

ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCIOWO – SZTYWNOŚCIOWA SPAWANEGO ELEMENTU KONSTRUKCYJNEGO STOPNICY ZE STOPU EN AW-6063

Streszczenie

W pracy przedstawiono analizy numeryczne i wyniki badań doświadczalnych wpływu pęknięcia spawanego cienkościennego aluminiowego węzła konstrukcyjnego stopnicy schodów pojazdu wykonanych ze stopu aluminium EN AW-6063 na jej sztywność. Badania doświadczalne wykazały istotny wpływ sztywności konstrukcji na trwałość połączeń. Analizę wytrzymałościową i sztywnościową analizowanego węzła konstrukcyjnego przeprowadzono według koncepcji słabego ogniwa, którą zweryfikowano doświadczalnie.

WSTĘP

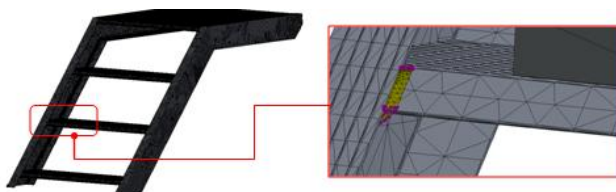
W konstrukcji wybranych samochodów czy pojazdów specjalnych lub na ich wyposażeniu mogą występować schody lub różnego rodzaju podesty. Są to zazwyczaj konstrukcje cienkościennie spawane, wykonane z materiałów lekkich np. stopów aluminium. Elementy te w czasie eksploatacji podlegają obciążeniom zmiennym w czasie mogącym prowadzić do zmęczeniowego zużycia [1-3].

Specyfika zagadnienia trwałości zmęczeniowej złączy spawanych staje się szczególnie widoczna na tle zagadnienia trwałości elementów litych. Istnieje szereg czynników wpływających na trwałość, których występowanie jest charakterystyczne dla tego zagadnienia. Własności zmęczeniowe złączy spawanych cechować może relatywnie duży rozrzut. Tego typu rozrzut w różnym stopniu zaobserwować można również w przypadku złączy wykonywanych w warunkach laboratoryjnych. W pracy zostanie przeprowadzona analiza wytrzymałościowo – sztywnościowa spawanego elementu konstrukcyjnego stopnicy ze stopu EN AW-6063.

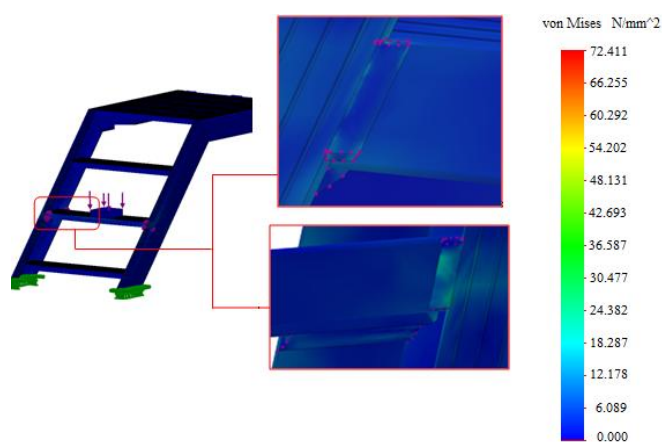
1. ANALIZA WYTRZYMAŁOŚCIOWA Z WYKORZYSTANIEM MES

We wstępnej części analizy konstrukcji przeprowadzono analizy wytrzymałościowe (MES) całej konstrukcji schodów wykonanych za pomocą spawania cienkościennych blach aluminiowych z EN AW-6063 [4]. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń wyznaczono obszary występowania znacznych spiężeń naprężeń w połączeniach spawanych. Analizy wytrzymałościowe (MES) konstrukcji schodów wykonano za pomocą programu SolidWorks Simulation 2010.

