

PODWIESZENIE USZKODZONEJ KONSTRUKCJI DO POBLISKIEGO KOMINA

PIOTR NOAKOWSKI, *p.noakowski@exponent.de*

MARKUS ROST

HOLGER LESZINSKI

Exponent Düsseldorf, Uniwersytet Techniczny w Dortmundzie

Streszczenie: Artykuł omawia niecodzienną metodę zabezpieczenia rozległego elektrofiltra elektrowni w Kolonii zagrożonego runięciem. W celu odżegnanie katastrofy wykorzystano pobliski komin przemysłowy, do którego uszkodzona konstrukcja została podwieszona. Ten stan rzeczy umożliwił bezpieczną reperację filtra. Omówiono stopień awarii, konstrukcję podwieszenia, wytyczenie jej poszczególnych elementów jak i jej ostateczny wygląd.

Słowa kluczowe: konstrukcje przemysłowe, kominy przemysłowe, podwieszenia linowe, rusztowania kominowe.

Awaria Elektrofiltra, rysunek 1

Rozległa konstrukcja stalowa o wymiarach $b/l/h = 20\text{ m}/50\text{ m}/25\text{ m}$ służy w elektrowni miejskiej w Kolonii do oczyszczania spalin z sadzy. Podstawowe elementy nośne filtra są jak następuje:

- dwie podłużne ściany zewnętrzne zespawane z pojedynczych kasetonów $b/l = 9.0\text{ m}/3.0\text{ m}$,
- pięć stężeń pionowych $h = 3.0\text{ m}$ powstałych ze złączenia sąsiadujących kasetonów,
- pięć stężeń poziomych $l = 9.0\text{ m}$ powstałych ze złączenia sąsiadujących kasetonów,
- pięć słupów wewnętrznych $h = 12.0\text{ m}$ wzdłuż ścian podłużnych,
- pięć dźwigarów dachowych, każdy z nich spoczywający na ścianach zewnętrznych i na jednym słupie wewnętrznym.



Rys. 1.1: Usytuowanie w elektrowni (1) Lokata elektrofiltra (2) Sąsiadujący komin

Wskutek eksplozji sadzy w czerwcu 2014 r. część ściany filtra po stronie komina uległa rozerwaniu. Ocena konsekwencji tej awarii jak i opracowanie kroków ku jej rychłemu usunięciu zostały zlecone biurze eksperckiemu Exponent Düsseldorf.

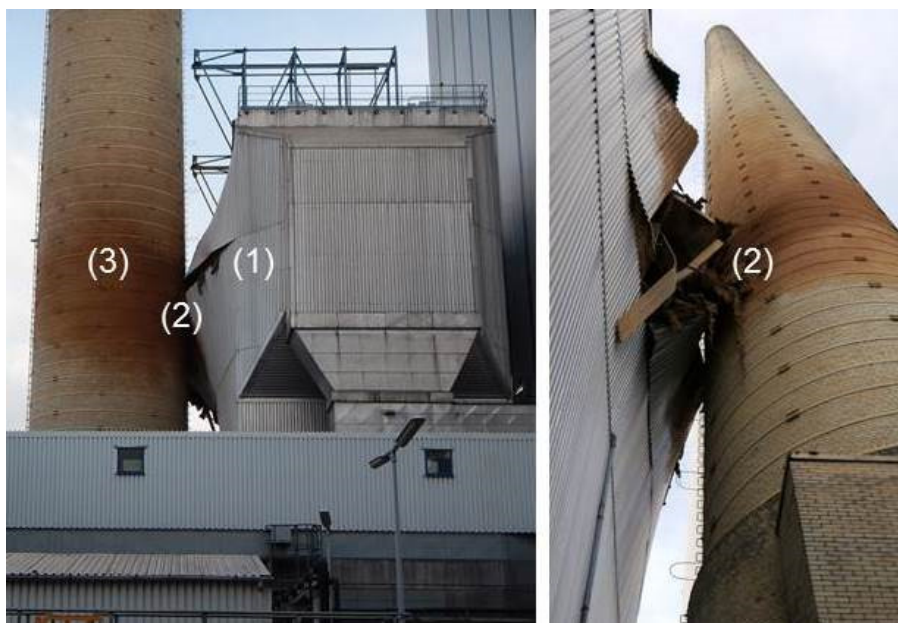
Inspekcje dowiodły, że doszło do następujących osłabień konstrukcji:

- wyrzuczenie stężeń poziomych,
- rozerwanie nośnych stężeń pionowych,
- pochylenie się filtra w kierunku sąsiadującego komina.

