



Instytut Transportu Samochodowego
Zakład Homologacji i Badań Pojazdów

Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN
Zakład Mechaniki Doświadczalnej



MECHANICZNE URZĄDZENIA SPRZĘGAJĄCE W TEŚCIE TRWAŁOŚCIOWYM

Tadeusz Szymczak^{a)}, Adam Brodecki^{b)}, Zbigniew L. Kowalewski^{c)}

^{a)} tadeusz.szymczak@its.waw.pl, ^{b)} abrodec@ippt.pan.pl, ^{c)} zkowalew@ippt.pan.pl



Plan prezentacji

- Samochody specjalne wyposażone w MUS
- Aparatura badawcza i pomiarowa do testowania MUS
- MUS pod działaniem obciążenia zmęczeniowego
- Podsumowanie

SAMOCZODY SPECJALNE WYPOSAŻONE W MECHANICZNE URZĄDZENIE SPRZĘGAJĄCE

Zaczep kulowy, rama wychylna, rama stała, wysięgnik holowniczy

Pojazd specjalny wyposażony w MUS

Wykorzystanie stali wysokowytrzymałej (S700MC)

ZP100-C1, nr 17023, Mercedes-Benz Actros / Smart

www.tevor.pl



Rama wychylna wsparta siłownikami hydraulicznymi z zaczepem kulowym klasy A50-X

Pojazd specjalny wyposażony w MUS

ZP50-C1, nr 16048, MAN / Smart



Rama stała z zaczepem kulowym klasy A50-X

www.tevor.pl

Pojazd specjalny wyposażony w MUS

Wykorzystanie stali wysokowytrzymałej (S700MC)

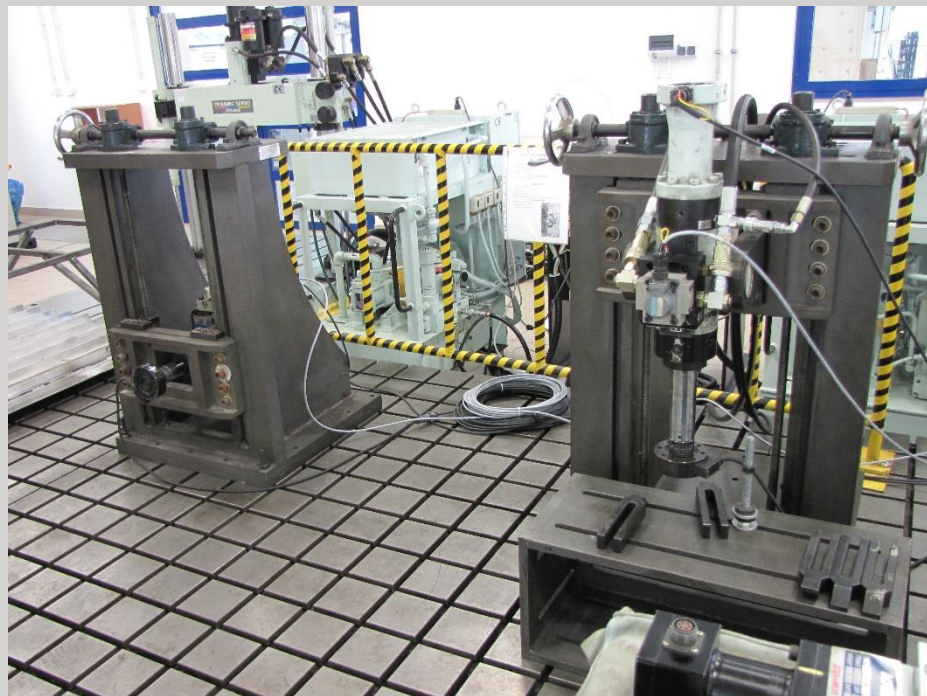
ZP40-C1, nr 17022, Volvo / Effect



Wysięgnik holowniczy hydrauliczny z widłami transportowymi i kulą zaczepową klasy A50-X

APARATURA BADAWCZA I POMIAROWA

Platforma badawcza do prób stanowiskowych



Płyta z rowkami typu T, siłowniki Saginomiya



Stanowisko operatora



Kontroler cyfrowy (zasilający),
zasilacz hydrauliczny

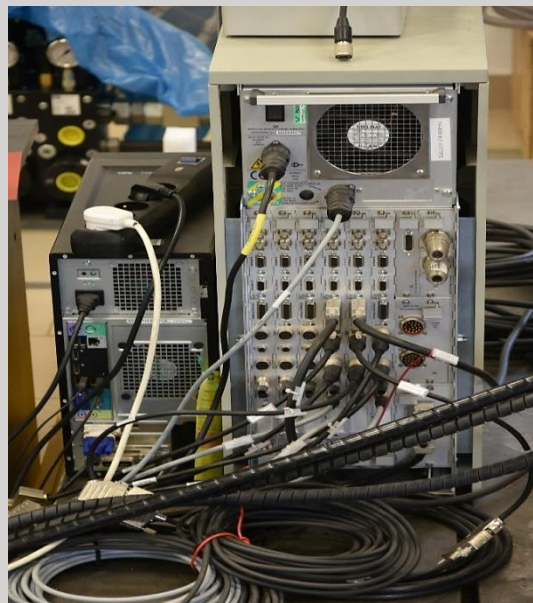


Platforma badawcza do prób stanowiskowych

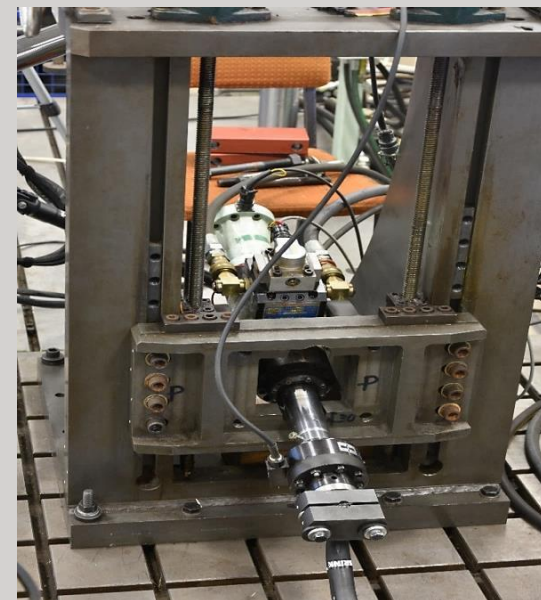
Cyfrowy kontroler IST Siłowniki Saginomiya: ± 5 kN oraz ± 30 kN



Widok z przodu



Widok z tyłu



Siłownik ± 30 kN

PONTOS 5M – system DIC



Punktowe pomiary parametrów kinematycznych: przemieszczenie, prędkość, przyspieszenie w 3D