Badania wytrzymałościowe modeli numerycznych aluminiowych schodów przeprowadzono dla obciążenie siłą $F = 1,5$ kN równomiernie rozłożoną na pow. 100×100 mm przyłożoną w środku stopnicy schodów. Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono model siatki bryłowej wykonany dla schodów oraz wyniki obliczeń (analiz) wytrzymałościowych metodą elementów skończonych (MES).



Rys. 1. Model siatki bryłowej wykonany dla schodów.



Rys. 2. Naprężenia zredukowane wg hipotezy Hubera-Misesa-Hencky dla modelu schodów – obciążenie wg badanego wariantu

Na podstawie przeprowadzonych analiz wytrzymałościowych (MES) wytypowano do dalszej analizy krytyczny węzeł konstrukcyjny [5-8].

2. BADANIA DOŚWIADCZALNE

2.1. Założenia badawcze

Badania wytrzymałościowe i sztywnościowe analizowanych schodów wykonane zostały według poniższego programu badań:

Badanie próbek schodów dla analizowanego połączenia spawanego prowadzono w konfiguracji obciążenia.

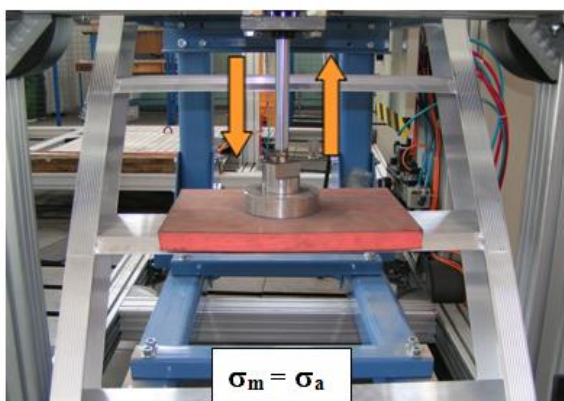
- Wartość amplitudy siły (obciążenia) w cyklu sinusoidalnym $F = 1,5$ kN,
- Liczba cykli – 100 000 szt.
- Liczba próbek: 2 szt.

Badania wytrzymałościowe -zmęczeniowe aluminiowych spawanych schodów przeprowadzone zostały na specjalnie zbudowanym stanowisku badawczym z wykorzystaniem maszyny wytrzymałościowej znajdującej się na wyposażeniu laboratorium IMBiGS. Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Stanowisko do badań cyklicznych elementów rusztowań budowlanych

Badania prowadzono z częstotliwością $f = 0,2$ Hz, w cyklu sinusoidalnym jednostronnie zmiennym odzerowo tętniącym $R=0$ (amplituda naprężenia cyklu równa się naprężeniom średnim cyklu $\sigma_a = \sigma_m$),

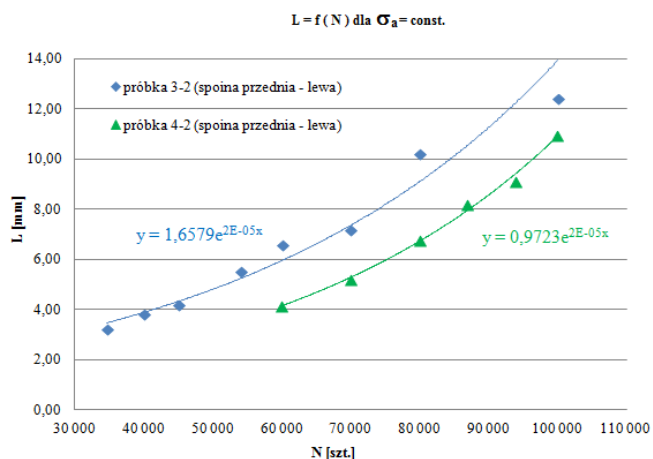


Rys. 4. Schemat przyłożenia obciążenia.

