

# XVI Konferencja Naukowo-Techniczna

# TKI2022

## TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

18–21 października 2022

### Eksperymentalna analiza wpływu inicjatora przegubu plastycznego na pracę absorbera rurowego poduszki zderzeniowej

Piotr Kędzierski<sup>1</sup>, Michał Stankiewicz<sup>2</sup>, Arkadiusz Popławski<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zakład Wytrzymałości Materiałów i Badań Eksperymentalnych, Wojskowa Akademia Techniczna

<sup>2</sup>Zakład Inżynierii Obliczeniowej i Biomedycznej, Wojskowa Akademia Techniczna

email: kędzierski.piotr@wat.edu.pl, michal.stankiewicz@wat.edu.pl, arkadiusz.poplawski@wat.edu.pl

**STRESZCZENIE:** W prezentowanej pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych pionowego absorbera rurowego poduszki zderzeniowej. Przeprowadzono testy zginania wspornikowego absorbera z inicjatorem przegubu plastycznego oraz absorbera bez inicjatora. Badania prowadzono na dedykowanym stanowisku do zginania wspornikowego, zainstalowanym na maszynie wytrzymałościowej SATEC 1200. Podczas badań rejestrowano siłę oraz przemieszczenie do momentu maksymalnego przemieszczenia stempla, równego 350 mm. Maksymalna siła podczas zginania wyniosła 30,19 oraz 25,16 kN odpowiednio dla absorbera bez i z inicjatorem przegubu plastycznego. Absorber bez inicjatora uległ zniszczeniu od strony włókien rozciąganych podczas gdy absorber z inicjatorem nie został zniszczony, a uległ jedynie silnemu odkształceniu plastycznemu w obszarze inicjatora. Zastosowanie inicjatora przegubu plastycznego w absorberze istotnie wpływa na działanie badanego elementu poduszki zderzeniowej, poprzez zwiększenie ilości pochłanianej energii, obniżenie maksymalnej wartości siły podczas zginania wspornikowego oraz wyeliminowanie przedwczesnego niszczenia absorbera.

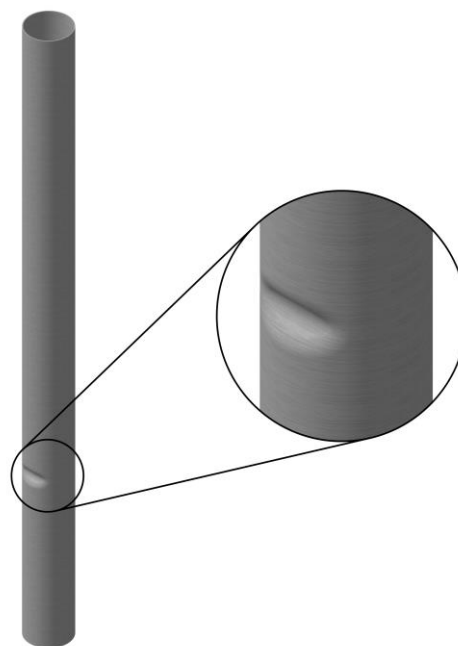
**SŁOWA KLUCZOWE:** zginanie wspornikowe, przegub plastyczny, poduszka zderzeniowa, stal S355

#### 1. Wprowadzenie

Poduszka zderzeniowa to punktowe urządzenie bezpieczeństwa ruchu drogowego pochłaniające energię, które jest montowane przed niepodatnymi przeszkodami w celu ograniczenia intensywności zderzenia. Poduszki zderzeniowe dzieli się na poduszki zderzeniowe nakierowujące i poduszki zderzeniowe nienakierowujące. Poduszki nakierowujące mają za zadanie powstrzymanie pojazdu przed zderzeniem z przeszkodą i zmianę jego kierunku ruchu w przypadku zderzenia bocznego. Poduszki zderzeniowe nienakierowujące mają za zadanie zatrzymanie uderzającego pojazdu bez zmiany jego kierunku ruchu. Podstawowymi elementami poduszek zderzeniowych są absorbery energii najczęściej w postaci rur, poduszek powietrznych, struktur plastra miodu oraz perforowanych listew. Wspólną cechą aktualnie używanych poduszek zderzeniowych jest pochłanianie energii pojazdu na skutek ściskania, zginięcia lub rozcinięcia absorbera w kierunku równoległym do podłużnej osi poduszki. Alternatywnym sposobem dyssypacji energii kinetycznej pojazdu jest zginanie wspornikowe absorbera rurowego zorientowanego pionowo.