4M: 2352×1728 px

5M: 2448×2050 px

12M: 4096×3072 px

HS: 1280×1024 px, przy wysokiej częstotliwości zapisu wyników –

500 do 4000 Hz

Kamera CCD



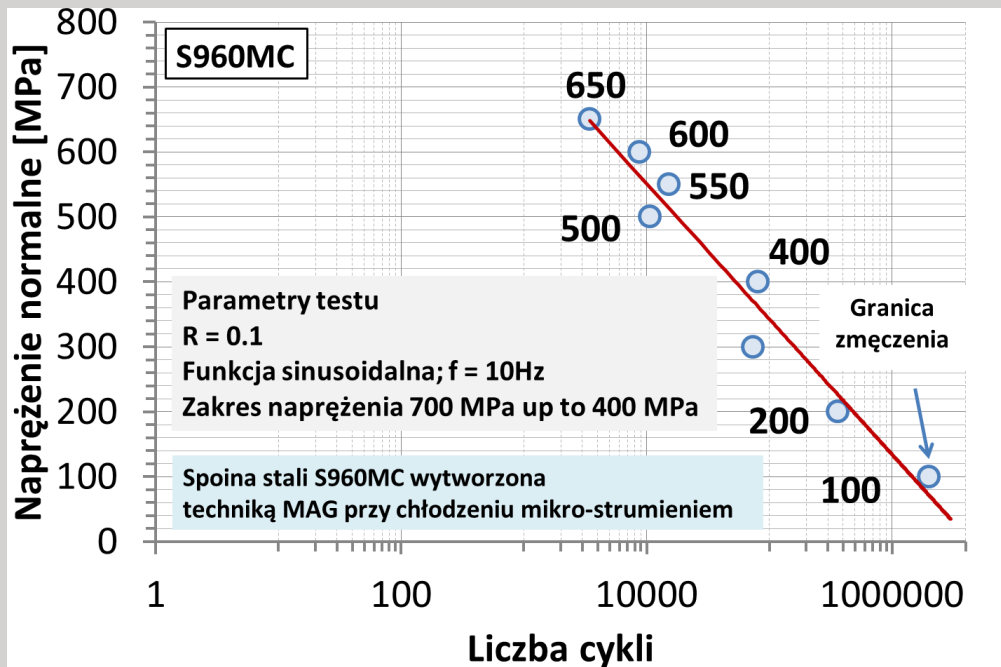
Kamera CCD



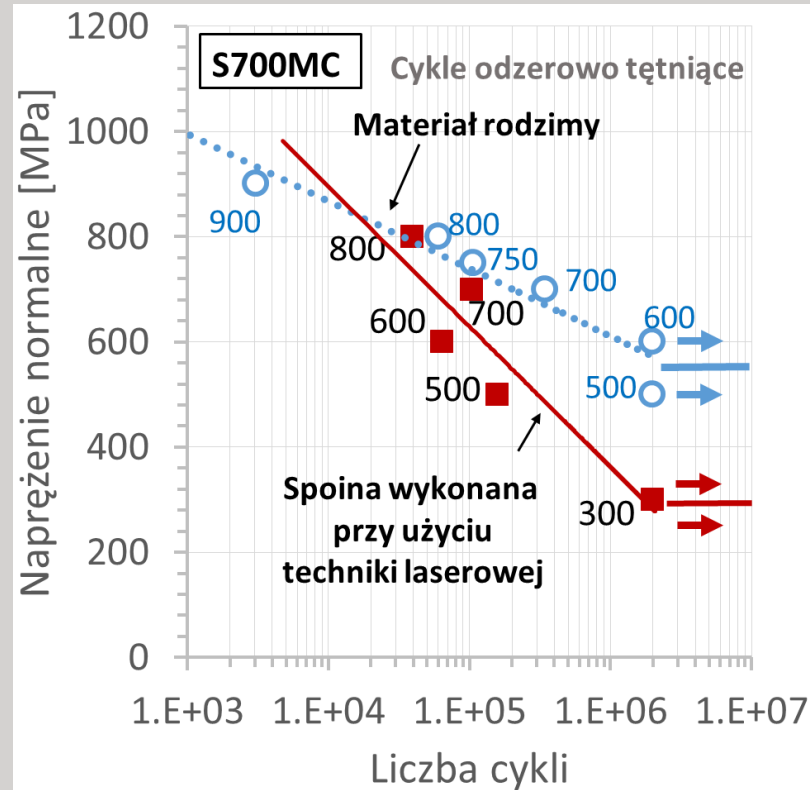
MECHANICZNE URZĄDZENIA SPRZĘGAJĄCE POD DZIAŁANIEM OBCIĄŻENIA ZMĘCZENIOWEGO

Zmęczenie, parametry techniczne, szczegóły prób,
zachowanie komponentów

Zmęczenie stali wysokowytrzymałej



Stal martenzytyczna



Stal bainityczno-ferrytyczna

Definicja i cechy charakterystyczne zaczepów kulowych



Adapter mechanicznego urządzenia sprężającego z zaczepem kulowym klasy A50-X, blokowany i odblokowywany mechanicznie z użyciem trzpienia, przeznaczony do samochodu typu SUV (z rynku amerykańskiego)



Definicja i cechy charakterystyczne zaczepów kulowych



Tabliczka znamionowa zaczepu kulowego
klasy A50-X do samochodu dostawczego

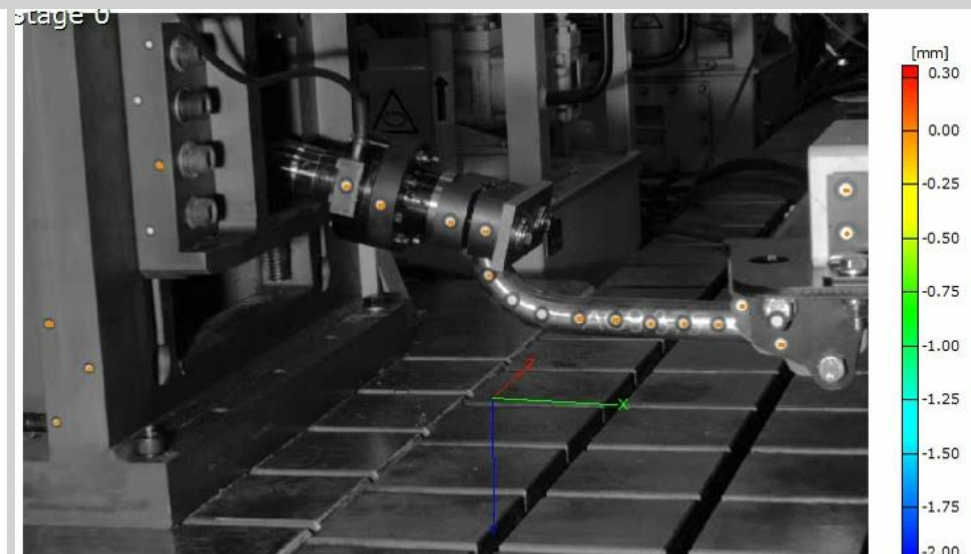
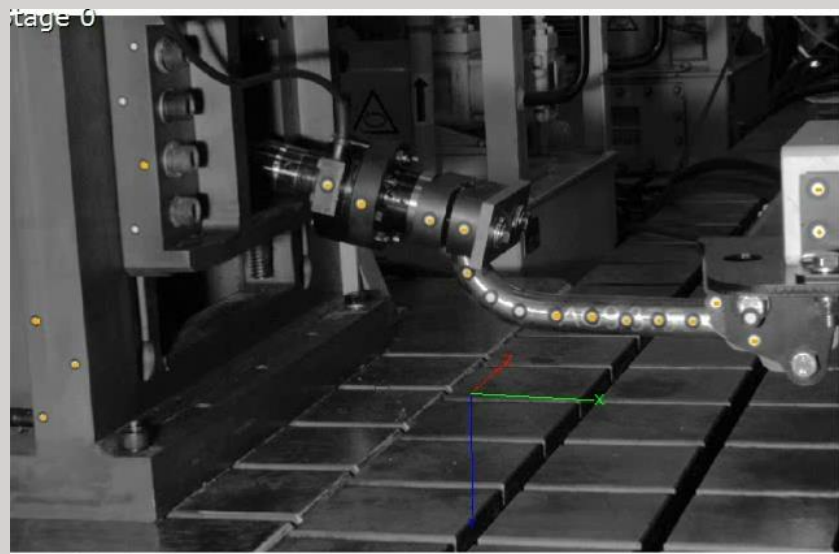
Tabliczka znamionowa zaczepu kulowego klasy A50-X
do samochodu osobowego o DMC 3.5t