Badaniom zostały poddane dwie przygotowane wcześniej próbki schodów. Dla każdej próbki wykonano następujące pomiary:

2.2. Pomiary powstałego pęknięcia spoiny w funkcji ilości cykli

Na rysunku 5 przedstawiono graficzną wizualizację otrzymanych wyników.

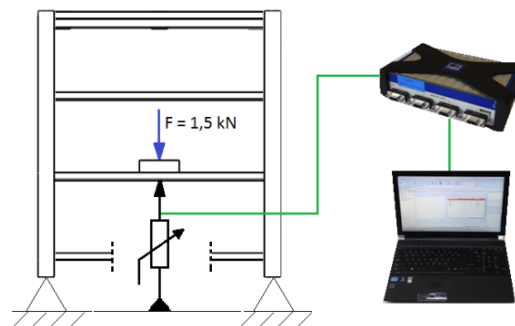


Rys. 5. Wykres długości pęknięcia L w funkcji liczby cykli N – dla przyjętego wariantu obciążenia.

2.3. Pomiar ugięcia stopnia w funkcji ilości wykonanych cykli

W celu wykonania pomiaru ugięcia stopnia został zbudowany tor pomiarowy (rysunek. 6) składający się z następujących elementów:

- Potencjometryczny czujnik położenia PD50 o zakresie pomiarowym 50 mm i rozdzielczości 0,01 mm zamocowany w uchwycie podstawki magnetycznej umieszczonej pod badanym stopniem w miejscu przyłożenia siły F ,
- Uniwersalny wzmacniacz pomiarowy QUANTUM MX440A,
- Komputer PC wraz z oprogramowaniem CatmanEasy v. 3.4.2.



Rys. 6. Elektroniczny tor pomiarowy do pomiaru ugięcia stopnicy.

Wyniki pomiarów ugięcia stopnicy w funkcji liczby cykli dla próbek nr 3-2 oraz 4-2 połączenia spawanego poddanych analizowanemu obciążeniu zostały przedstawione w tabeli 1 natomiast na rysunku 7 przedstawiono graficzną interpretację tychże wyników.

Na rysunku 8 przedstawiono wykres ugięcia stopnicy w funkcji średniej długości pęknięcia spoiny dla próbek 3-2 i 4-2 połączenia spawanego poddanych analizowanemu obciążeniu.

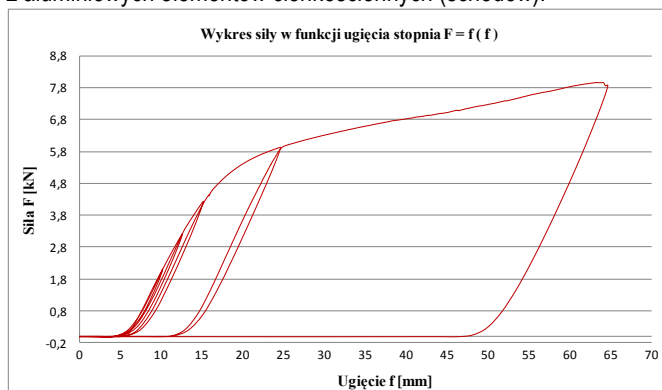
Tab. 1. Wyniki pomiarów ugięcia stopnia dla próbek nr 3-2 oraz 4-2.

Liczba cykli		N [szt.]	0	20 000	40 000	60 000	80 000	100 000
Ugięcie	próbka 3-2	f [mm]	2,800	2,850	3,000	3,420	3,500	3,800
	próbka 4-2	f [mm]	2,539	2,553	2,572	2,581	2,624	2,715

2.4. Badania wytrzymałości statycznej połączeń spawanych

Badania wytrzymałości statycznej połączeń spawanych polegały na określeniu wytrzymałości nominalnej połączeń spawanych w schodach nowych oraz na określeniu zmian wytrzymałości połączeń spawanych w schodach po przeprowadzonych badaniach zmęczeniowych.