Zagadnienie zginania rur jest szczególnie istotne w projektowaniu rurociągów transportujących węglowodory w postaci gazu ziemnego oraz ropy naftowej. W literaturze można odnaleźć wiele prac [1-5], których celem było określenie w sposób eksperymentalny, analityczny lub numeryczny warunków utraty stateczności rur zginanych. Istotniejsze z perspektywy tematyki pracy są publikacje [6-9] traktujące o wyboczeniu rur z lokalnym wgnieceniem poddanych czystemu zginaniu.

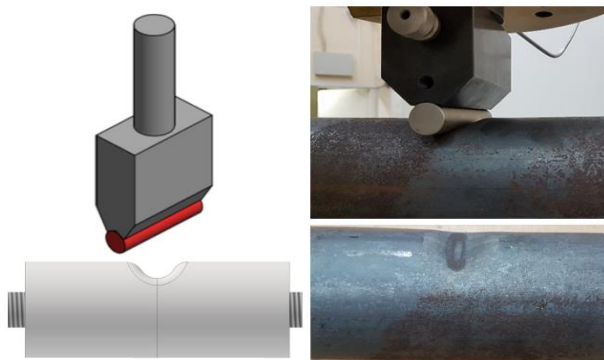
W pracy przedstawiono analizę mechaniczną odpowiedzi absorbera rurowego posiadającego inicjator przegubu plastycznego podczas zginania wspornikowego. Końcowym rezultatem opracowania jest określenie wpływu inicjatora przegubu plastycznego na energochłonność, maksymalną siłę i proces niszczenia absorbera rurowego.



Rys. 1. Absorber rurowy z inicjatorem

## 2. Przedmiot badań

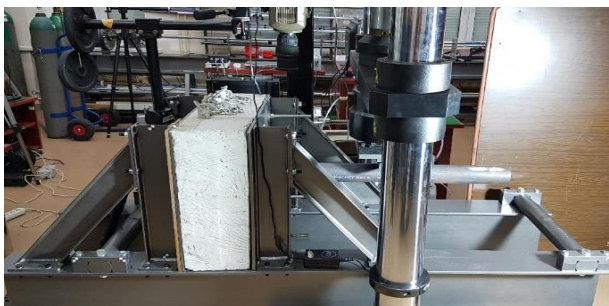
Przedmiotem badań jest absorber w postaci rury o średnicy zewnętrznej 88,9 mm i grubości ścianki 4 mm wykonany ze stali S355 przedstawiony na rys. 1. W dolnej części absorbera znajduje się przetłoczenie pełniące funkcje inicjatora przegubu plastycznego. Proces wykonania inicjatora wraz z wykorzystanym narzędziem zaprezentowano na rys. 2.