Badania zmęczeniowe

Regulamin 55 ONZ



Zaczep kulowy klasy A50-X do samochodu typu SUV w badaniu z użyciem DIC



Film

Rama stała

- a. Kąt przyłożenia siły = $15 \pm 1^\circ$
- b. Amplituda sygnału siły = $\pm 18.6 \text{ kN}$
- c. Częstotliwość sygnału siły: 6 Hz
- d. Liczba cykli 2×10^6

Mocowanie zaczepu kulowego
do tylnej belki



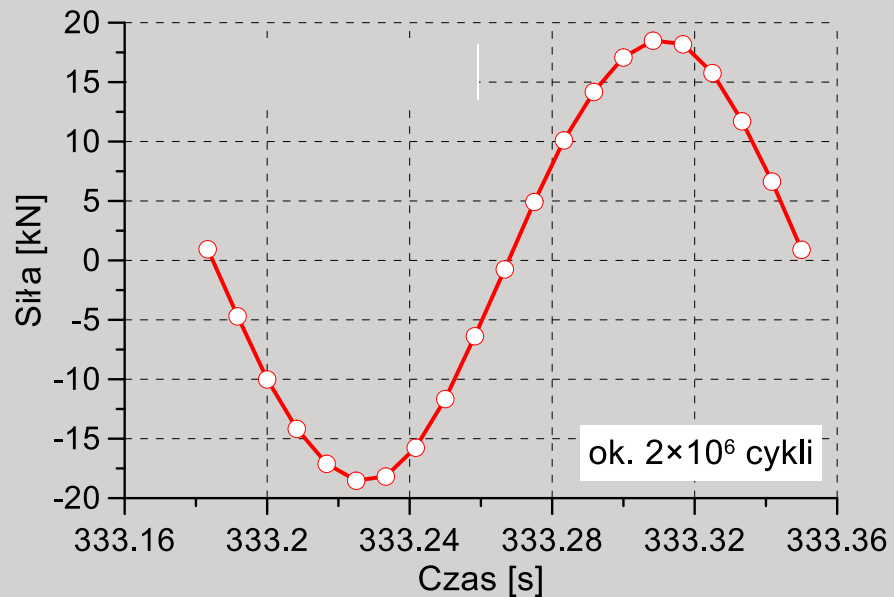
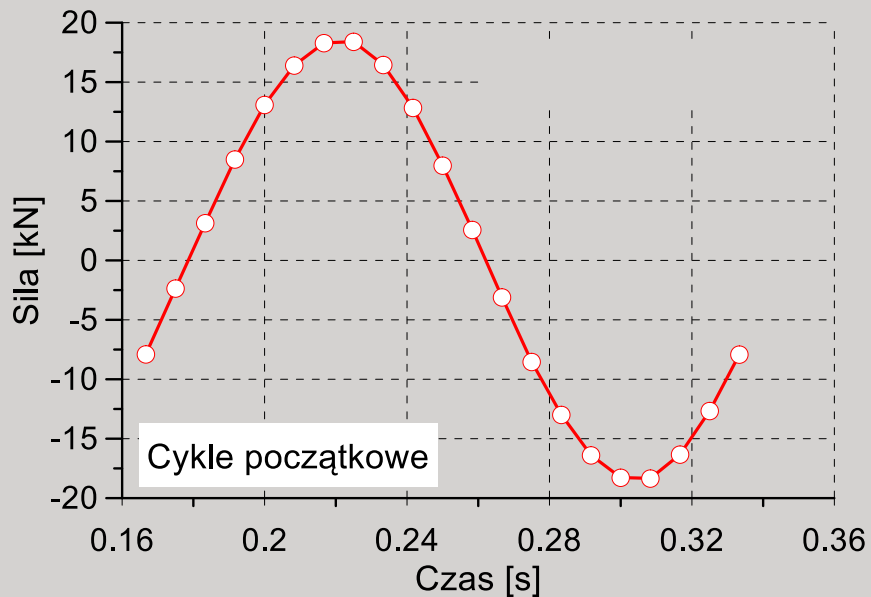
Zaczep
A50-X



Rama na platformie badawczej z rowkami typu T



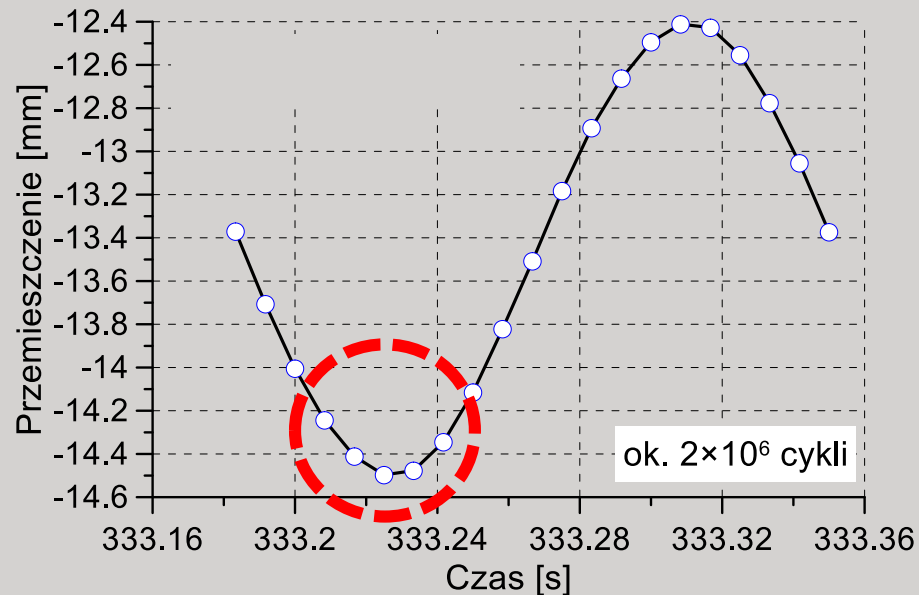
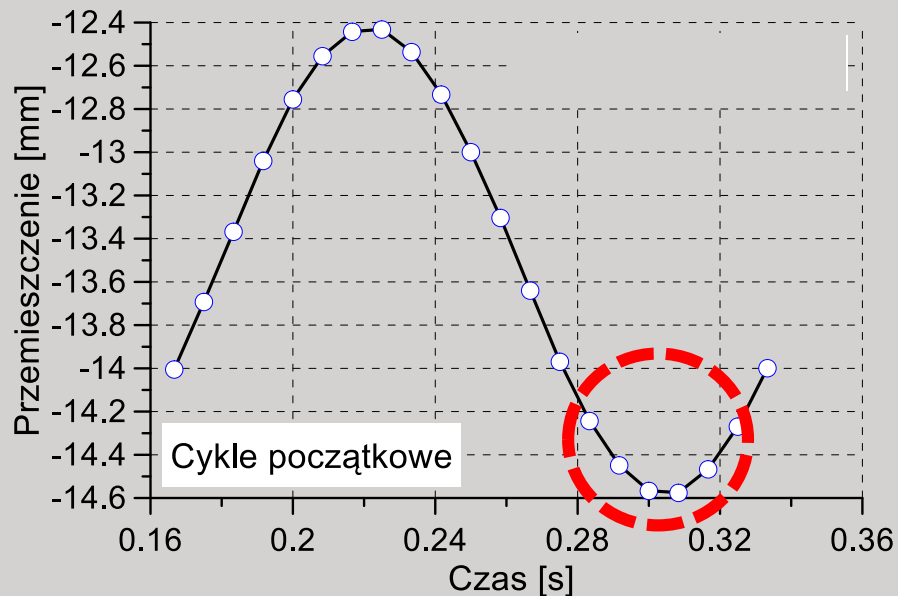
Przebiegi siły – sygnał sterujący