Uszczerbki te doprowadziły do następujących zagrożeń nośności konstrukcji:

- pozbawienie dwóch dźwigarów dachowych podpór od strony komina,
- przeciążeniu pewnych słupów środkowych z obawą o ich zgniecenie.

Ponieważ zagrożenia te uniemożliwiały jakiegokolwiek dalsze prace, postanowiono w pierwszej kolejności zadbać o zażegnanie zawaleniem się filtra w okresie jego odbudowy.



Rys. 1.2. Konsekwencje wybuchu sadzy: (1) Rozerwana ściana od strony komina, (2) Pochylenie konstrukcji w stronę komina, (3) Ślady gorącej pary wodnej



Rys. 1.3. Utrata nośności ściany kasetonowej: (1) Wyrzuczenie poziomych żebier usztywniających, (2) Rozerwanie pionowych żebier nośnych

Konstrukcja Podwieszenia, rysunek 2

Idea zabezpieczenia elektrofiltra w czasie jego odbudowy polegała na podwieszeniu go do pobliskiego komina murowanego $h = 130$ m. Myśl ta, bazująca na doświadczeniach [01 do 08], została przekuta w konstrukcję składającą się z następujących elementów nośnych:

- dwa istniejące dźwigary stropu filtra niosące jego wyposażenie wewnętrzne,
- dwa pręty odporowe C200 przymocowane do dźwigarów stropu zabezpieczające filtr przed upadkiem w stronę komina,
- dźwigar poligonowy dociskany do komina 4 sprężonymi linami $\phi 32$ mm,
- osiem wieszaków linowych $\phi 32$ mm podwiązanych na górze do dźwigara poligonowego i na dole do dźwigarów stropu.

Konstrukcja górnego dźwigara poligonowego jest jak następuje:

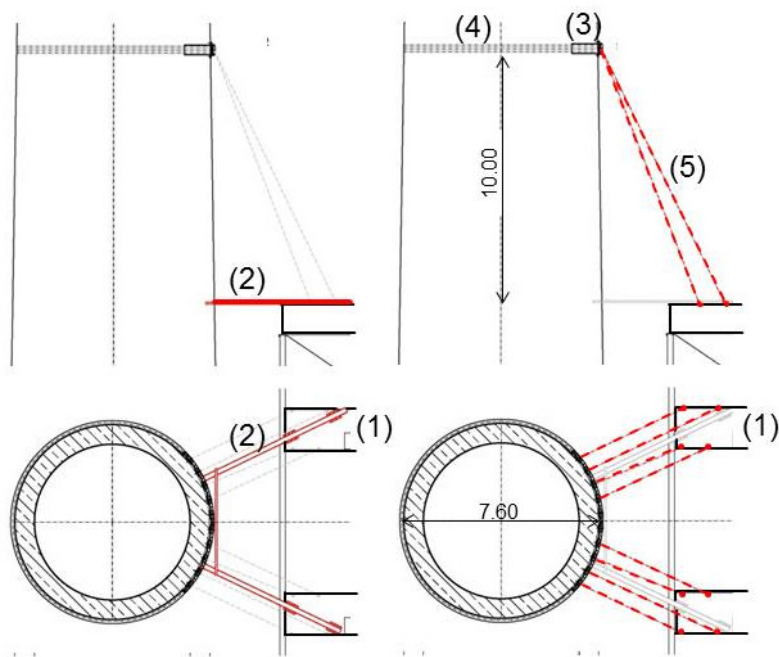
- kątownik podpierający konstrukcję w czasie montażu,
- chwyt pozycjonujący konstrukcję w czasie montażu,
- dźwigar o formie linii łamanej z 10 odpowiednio zespawanych ceowników C400,
- dociski linowe $\phi 32$ mm mocujące dźwigar do komina,
- przepony dźwigara o grubości 20 mm do przymocowania wieszaków linowych,
- podlewka PAGIEL wypełniająca szczelinę 40 mm pomiędzy dźwigarem a ścianą komina.

