



UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY

ROZPRAWY NR 128

Stanisław Mroziński

STABILIZACJA WŁASNOŚCI CYKLICZNYCH METALI I JEJ WPŁYW NA TRWAŁOŚĆ ZMĘCZENIOWĄ

BYDGOSZCZ – 2008

REDAKTOR NACZELNY
prof. dr hab. inż. Janusz Prusiński

REDAKTOR DZIAŁOWY
prof. dr hab. inż. Maciej Woropay

OPINIODAWCY
prof. dr hab. inż. Czesław Goss
dr hab. inż. Paweł Pyrzanowski

OPRACOWANIE REDAKCYJNE I TECHNICZNE
mgr Michał Górecki, mgr inż. Daniel Morzyński

© Copyright
Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
Bydgoszcz 2008

ISSN 0209-0597

Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
ul. Ks. A. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz, tel. (052) 3749482, 3749426
e-mail: wydawucz@utp.edu.pl <http://www.utp.edu.pl/~wyd>

Wyd. I. Nakład 120 egz. Ark. aut. 9,0. Ark. druk. 9,25. Zamówienie nr 2/2008
Oddano do druku i druk ukończono w maju 2008 r.

STABILIZACJA WŁASNOŚCI CYKLICZNYCH METALI I JEJ WPŁYW NA TRWAŁOŚĆ ZMĘCZENIOWĄ

Streszczenie

Praca dotyczy problematyki obliczeń trwałości zmęczeniowej elementów konstrukcyjnych metodą bazującą na analizie lokalnych odkształceń i naprężeń. Podczas obliczeń trwałości wspomnianą metodą wykorzystywane są dane materiałowe, określane podczas niskocyklowych badań zmęczeniowych z tzw. okresu stabilizacji własności cyklicznych.

W pracy dokonano przeglądu obecnego stanu wiedzy, obejmującego między innymi opis własności cyklicznych, stosowane modele oraz ich wykorzystywanie w trakcie obliczeń trwałości zmęczeniowej. Przeprowadzono również analizę wpływu różnych czynników związanych z obciążeniem i warunkami badań na przebieg stabilizacji własności cyklicznych. Na podstawie przeprowadzonej analizy danych literaturowych stwierdzono, że w przypadku wielu metali i ich stopów okres stabilizacji własności cyklicznych występuje bardzo krótko, a częstokroć nie występuje wcale. Nieuwzględnianie tego faktu podczas obliczeń trwałości zmęczeniowej elementów konstrukcyjnych wykonanych z metali cyklicznie niestabilnych powoduje duże rozbieżności wyników trwałości uzyskanych z obliczeń i badań eksperymentalnych.

W ramach własnych badań doświadczalnych przeprowadzono testy zmęczeniowe próbek wykonanych z trzech metali (stal C45, stal 30HGSA, stop aluminium AW-2024) w warunkach obciążeń stałoamplitudowych, losowych i programowanych. Cechą wspólną programów obciążenia o zróżnicowanej postaci i formie był taki sam współczynnik wypełnienia widma obciążenia, pojemność bloku programu oraz wartość maksymalna odkształceń w nim występujących. Wyniki badań przedstawiono w formie zarejestrowanych podczas badań wykresów podstawowych parametrów pętli histerezy w funkcji liczby cykli obciążenia oraz w postaci wykresów zmęczeniowych w ujęciu energetycznym.

Do oceny przebiegu stabilizacji własności cyklicznych wykorzystano wartości podstawowych parametrów pętli histerezy określanych w różnych okresach trwałości obciążenia stałoamplitudowego i programowanego. Analizę wyników badań prowadzono w aspekcie wpływu postaci i parametrów programu obciążenia na przebieg stabilizacji własności cyklicznych oraz na trwałość zmęczeniową. Podczas analizy dokonano również ilościowej oceny wpływu przebiegu zmian własności cyklicznych na wykorzystywane podczas obliczeń trwałości dane materiałowe.

W pracy wykazano, że zarówno wartości parametrów pętli histerezy, jak również danych materiałowych wykorzystywanych podczas obliczeń trwałości zależą od okresu trwałości zmęczeniowej, w którym zostały określone. Ponadto stwierdzono, że przebieg stabilizacji na tych samych poziomach odkształcenia, realizowanego w warunkach obciążenia stałoamplitudowego i programowanego, charakteryzuje podobieństwo jakościowe co do jego przebiegu oraz ilościowe,

dotyczące wartości parametrów pętli histerezy opisujących przebieg stabilizacji. Zwrócono również uwagę na możliwość wykorzystywania uproszczonych metod badań do określania danych materiałowych w różnych okresach trwałości.