Rama stała

Przebiegi przemieszczenia – reakcja konstrukcji

Rama stała

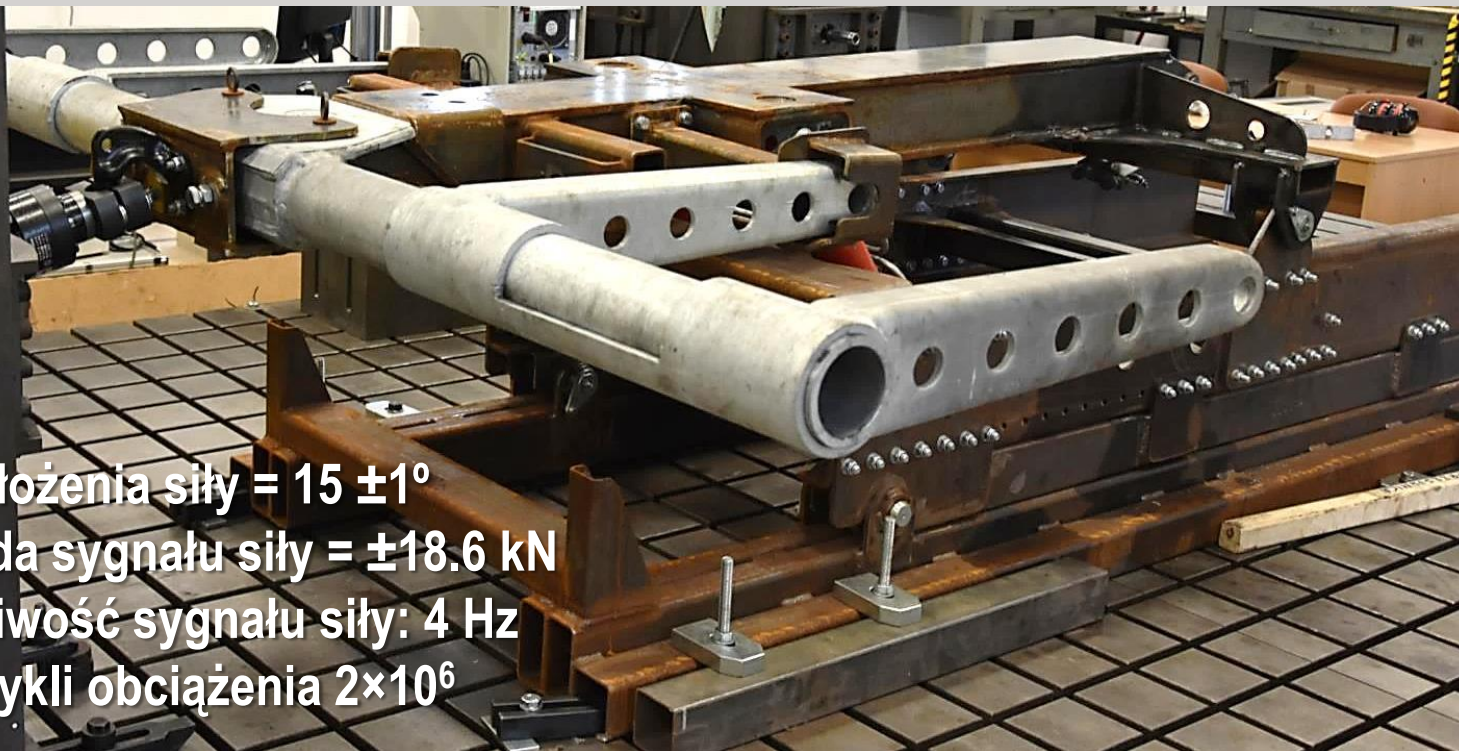


Wartość minimalna przemieszczenia uległa zwiększeniu jedynie o 0.1 mm

Obiekt badań – wysięgnik holowniczy



VID_20170428_122451.mp4

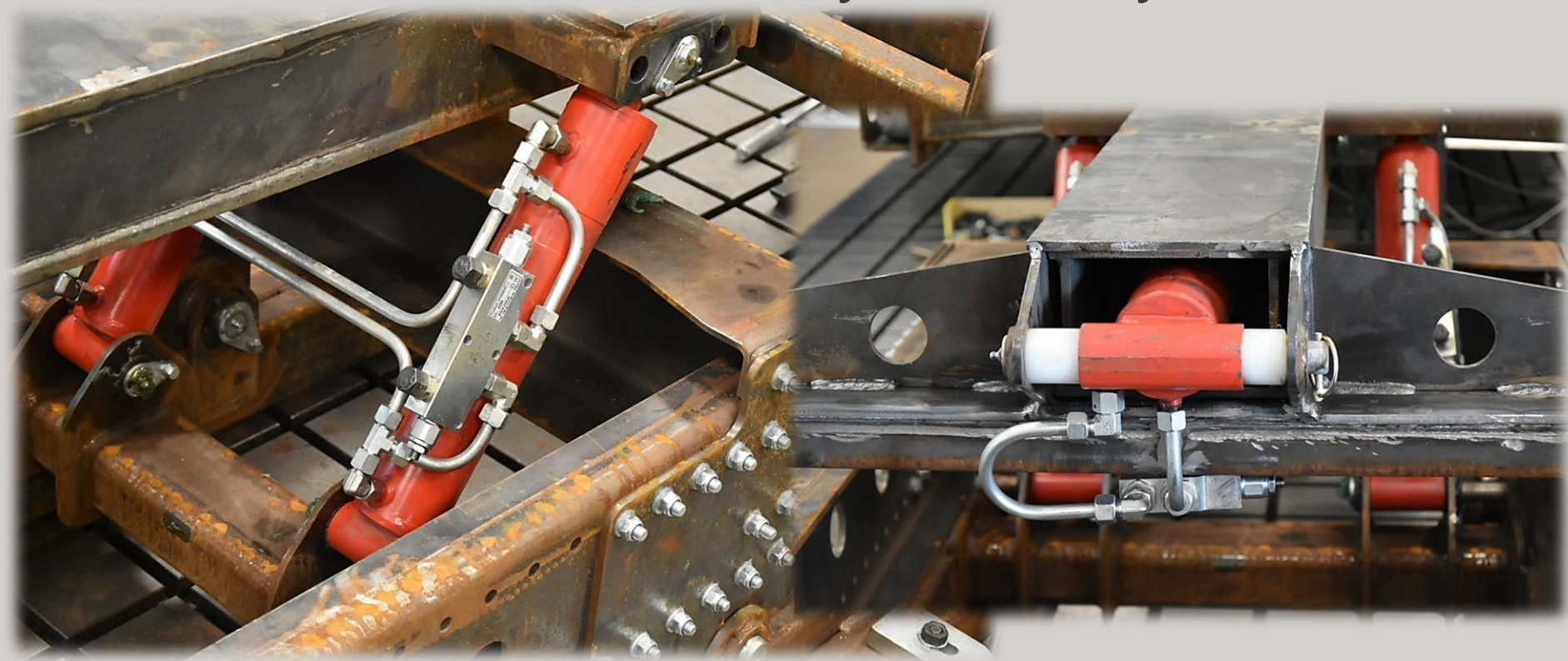


- a. Kąt przyłożenia siły = $15 \pm 1^\circ$
- b. Amplituda sygnału siły = $\pm 18.6 \text{ kN}$
