

Koncepcja wykorzystania amplitudy ważonej do wyznaczania trwałości zmęczeniowej materiałów obciążonych blokami naprężeń.

Justyna Odrał
Tadeusz Łagoda

Propozycja modelu wyznaczania trwałości zmęczeniowej w przypadku obciążeń blokowych. Zaproponowany model ma charakter modelu kinematycznego, który można zastosować z wykorzystaniem liniowej charakterystyki zmęczeniowej, czyli w zakresie dużej liczby cykli. Model opracowano na podstawie dotychczasowej hipotezy kumulacji uszkodzeń Palmgrena-Minera przy zastosowaniu amplitudy ważonej stopnia m.

Standardową naprężeniową charakterystykę zmęczeniową można zapisać w postaci charakterystyki Basquina jako

$$\sigma_a = \sigma'_f (2N_f)^b \quad (1)$$

gdzie:

σ_a - amplituda naprężenia
 σ'_f - współczynnik zmęczeniowego odkształcenia plastycznego,
 $2N_f$ - liczba nawrotów obciążenia,
 b - wykładnik wytrzymałości zmęczeniowej.
Natomiast charakterystykę odkształceniową jako

$$\varepsilon_a = \frac{\sigma'_f}{E} (2N_f)^b + \varepsilon'_f (2N_f)^c \quad (2)$$

gdzie:

ε_a - amplituda odkształceń całkowitych,
 E - moduł sprężystości podłużnej,
 ε'_f - współczynnik wytrzymałości zmęczeniowej,
 c - wykładnik zmęczeniowego odkształcenia plastycznego.

Zgodnie z liniowym sumowaniem uszkodzeń sumę uszkodzeń pierwszego w pierwszym bloku o liczbie cykli n_1 i poziomie amplitudy odkształcenia ε_{a1} z wykorzystaniem zależności otrzymujemy

$$S_1(n_1) = \frac{n_1}{N_{f1}} = 2n_1 \left(\frac{\varepsilon'_f}{\varepsilon_{a1}} \right)^{1/c} \quad (3)$$

Zgodnie z hipotezą Palmgrena-Minera dla drugiego bloku otrzymujemy

$$S_2(n_2) = \frac{n_2}{N_{f2}} = 2n_2 \left(\frac{\varepsilon'_f}{\varepsilon_{a2}} \right)^{1/c} \quad (4)$$

Ostatecznie stopień uszkodzenia biorąc pod uwagę cząstkowe uszkodzenia (8) i (9) można zapisać jako

$$D = S_1(n_1) + S_2(n_2) = 1 \quad (5)$$

Stopień uszkodzenia po i-tym cyklu przyjmuje wyrażenie dla amplitudy ważonej (weighted)

$$S_{1,2i} = 2n_1 \left(\frac{\varepsilon'_f}{\varepsilon_{1a}} \right)^{1/c} + \sum_{i=1}^{n_{2,cat}} 2 \left(\frac{\varepsilon'_f}{\varepsilon_{1aeq,i}} \right)^{1/c} \quad (6)$$

oraz amplitudy średniej (average)