W rozprawie dokonano oceny wpływu przebiegu stabilizacji własności cyklicznych na trwałość zmęczeniową. Przeprowadzona analiza wyników obliczeń trwałości wykazała, że istotny wpływ na ich zgodność z wynikami badań ma okres trwałości przyjęty do określania danych materiałowych. W pracy wykazano ponadto, że wpływ ten jest zależny od skali zmian własności cyklicznych, jak również od parametrów programów obciążenia. Największy wpływ okresu trwałości przyjętego do określania danych materiałowych stwierdzono w przypadku próbek ze stopu aluminium AW-2024, a najmniejszy dla próbek ze stali C45.

W rozprawie zaproponowano metodę obliczeń trwałości zmęczeniowej elementów konstrukcyjnych z wykorzystaniem chwilowych własności cyklicznych (metoda CWC). W metodzie tej podjęto próbę powiązania podczas obliczeń trwałości procesu sumowania uszkodzeń oraz przebiegu zmian własności cyklicznych. Na podstawie porównania wyników obliczeń według metody CWC z wynikami badań można stwierdzić ich zadowalającą zgodność, która jest w większości przypadków wyższa niż stwierdzona podczas obliczeń metodą klasyczną, bez uwzględnienia zmian własności cyklicznych.

STABILIZATION OF CYCLIC PROPERTIES IN METALS AND ITS INFLUENCE ON FATIGUE LIFE

Summary

The thesis deals with the issue of fatigue life calculations of construction elements with the use of the method based on the local stress and strain analysis. During this life calculations based on the above mentioned method there are used material data determined during low cycle fatigue tests from the so called cyclic properties stabilization period.

In the thesis the review of present state of knowledge was presented. It included among other things description of the cyclic properties, applied models and their application during fatigue life calculations. An analysis of the influence of various factors connected with the loading and test conditions on the course of cyclic properties stabilization was also carried out. Basing on the literature data analysis it was stated that in the case of many metals and their alloys the cyclic properties stabilization period is very short and very often there is none. When this fact is not considered during fatigue life calculations of construction elements made of cyclically unstable metals it leads to the high discrepancy of the obtained life calculations and test results.

In the framework of the author's own experimental research the fatigue tests of specimens made of three metals (C45 steel, 30HGSA steel, AW-2024 aluminium alloy) were carried out under constant-amplitude, random and programmed loading. The common feature of those various loading forms was the same value of the load spectrum, capacity of the program block and maximum strain values appearing in that block. Test results were presented as basic charts of hysteresis loop parameters which were recorded during the tests in the function of loading cycles number and as fatigue charts in the energetic aspect.

For the evaluation of the course of cyclic properties stabilisation there were used some values of basic hysteresis loop parameters determined in different life periods of constant-amplitude and programmed loading. The analysis of test results was carried out in the aspect of the influence of the form and loading program parameters on the course of cyclic properties stabilization and on fatigue life. During the analysis there was also performed the quantitative evaluation of the influence of the course of cyclic properties changes on material data used during life calculation. In the thesis it was proved that both the values of hysteresis loop parameters and material data used during life calculation depend on the period of life in which they were determined. Moreover, it was stated that the course of stabilization on the same levels of strain realized under constant-amplitude and programmed loading is characterized both by the qualitative similarity concerning the course as well as by the quantitative one concerning values of hysteresis loop parameters which describe the course of stabilization. In the thesis the possibility of application of simplified test methods for determination of material data in different periods of life was also emphasised.

In this dissertation the influence of the course of cyclic properties stabilization on fatigue life was evaluated. This evaluation was carried out by making fatigue life calculations with the usage of the material data determined in different periods of fatigue life. Obtained calculation results showed the essential influence of the assumed period of life on the conformity of life results obtained from the calculations and the tests. In the thesis it was proven that this influence depends on the scale of cyclic properties changes and also on the loading programs parameters. The most significant influence of the life period assumed for the material data determination was observed in the case of specimens made of the AW-2040 aluminium alloy and the least one for the specimens made of the C45 steel.

In the dissertation there was proposed the author's own method of fatigue life calculations of construction elements with the use of the temporary cyclic properties (abbr. the CWC method). In this method there the author tried to connect the damage addition with the course of cyclic properties changes during life calculations the process. On the base of comparison of the CWC calculations with test results the conformity of both methods can be stated. In most cases the conformity is higher than the one observed during calculations with the use of classic method.