- c. Częstotliwość sygnału siły: 4 Hz
- d. Liczba cykli obciążenia 2×10^6

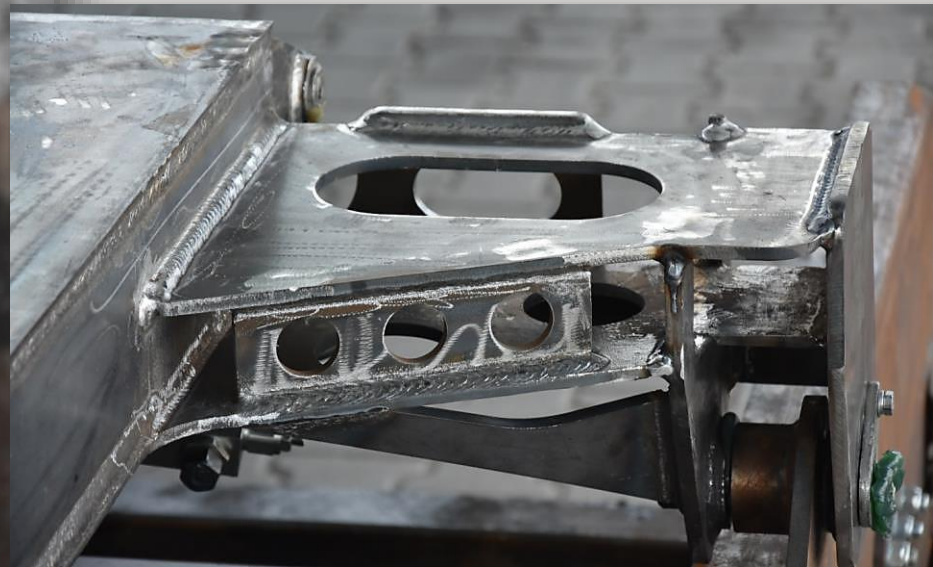
Regulaminu 55 ONZ pt.: „Jednolite przepisy dotyczące homologacji mechanicznych elementów sprzęgających zespołów pojazdów”

Materiał korpusu wysięgnika: stal S700MC

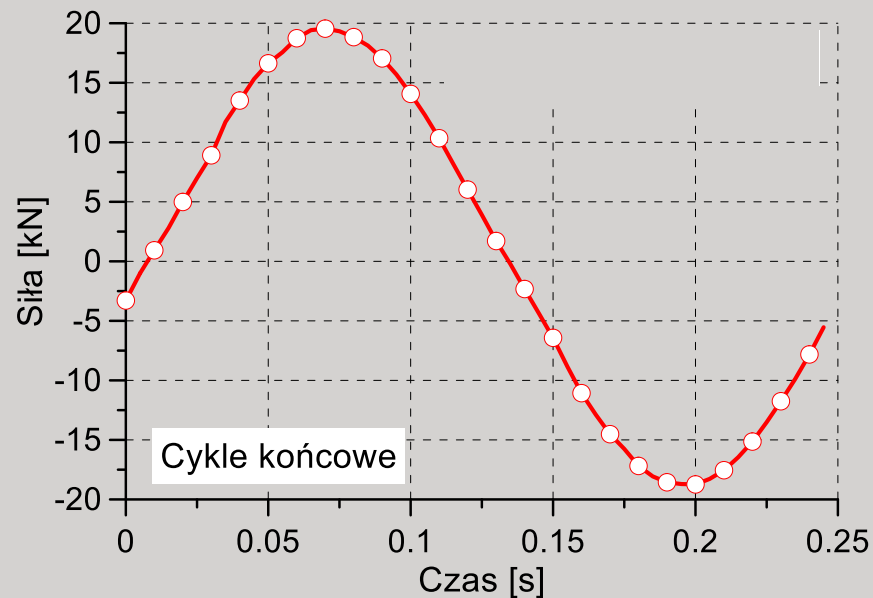
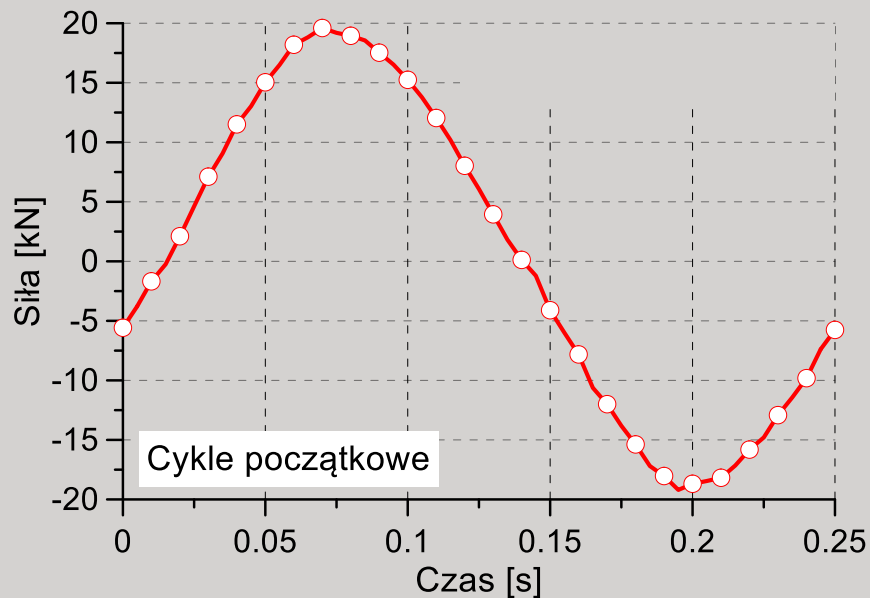
Siłowniki wysięgnika holowniczego oraz zamek hydrauliczny