Na rysunku 9 przedstawiono przykładowy przebieg próby – badania wytrzymałości statycznej połączenia spawanego konstrukcji z aluminiowych elementów cienkościennych (schodów).



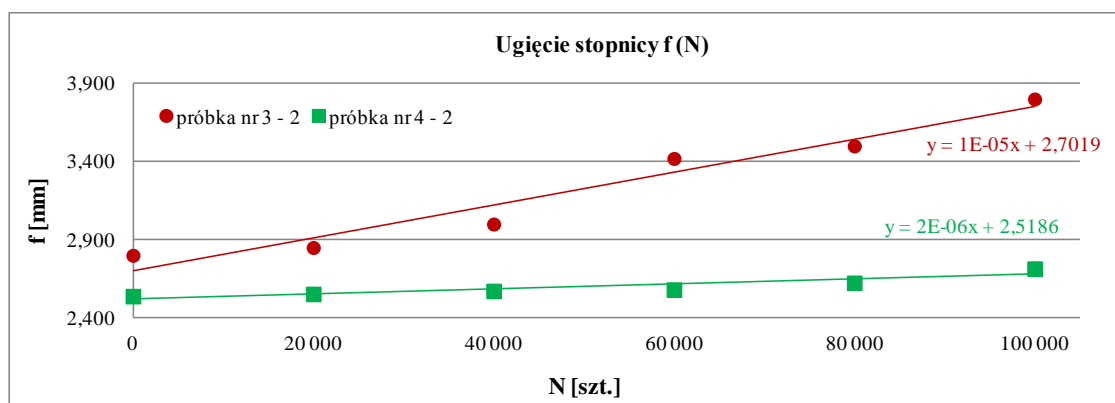
Rys. 9. Przykładowy przebieg próby – badania wytrzymałości statycznej połączenia spawanego.

W prezentowanym przypadku wytrzymałość połączenia spawanego po badaniach zmęczeniowych (100 000 cykli) uległa zmniejszeniu o 6,19% w stosunku do schodów nowych. W przypadku próbek schodów po badaniach zmęczeniowych (30 000 cykli) spadek wytrzymałości połączenia spawanego wyniósł 1,61%.