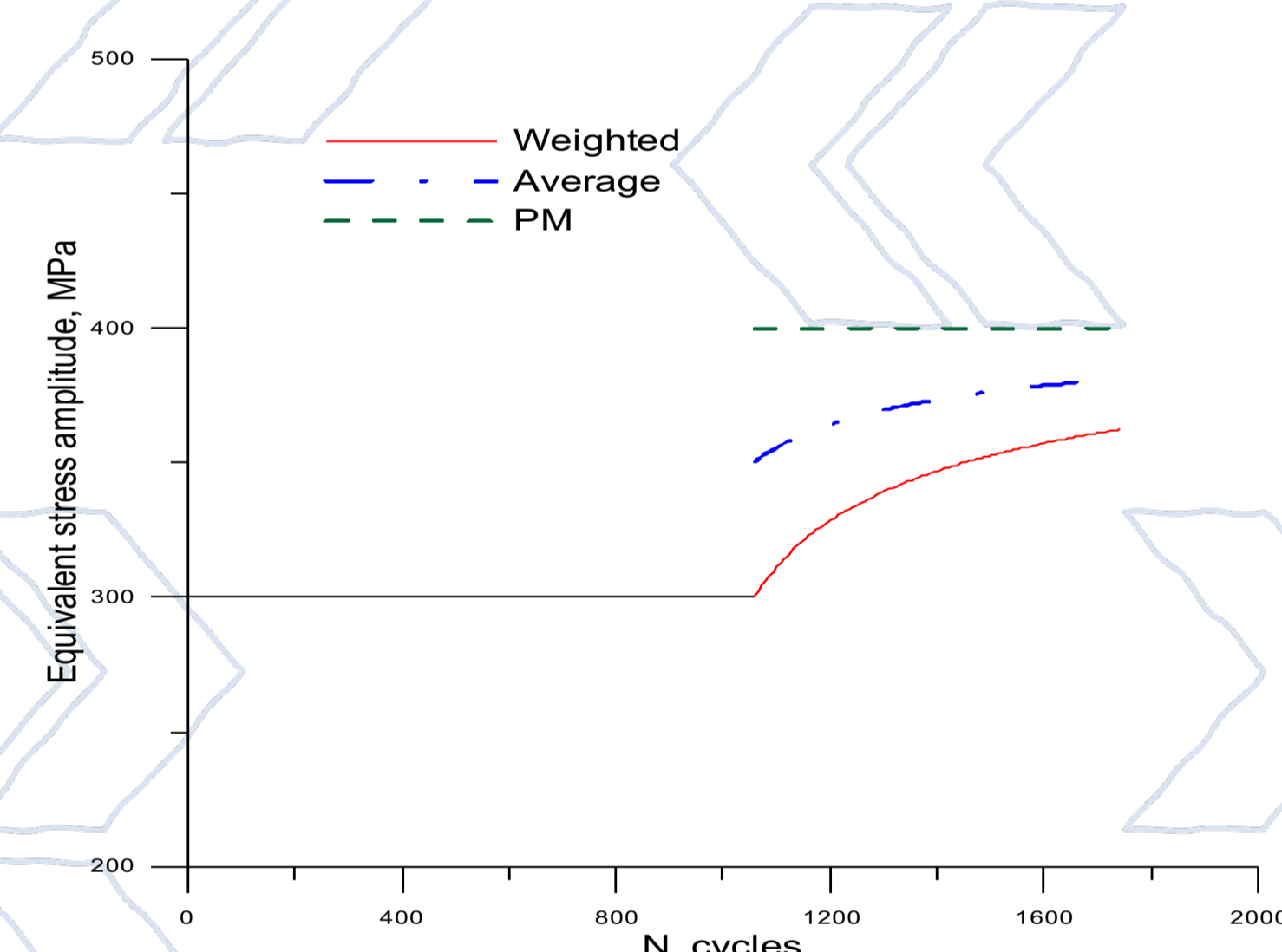
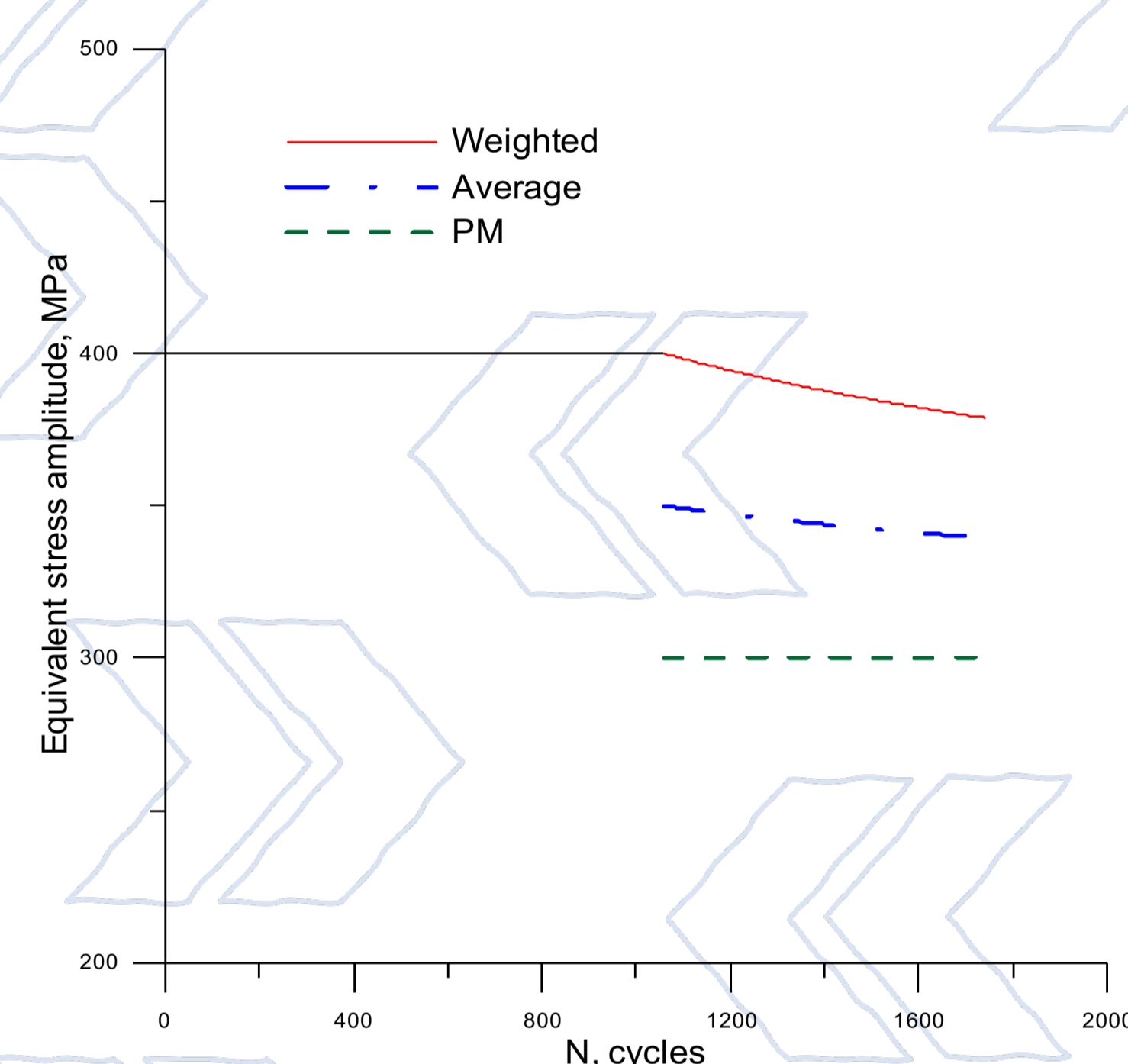
$$S_{1,2i} = 2n_1 \left(\frac{\varepsilon'_f}{\varepsilon_{1a}} \right)^{1/c} + \sum_{i=1}^{n_{2,cat}} 2 \left(\frac{\varepsilon'_f}{\varepsilon_{1aeq,i,mean}} \right)^{1/c} \quad (7)$$

W związku z tym jeśli stopień uszkodzenia $S_{1,2i}$ osiągnie wartość po i-tym cyklu na poziomie drugim zgodnie z regułą Palmgrena-Minera

$$S_{1,2i} = D = 1 \quad (8)$$

oczekiwana liczba cykli w drugim bloku jest wyrażona wyrażeniem

$$n_{2,cat} = i. \quad (9)$$



Rys. 1. Interpretacja zmiany amplitudy ekwiwalentnej dla obciążenia typu a) H-L b) wraz ze zmianą liczby cykli

Wnioski

Zaproponowany kinematyczny model kumulacji uszkodzeń wykorzystuje historię amplitud naprężeń w postaci amplitudy ważonej w danym czasie i bieżącą amplitudę naprężenia.

Opisany model należy zweryfikować na podstawie dostępnych i własnych badań eksperymentalnych.

Wydaje się, że model będzie można wyznaczyć dla obciążeń gdzie mamy do czynienia z liniowymi charakterystykami, czyli dla zakresu dużej liczby cykli lub małej liczby cykli w małym zakresie zmian amplitud, gdzie charakterystykę można też zapisać w układzie liniowym.