Rozwiązania konstrukcyjne strefy ramion wysięgnika holowniczego



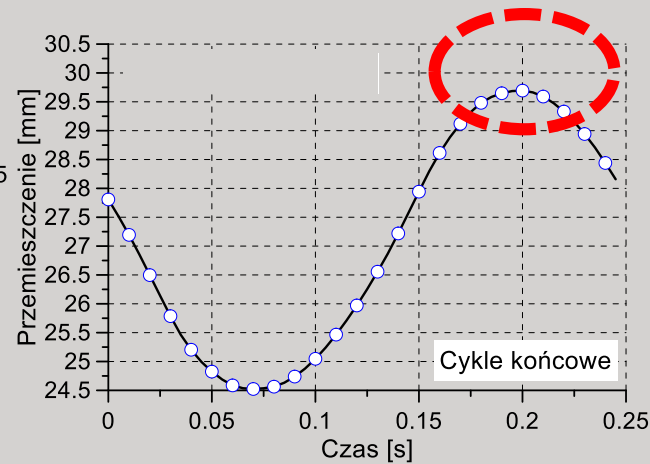
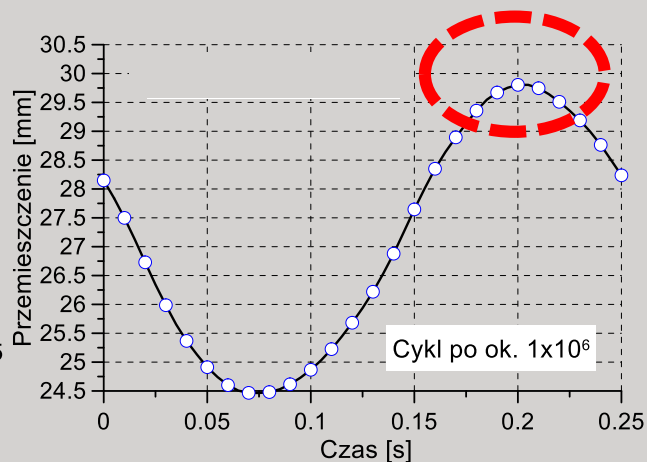
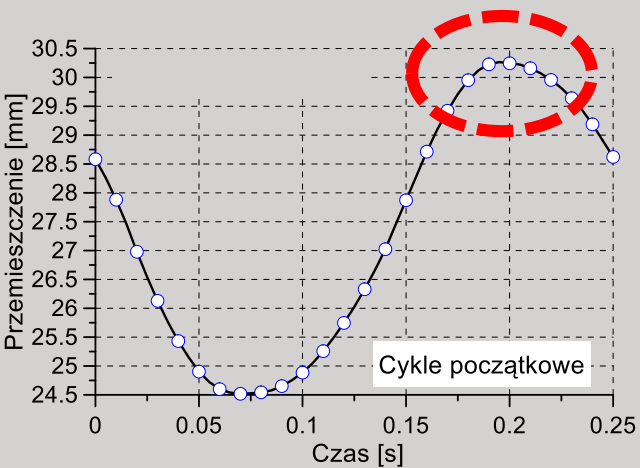
Przebiegi siły – sygnał sterujący



Wysięgnik holowniczy

Przebiegi przemieszczenia – reakcja konstrukcji

Wysięgnik holownicczy

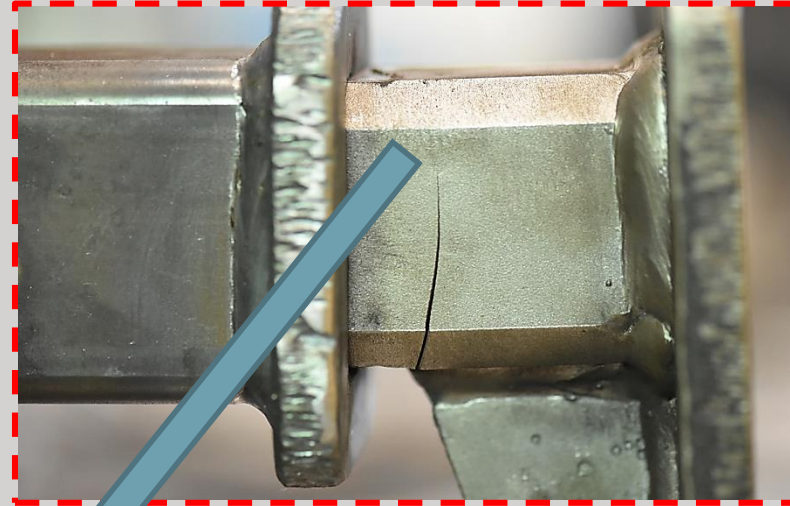
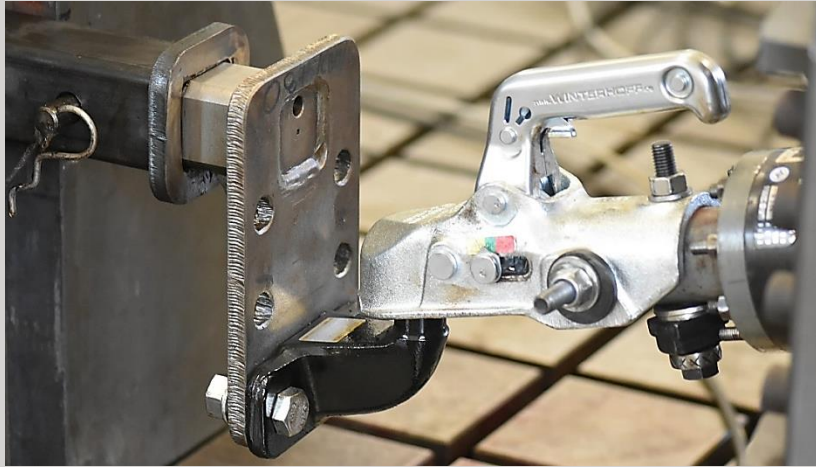


Wartość maksymalna przemieszczenia uległa obniżeniu jedynie o 0.6 mm

USZKODZENIA MECHANICZNYCH URZĄDZEŃ SPRZĘGAJĄCYCH

Pęknięcia typowe, pęknięcia włosowate, przełomy

Uszkodzenia MUS



- sterowanie sygnałem siły zmiennej cyklicznie
 - przebieg sinusoidalny
 - amplituda sygnału siły: ± 12.33 kN
 - częstotliwość sygnału siły: 5Hz
 - kąt przyłożenia siły wynosił $+15^\circ \pm 1^\circ$
 - graniczna liczba cykli 2×10^6
- Liczba cykli: 1 700 000