Konstrukcja podwieszenia została wzniesiona przy wykorzystaniu następujących urządzeń:

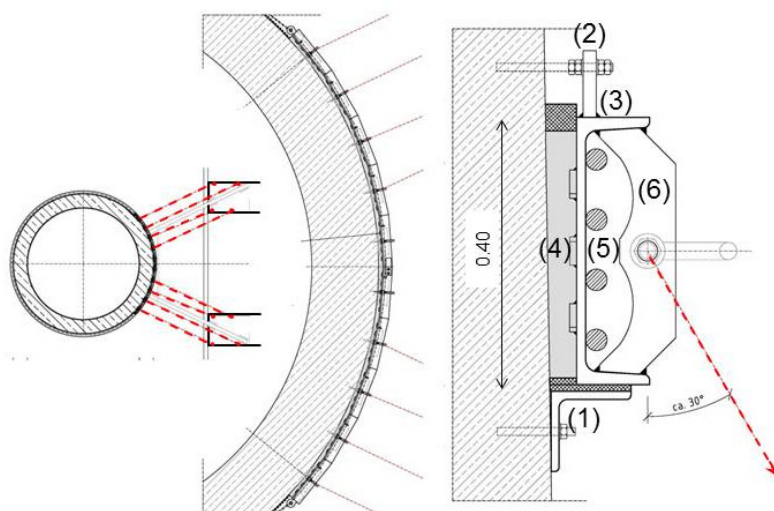
- górne rusztowanie wspornikowe dla montażu dźwigara poligonowego,
- dolne rusztowanie wspornikowe dla montażu prętów odporowych,
- istniejące dźwigary dachowe filtra dla zamocowania wieszaków linowych.



Rys. 2.1. Zasada podwieszenia: (1) Rusztowanie górne dla montażu dźwigara poligonowego, (2) Rusztowanie dolne dla montażu odpór prętowych, (3) Dźwigary stropu dla zamocowania wieszaków linowych



Rys. 2.2. Elementy podwieszenia: (1) Dźwigary stropu filtra, (2) Odpory prętowe, (3) Dźwigar ćwierćpięścienny, (4) Dociski linowe dźwigara, (5) Wieszaki linowe



Rys. 2.3. Konstrukcja dźwigara górnego: (1) Kątownik podpierający konstrukcję, (2) Wieszak pozycjonujący konstrukcję, (3) Dźwigar poligonowy C400, (4) Dociski linowe mocujące dźwigar do komina, (5) Przepona do przymocowania wieszaków, (6) Wylewka łącząca dźwigar z kominem

Wytężenie Podwieszenia, rysunek 3

Zapewnienie bezpieczeństwa elektrofiltra na czas odbudowy polegało na podwieszeniu jego dwóch dźwigarów stropowych do komina w miejscach, gdzie zabrakło ściany zewnętrznej. Każdy z tych dźwigarów niósł siłę 600 kN, na którą składał się jego ciężar własny jak i wyposażenia wewnętrznego filtra. Dźwigary te groziły zawaleniem się w wyniku przeciążenia słupów wewnętrznych. Na podstawie założenia zgniecenia tych słupów ustalono następujące siły obciążające całe podwieszenie:

– obciążenie podwieszenia zastępującego zawaloną ścianę od strony komina $2 \times 600 / 2 = 2 \times 300$ kN.