Rys. 2. Tłoczenie inicjatora oraz stempel i matryca narzędzia

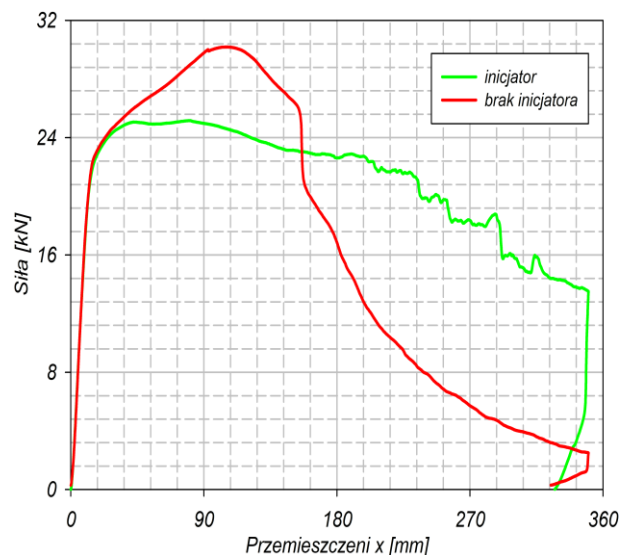
## 3. Badania eksperymentalne

W ramach testów przeprowadzono zginanie wspornikowe absorbera z inicjatorem przegubu plastycznego i bez inicjatora. Badania przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej SATEC 1200 przy stałej szybkości obciążenia równej 100 mm/min. W trakcie prób rejestrowano siłę oraz przemieszczenie tłoka z częstotliwością 10 Hz. W badaniach wykorzystano dedykowane stanowisko do zginania wspornikowego przedstawione na rys. 3. Absorbery kotwiono tulejowo w płycie betonowej o grubości 250 mm. Zginanie prowadzono dla maksymalnego przemieszczenia stempla równego 350 mm.



Rys. 3. Stanowisko do zginania wspornikowego

Przebieg siły w funkcji przemieszczenia stempla przedstawiono na rys. 4. Maksymalna siła podczas zginania wynosiła 30,19 oraz 25,16 kN odpowiednio dla absorbera bez i z inicjatorem przegubu plastycznego. Absorber bez inicjatora uległ zniszczeniu od strony włókien rozciąganych dla przemieszczenia stempla równego 156 mm podczas gdy absorber z inicjatorem nie został zniszczony. Praca zginania absorbera bez i z inicjatorem wynosi odpowiednio 5,7 oraz 7,3 kJ.



Rys. 4. Siła w funkcji przemieszczenia – eksperyment

## 4. Podsumowanie

Przeprowadzona analiza wykazała, że obecność inicjatora przegubu plastycznego zapobiega przedwczesnemu niszczeniu absorbera, zwiększa ilość pochłanianej energii oraz obniża maksymalną wartość siły podczas zginania wspornikowego. Opisany wpływ jest korzystny z perspektywy zastosowania absorberów rurowych w poduszkach zderzeniowych słupkowych.

Praca została wykonana w ramach projektu Nr LIDER/28/0108/L-11/19/NCBR/2020 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

## Literatura

- [1] Yudo H., Yoshikawa T., *Buckling phenomenon for straight and curved pipe under pure bending*, Journal of Marine Science and Technology, Vol. 20, No. 1, pp. 94-103, 2015.
- [2] Gresnigt A. M., Van Foeken R. J., *Local Buckling of UOE and Seamless Steel Pipes*, Proceedings of the 11th International Offshore and Polar Engineering Conference, Stavanger 2001.
- [3] Hauch S., Bai Y., *Bending moment capacity of pipes*, Proceedings of 18th International Conference On Offshore Mechanical and Arctic Engineering, St. Johns 1999.
- [4] Ji L. K. i in., *Apparent strain of a pipe at plastic bending buckling state*, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, Vol. 37, No. 6, pp. 1811-1818, 2015.
- [5] Zheng M. i in., *On the evaluation of the plastic buckling of pipeline bending*, International Review of Applied Sciences and Engineering, Vol. 8, No. 1, pp. 25-35, 2017.
- [6] Limam, A. i in., *On the collapse of dented tubes under combined bending and internal pressure*, International Journal of Mechanical Sciences, Vol. 55, No. 1, pp. 1-12, 2012.
- [7] Yuan L. i in., *Buckling of dented bi-material pipe under bending Part I: Experiments and simulation*, International Journal of Solids and Structures, 2022.
- [8] Azadeh M., Taheri F., *On the response of dented stainless-steel pipes subject to cyclic bending moments and its prediction*, Thin-Walled Structures, Vol. 99, pp. 12-20, 2016.
- [9] Wang J. i in., *Ultimate strain capacity assessment of local buckling of pipelines with kinked dents subjected to bending loads*, Thin-Walled Structures, Vol. 169, 108369, 2021.