Adapter do samochodu
SUV z rynku
amerykańskiego

Regulamin 55 ONZ

Pęknięcia zmęczeniowe



Amplituda sygnału siły = $\pm 18.6\text{kN}$

Częstotliwość sygnału siły = 4Hz

Kąt przyłożenia siły = 15°

304 000 cykli

Regulamin 55 ONZ

Pęknięcia zmęczeniowe

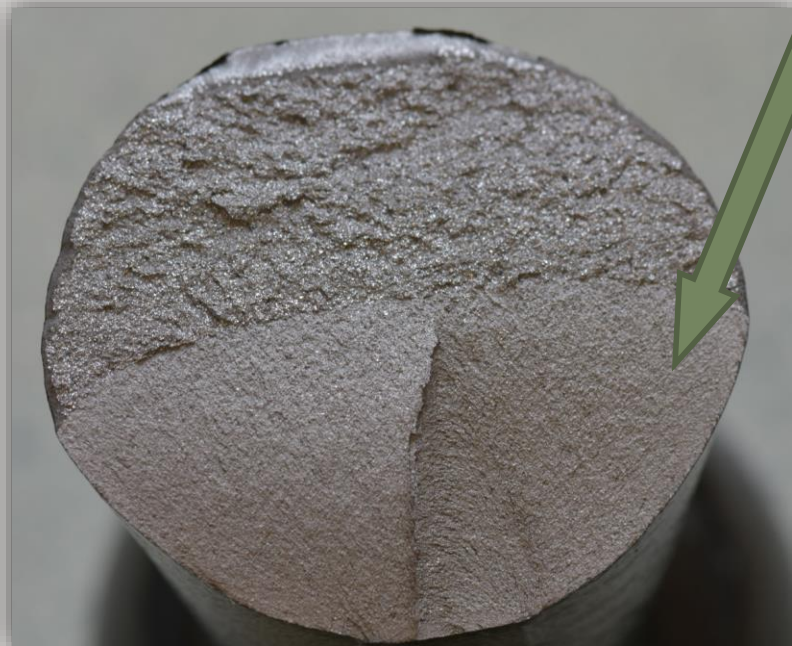


Regulamin 55 ONZ

304 000 cykli

Przełomy zmęczeniowe zaczeńów kulowych

Strefa zmęczeniowa



Strefa doraźna



Strefa dołamania

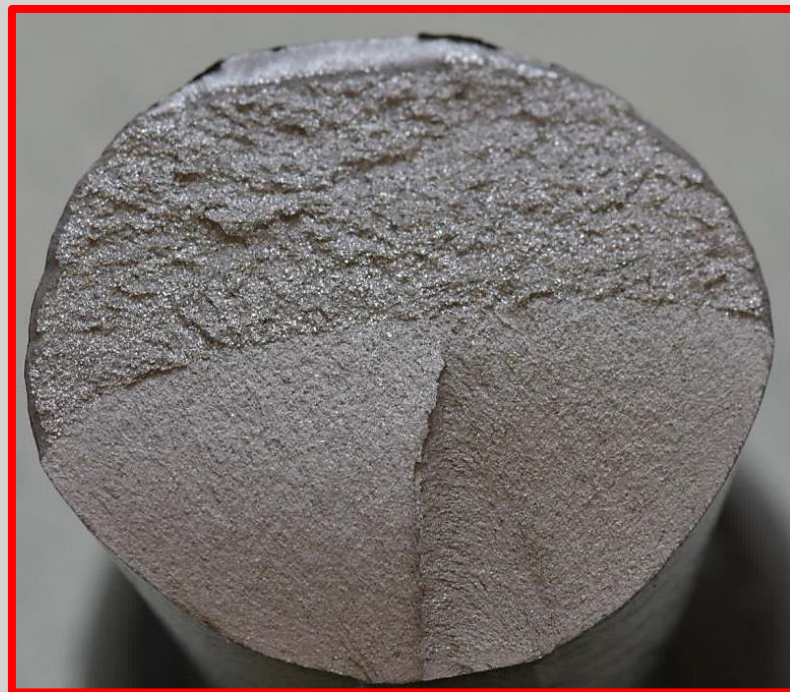
Regulamin 55 ONZ

Obciążenie na podstawie przełomu

Obciążenie:

składowa pozioma i pionowa siły skupionej

- Ognisko zmęczeniowe: wada materiałowa, karb strukturalny
- Nieregularna płaszczyzna zniszczenia: niejednakowe wartości składowych stanu naprężenia
- Różna prędkość wzrostu pęknięcia zmęczeniowego: największa wartość w środku przełomu ---
ELEMENTY SILNIE OBCIĄŻONE



Obciążenie na podstawie przełomu

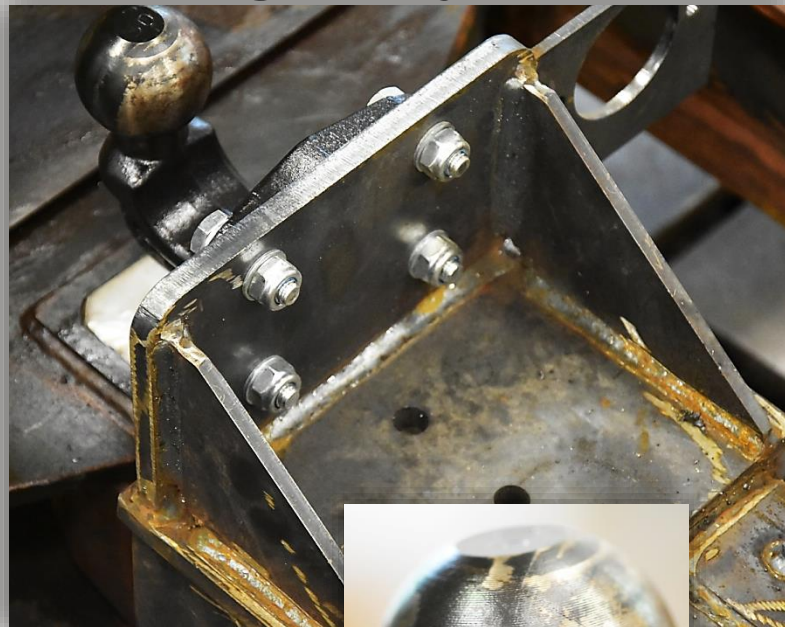
Obciążenie:

składowa pozioma i pionowa siły skupionej

- Ognisko zmęczeniowe: wada materiałowa, karb strukturalny
- Płaska płaszczyzna zniszczenia: niezmiennie wartości składowych stanu naprężenia
- Jednakowa prędkość wzrostu pęknięcia: warunek sprawdzany w wyznaczaniu odporności materiału na kruche pęknięcie (test K_{IC} , CTOD) --- ELEMENTY SŁABO OBCIĄŻONE