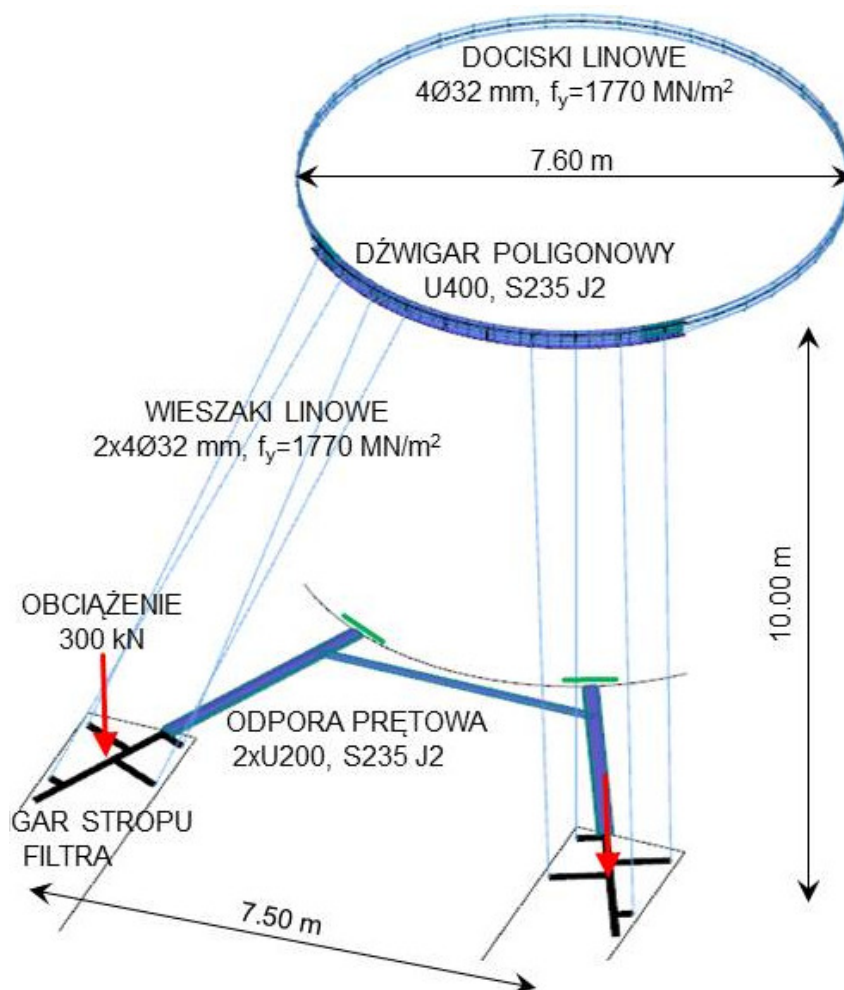
W celu ustalenia wyężenia konstrukcji podwieszenia posłużono się następującym systemem statycznym:

- dźwigar poligonowy z poziomym utwierdzeniem linami i pionowym sprężystym usadowieniu w wylewce,
- 2×4 wieszaki linowe utwierdzone u góry w dźwigarze poligonowym jak i na dole w dwóch dźwigarach stropu filtra,
- dwa pręty odporowe utwierdzone w odpowiednich dźwigarach stropu,
- dwa dźwigary stropu podwieszone do wieszaków linowych i obciążone odpowiednio siłami 2×300 kN.

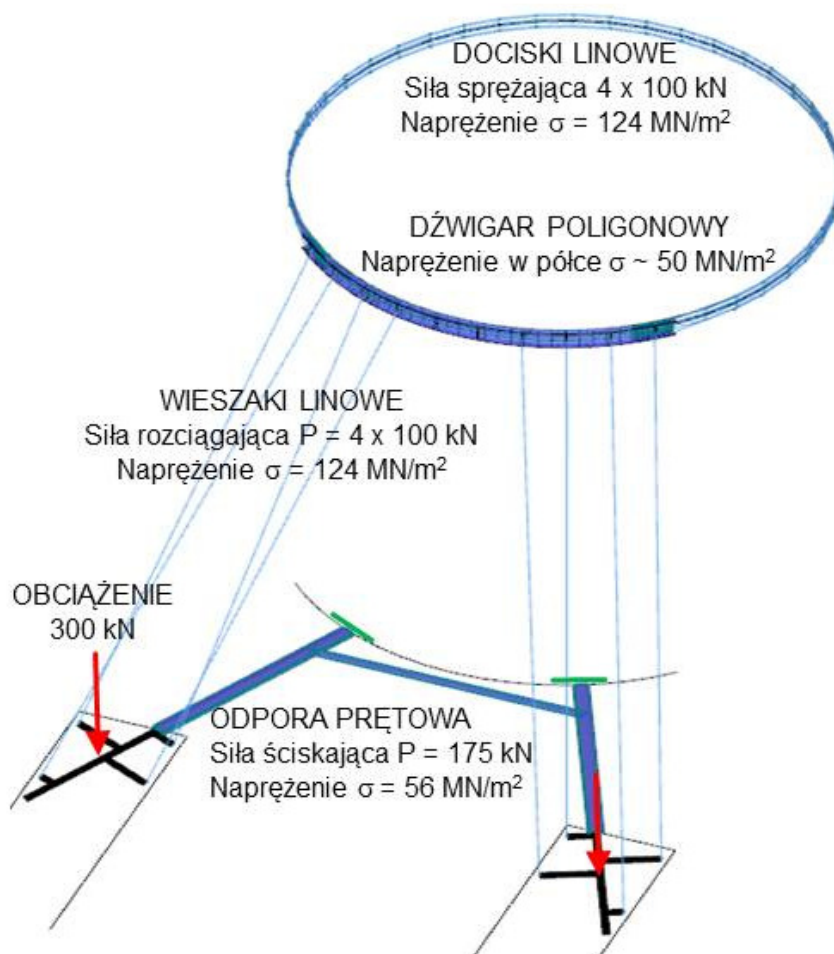
Wyężenia poszczególnych elementów podwieszenia spełniają wymogi nośności:

- liny dociskające $\sigma = 124 \text{ MN/m}^2 < f_y/7 = 1770/7 = 221 \text{ MN/m}^2$,
- wylewka łącząca $\tau = 0.30 \text{ MN/m}^2 < z_{ul}\sigma = 1.0 \text{ MN/m}^2$,
- dźwigar poligonowy $\sigma = 50 \text{ MN/m}^2 < z_{ul}\sigma = 140 \text{ MN/m}^2$,
- wieszaki linowe $\sigma = 124 \text{ MN/m}^2 < f_y/7 = 1770/7 = 221 \text{ MN/m}^2$,
- odpory prętowe $\sigma = 56 \text{ MN/m}^2 < z_{ul}\sigma = 140 \text{ MN/m}^2$.

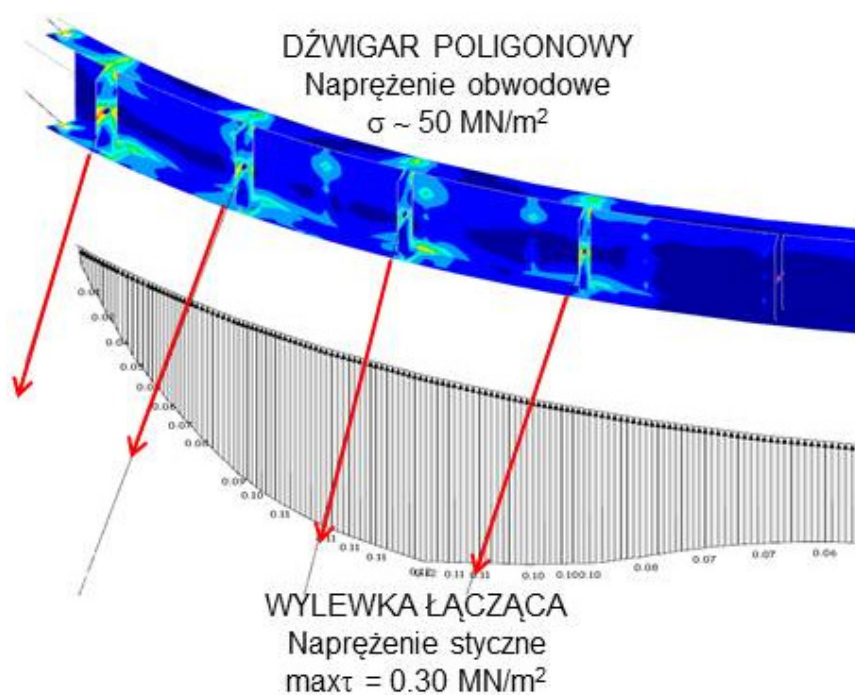
W ten sposób dowiedziono, że podwieszenie jest w stanie zabezpieczyć elektrofiltr przed zawaleniem się w krytycznym przypadku zgniecenia słupów pośrednich.