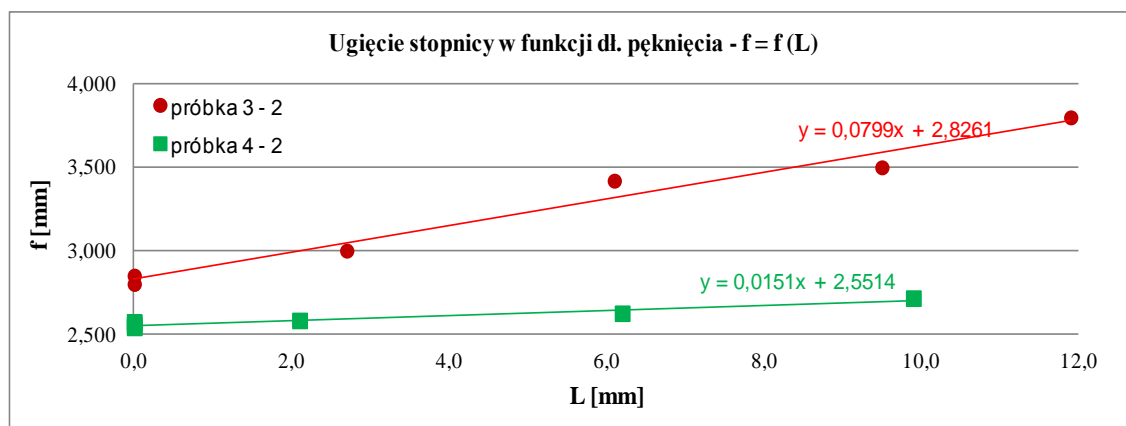
PODSUMOWANIE

- W analizie konstrukcji z cienkościennych elementów aluminiowych ze stopu AW-6063, na przykładzie schodów wykorzystano koncepcję słabego ogniwa. Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz wytrzymałościowych metodą elementów skończonych (MES) konstrukcji wyznaczono obszary występowania znacznych spiężeń naprężeń w połączeniach spawanych,
- Po przeprowadzeniu doświadczalnych badań trwałościowych stwierdzono, że miejsca wystąpienia pęknięć w połączeniach spawanych pokrywają się z obszarami wyznaczonymi w badaniach MES,
- Wyznaczono wpływ obciążeń cyklicznych i powstałych w ich wyniku pęknięć w połączeniach spawanych na tą wytrzymałość. Zmniejszenie wytrzymałości (siły niszczącej) o 1,61% dla konstrukcji po 30 000 cykli obciążeń, oraz o 6,19% po wykonaniu 100 000 cykli obciążeń,
- Badania doświadczalne wykazały istotny wpływ sztywności konstrukcji na trwałość połączeń
- Ze względu na ograniczoną ilość przebadanych próbek badawczych planowane są dalsze badania laboratoryjne w celu dokładnego sprawdzenia opisanego metodyki oceny złączy spawanych,

Wykorzystana w analizie koncepcja słabego ogniwa okazała się skuteczna w analizie zmęczeniowej cienkościennych elementów spawanych.



Rys. 7. Wykres ugięcia stopnicy w funkcji liczby cykli dla próbek 3-2 i 4-2.



Rys. 8. Wykres ugięcia stopnicy w funkcji średniej długości pęknięcia spoiny dla próbek 3-2 i 4-2

BIBLIOGRAFIA

1. Gołaski L., *Elementy doświadczalnej mechaniki pękania*. Politechnika Świętokrzyska, Kielce 1992.
2. Neimitz A., *Podstawy mechaniki pękania*, PWN, Warszawa 1996.
3. Kocańda S., *Zmęczeniowe pęknięcie metali*, WNT, Warszawa 1985.
4. Biegus A., *Obliczanie spoin według Eurokodu 3*, Builder nr 11/2009.
5. Blacha Ł., *Zastosowanie koncepcji najsłabszego ogniwa w obliczaniu trwałości zmęczeniowej stalowych złączy spawanych*, Praca doktorska, Politechnika Opolska, Opole 2013, 8-10.
6. Dębski E., Bruzda J., Zeman M., Lassociński J., Łomozik M., Kubica M., *„Badania niszczące złączy spawanych według norm europejskich”*, Instytut Spawalnictwa, Gliwice 1994.
7. Łagoda T., *„Trwałość zmęczeniowa wybranych złączy spawanych”*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2005.
8. Gołoś K., Jastrzębski M., *Analiza pęknięcia spawanego cienkościennego węzła konstrukcyjnego stopnicy wykonanej ze stopu aluminium EN AW – 6063*, XV Konferencja Mechaniki Pęknięcia, Kielce, 2015.

ANALYSIS OF THE STRENGTH AND STIFFNESS OF THE WELDED CONSTRUCTION NODE OF THE TREAD STRUCTURAL ALLOY EN-AW 6063

Abstract

The paper presents numerical analysis and experimental results of fracture effect of thin-walled welded aluminum stair tread structural node of the vehicle aluminum alloy EN AW-6063 for its rigidity. Experimental studies have demonstrated a significant impact rigidity for fatigue life of the structure. Analysis of the strength and stiffness of the analyzed node construction was carried out according to the concept weak link, which was verified experimentally.

Autorzy:

prof. dr hab. inż. **Krzysztof Gołoś** – Politechnika Warszawska, Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych, ul. Narbutta 84, 02-524 Warszawa, Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, ul. Racjonalizacji 6/8, 02-673 Warszawa

mgr inż. **Maciej Jastrzębski** – Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, ul. Racjonalizacji 6/8, 02-673 Warszawa