Czynności diagnostyczne

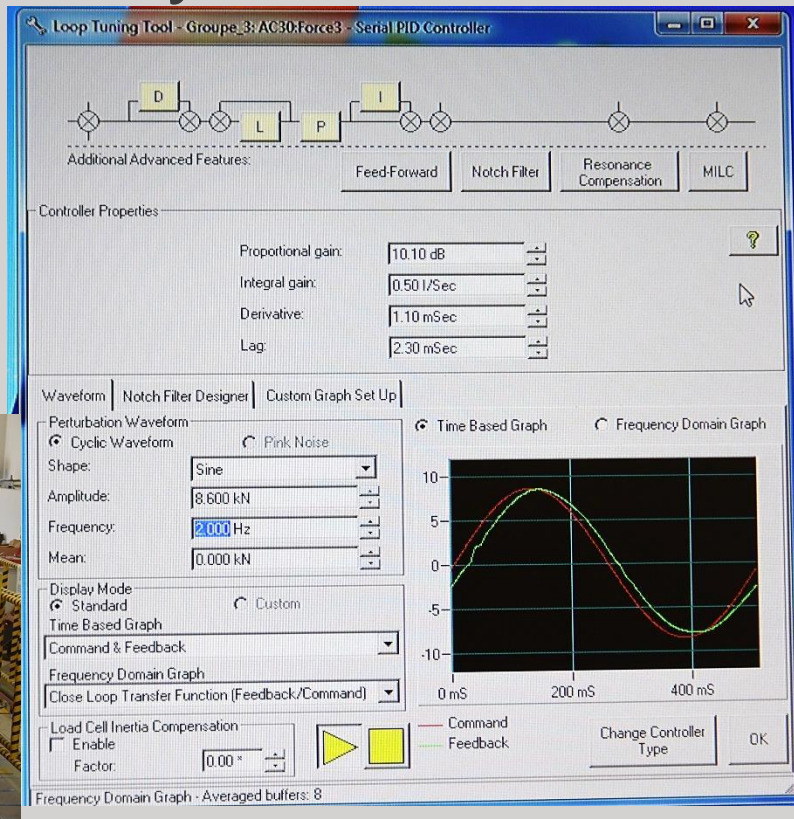


2×10^6 cykli obciążenia

Platforma najazdowo-transportowa z zaczepem kulowym klasy A50-X



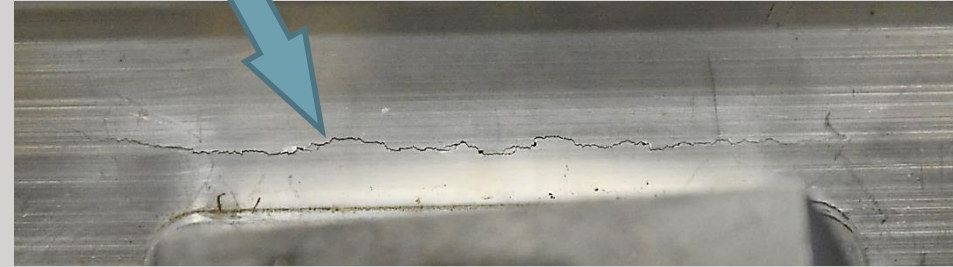
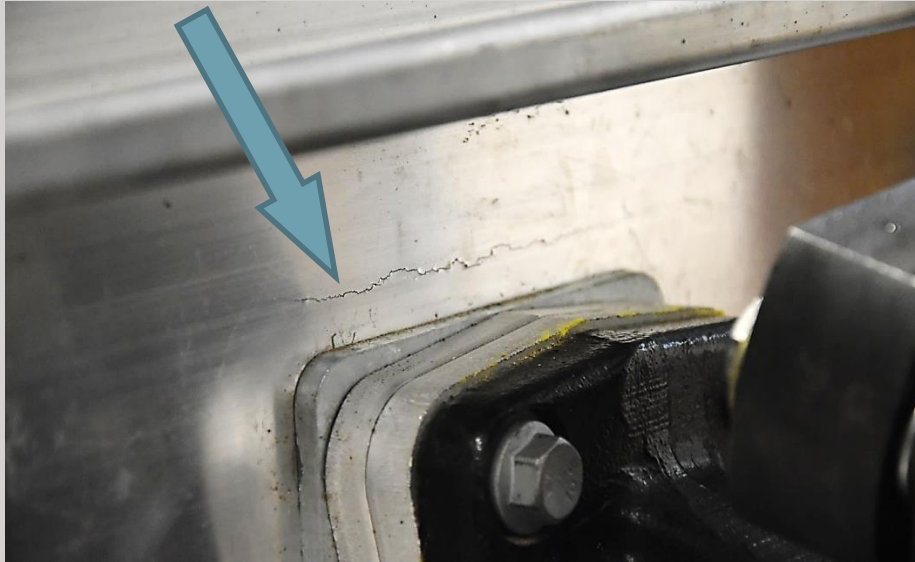
Obciążenie statyczne do DMC masą 1250 kg



Platforma najazdowo-transportowa z zaczepem kulowym klasy A50-X



Uszkodzenia stref mocowania



Pęknięcie włosowate w strefie wspornika zaczepu kulowego, pełniącego rolę tylnej belki platformy najazdowo-transportowej - wykonanej ze stopu aluminium z funkcją sprzęgania w stanie nieobciążonym, w widoku od tyłu pojazdu

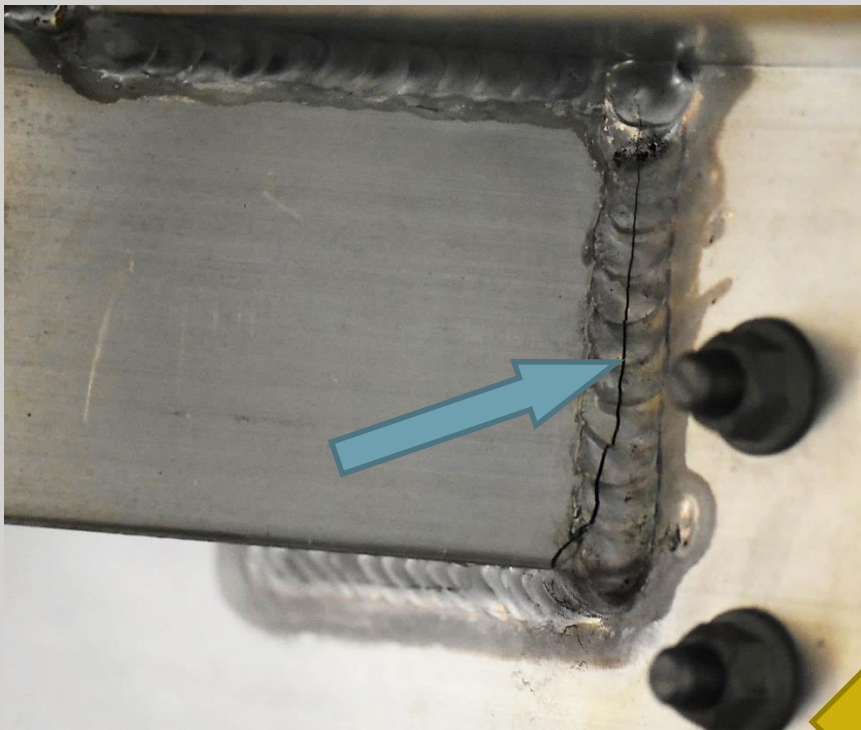
Uszkodzenia stref mocowania



Pęknięcia włosowate
w bezpośrednim wsporniku
zaczepu kulowego,
pełniącego również rolę tylnej
belki platformy najazdowo-
transportowej z funkcją
sprzęgania, w widoku od
strony kabiny pojazdu



Uszkodzenia stref mocowania



Pęknięcie włosowate:

- Inicjowało w strefie karbu geometrycznego i wytwórczego (SWC)
- Propagowało w SWC i spoinie

Parametry obciążenia

- Amplituda siły ± 8 kN
- Częstotliwość 2 Hz
- Liczba cykli obciążenia 1 400 000

Śruby służące mocowaniu
zaczepek kulowego

Podsumowanie

- Niezależnie od typu mechanicznego urządzenia sprzęgającego, trwałościowa ocena stanu technicznego powinna być prowadzona zawierając kulę zaczepową, śruby, wsporniki oraz inne elementy bezpośrednio i/lub pośrednio poddawane działaniu siły zmiennej cyklicznie
- Obszarami występowania potencjalnych pęknięć mogą być: strefy wpływu ciepła, spoiny komponentów, zaczep kulowy, regiony służące jego mocowaniu, zawierając również śruby wytrzymałościowe
- Ujawnianie pęknięć włosowatych w komponentach wykonanych ze stopów aluminium należy prowadzić pod obciążeniem statycznym i przy użyciu makrofotografii lub techniką penetrant-wywoływacz w stanie nieobciążonym



Instytut Transportu Samochodowego
Zakład Homologacji i Badań Pojazdów

Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN
Zakład Mechaniki Doświadczalnej



DZIĘKUJEMY ZA UWAGĘ

Tadeusz Szymczak^{a)}, Adam Brodecki^{b)}, Zbigniew L. Kowalewski^{c)}

tadeusz.szymczak@its.waw.pl, abrodec@ippt.pan.pl, zkowalew@ippt.pan.pl