Rys. 3.1. System obliczeniowy



Rys. 3.2. Wytężenie poszczególnych elementów



Rys. 3.3. Wytężenie dźwigara podwieszenia

Wygląd Podwieszenia, rysunek 4

Widok podwieszenia elektrofiltrow z lotu ptaka można opisać jak następuje:

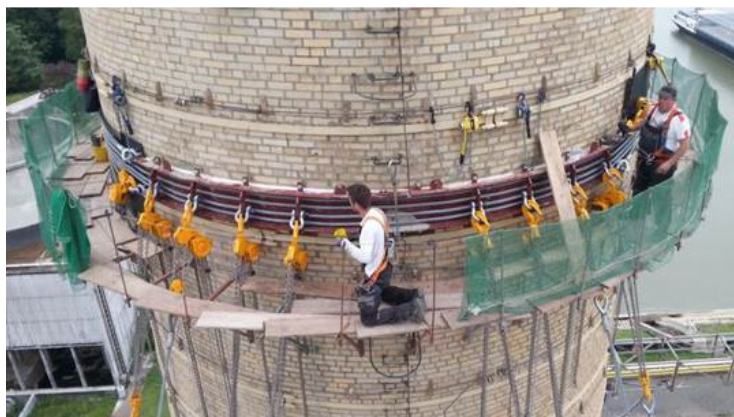
- górny dźwigar poligonowy spięty z kominem czterema linami obejmującymi komin,
- dolny dźwigar stropowy stanowiący część konstrukcji filtra,
- osiem wieszaków linowych spinających konstrukcję filtra z dźwigarem poligonowym na kominie.

Niezakłócony montaż podwieszenia jak i jej niezawodność w trakcie rozbiórki i rekonstrukcji elektrofiltrow dowodzą co następuje:

- montaż – zaledwie trzytygodniowy proces z racji prostoty poszczególnych rozwiązań,
- koszty – jedynie 150.000 € ze względu na niewielką liczbę elementów,
- bezpieczeństwo – wysokie ze względu na duże rezerwy w nośności komina,
- skuteczność – duża dzięki bezkolizyjności poszczególnych prac.



Rys. 4.1. Kompletne podwieszenie elektrofiltrow



Rys. 4.2. Górna część konstrukcji podwieszenia na kominie



Rys. 4.3. Dolna część konstrukcji podwieszenia na elektrofiltrze

Literatura

1. Nieser H., Engel V. Industrieschornsteine. Kommentar DIN 1056, 1986.
2. Noakowski, P. Budownictwo przemysłowe w różnych krajach świata. IV Konferencja Naukowo-Techniczna Budownictwo w Energetyce, Turów, maj 2004.
3. Noakowski P. Zabytkowe kominy fabryczne. VI Konferencja Naukowo-Techniczna REW/INŻ, Kraków, listopad 2004.
4. Noakowski P. Ocena stanu budowli przemysłowych. Księga konferencyjna jubileuszu Wydziału Inżynierii Lądowej PW, grudzień 2005.
5. Noakowski P. Ocena stanu technicznego wybranych budowli przemysłowych. V Konferencja Naukowo-Techniczna Budownictwo w Energetyce, Złotniki Lubańskie, 2006.
6. Noakowski P. Wzmacnianie konstrukcji wieżowych. Konf. Naukowa: Trwałość i skuteczność napraw obiektów budowlanych. Poznań, listopad 2006.
7. Noakowski P., Harling A., Breddermann M., Rost M. Verstärkung von turmartigen Tragwerken. Sonderheft der Bautechnik (2010), Ernst und Sohn.
8. Noakowski P. Close to reality methods for the structural design of towers. Architecture, Civil Engineering, Environment, The Silesian University of Technology, Volume 3/2010.

HOOKING UP OF A DAMAGED STRUCTURE ON A NEARBY CHIMNEY

Abstract: The unique method of saving of a large, collapse endangered electric filter in a Cologne power plant is presented in this paper. To prevent catastrophe a nearby industrial chimney was used to which the collapsing structure had been hooked up. This state of affairs enabled a safe repair of the filter. The damage extent, hooking up structure, loading of its individual elements and its final appearance are talked over.

Key words: industrial structures, industrial chimneys, hooking up by ropes, chimney scaffoldings