w przypadku stali wyższej jakości, stąd różna jej zawartość w różnych miejscach trzonów kominowych i lokalne występowanie efektu Sandelina.

5. Wnioski

W ramach analizy stanu technicznego ocynkowania ogniowego stalowych trzonów przewodów spalinowych kominów Oczyszczalni ścieków „Czajka” w Warszawie dla stanu aktualnego w 2010 r. ujawniono objawy przyspieszonego zużycia technicznego powłoki zabezpieczającej. Powłoka

cynkowa nie spełnia wymogów norm PN-EN ISO 1461 i PN-EN ISO 14713. Skład chemiczny stali użytej na trzony nośne nie jest jednolity w całej strukturze, czego efektem lokalnym jest występowanie efektu Sandelina (różna zawartość cynku) w postaci występowania przebarwień i chropowatości na powłoce. Dodatkowo na powłoce cynkowej występują miejscowe pęcherze, pod którymi znajdują się ogniska korozji stali. Występują również lokalne zjawiska korozji na krawędziach blach oraz pierścieni łączących, co świadczy o złym kącie sfazowania tych elementów. Te zjawiska są rezultatem nieodpowiednio przygotowanej warstwy wierzchniej trzonu przed cynkowaniem (śrutowanie bądź kulowanie) oraz niedostatecznego zabezpieczenia powierzchni powłoki cynkowej (zaraz po nałożeniu) przed oddziaływaniem wody i wilgoci.

Procedura naprawcza w tym przypadku polega na:

- sfazowaniu ostrych krawędzi elementów stalowych;
- ponownym wykonaniu ocynkowania konstrukcji stalowej;
- właściwym zabezpieczeniu ponownie ocynkowanej konstrukcji stalowej przed oddziaływaniem wody i wilgoci.

Podziękowanie

Autorzy pracy dziękują Marcinowi Sokolnickiemu za pomoc w przygotowaniu analizy i oceny zjawisk zachodzących w trzonach przewodów spalinowych.

Literatura

- [1] Frangopol, D., Kim, S. (2019). 'Inspection and Monitoring in Life-Cycle Analysis'. *Life-Cycle of Structures Under Uncertainty*. DOI: 10.1201/9780429053283-2.
- [2] Brito, J., Silva, A. (2020). 'Life Cycle Prediction and Maintenance of Buildings'. *Buildings*, Vol. 10(6):112. DOI: 10.3390/buildings10060112.
- [3] Lu, K., Jiang, X., Yu, J., Tam, V.W.Y., Skitmore, M. (2020). 'Integration of Life Cycle Assessment and Life Cycle Cost using Building Information Modeling: A Critical Review'. *Journal of Cleaner Production*. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125438.
- [4] Nowogońska, B. (2016). 'The Life Cycle of a Building as a Technical Object'. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, Vol. 60(3). DOI: 10.3311/PPci.7932.
- [5] Sobczyk, K., Chmielewski, R., Duda, K. (2018). 'The concept of a prefabricated structure for protection of critical infrastructure facilities'. *Biuletyn WAT*, Vol. LXVII(2):133–143. DOI: 10.5604/01.3001.0012.0979.
- [6] Łowkis, M. (2010). 'Ekspertyza budowlana dotycząca stanu technicznego wykonania ocynkowania ogniowego stalowych trzonów nośnych dla przewodów odprowadzenia spalin w Oczyszczalni ścieków Czajka w Warszawie'.
- [7] Kania, H., Liberecki, P., Podolski, P., Tatarek, A. (2007). 'Przyczyny powstawania wad powierzchniowych powłoki cynkowej na rurach stalowych'. *Hutnik – Wiadomości Hutnicze*, Vol. 74(5):274–278.
- [8] <http://silesiametal.pl/wp-content/uploads/2019/08/EFEKT-SANDELINA.pdf>.
- [9] PN-EN ISO 14713-2. Powłoki cynkowe – Wytyczne i zalecenia dotyczące ochrony przed korozją konstrukcji z żeliwa i stali – Część 2: Cynkowanie zanurzeniowe.