

WPLYW WARUNKÓW EKSPLOATACJI NA ZMĘCZENIE CIEPLNE STALIWNYCH PALET PRZEPYCHOWYCH PIECÓW DO NAWĘGLANIA

Streszczenie

Jakość i ekonomiczność nawęglania stanowiącego jedną z najpowszechniej stosowanych metod utwardzania podzespołów mechanicznych uwarunkowana jest trwałością żarowytrzymałego metalowego wyposażenia pieców, w których proces ten jest realizowany. Grupą elementów wyposażenia pieców do nawęglania o szczególnie niskiej trwałości jest oprzyrządowanie technologiczne, wykonywane najczęściej ze staliwa austenitycznego służące do transportu utwardzanych części. Jest ono prawie równolegle narażone na działanie wysokich i zmiennych temperatur – zmęczenia cieplnego, atmosfery nawęglającej oraz dodatkowego obciążenia nawęglanymi elementami. Główną przyczyną wycofywania oprzyrządowania technologicznego z eksploatacji jest jego pęknięcie, którego mechanizm dotychczas nie został w pełni poznany i opisany.

W pracy, w oparciu o szczegółową analizę warunków eksploatacji staliwnych palet przepychowych pieców do nawęglania, wykorzystując obliczenia numeryczne wykonane metodą elementów skończonych oraz badania mikrostruktury, przedstawiono genezę inkubacji i rozwoju szczeliny zmęczenia cieplnego staliwa austenitycznego i przeprowadzono jego weryfikację w sposób doświadczalny.

Praca składa się z dwóch części. W pierwszej części (rozdział 2) wprowadzającej w podejmowaną problematykę, scharakteryzowano warunki eksploatacji staliwnych palet przepychowych pieców do nawęglania, stosowane w nich rozwiązania konstrukcyjne i poznane dotychczas zagadnienia związane z ich niszczeniem. Powszechnie stosowanym materiałem wykorzystywanym do wytwarzania elementów oprzyrządowania technologicznego pieców do nawęglania jest staliwo austenityczne, stąd w tym rozdziale przedstawiono także podstawowe charakterystyki tego materiału, w tym określono jego strukturę i stabilność w warunkach pracy, właściwości cieplne i cieplno-mechaniczne oraz ich zmiany wskutek oddziaływania podwyższonej i zmiennej temperatury oraz atmosfery nawęglającej. Pierwszą część pracy zakończono podsumowaniem stanu wiedzy i wskazaniem problemów dotychczas nierozwiązanych.

W drugiej części pracy przedstawiono cel, zakres, metody badań i jej tezę (rozdział 3) oraz zaprezentowano wyniki badań i rozwiązań własnych problemu (rozdziały 4÷8). W rozdziale 4 przedstawiono struktury staliwa austenitycznego poddanego procesowi zmęczenia cieplnego. W rozdziale 5 przeprowadzono symulację warunków eksploatacji staliwnych palet przepychowych pieców do nawęglania. W rozdziale 6 symulację procesu inkubacji i rozwoju pęknięć wskutek zmęczenia cieplnego w elementach wykonanych ze staliwa austenitycznego po nawęglaniu. W rozdziale tym wykazano, że na pęknięcie elementów z badanego staliwa mają wpływ zarówno naprężenia cieplne w skali makro jak i mikro. Wyniki obliczeń symulacyjnych przeprowadzonych metodą elementów skończonych potwierdzono w sposób doświadczalny w rozdziałach 7 i 8. Weryfikację mikroskopowych efektów zmęczenia cieplnego staliwa austenitycznego po nawęglaniu podano w rozdziale 7. Uzyskane w oparciu o badania doświadczalne i obliczenia symulacyjne wnioski zestawiono w rozdziale 8, gdzie dokonano oceny wpływu nawęglania na zmęczenie cieplne staliwa austenitycznego oraz wskazano sposoby ograniczenia jego udziału i tym samym zwiększenia trwałości elementów oprzyrządowania technologicznego wykonywanego ze staliwa austenitycznego stosowanego w piecach przepychowych do nawęglania. W rozdziale tym przedstawiono również dalsze problemy wymagające rozwiązania. Wnioski główne pracy wyprowadzono w rozdziale 9.

Przeprowadzone badania doświadczalne i symulacyjne pozwoliły określić warunki inkubacji i rozwoju pęknięć w nawęglonych staliwnych elementach eksploatowanych w warunkach oddziaływania zmęczenia cieplnego oraz zaproponować sposób podwyższenia trwałości staliwnych palet przepychowych pieców do nawęglania

INFLUENCE OF OPERATIONAL CONDITIONS ON THERMAL FATIGUE OF CAST STEEL PALLETS IN PUSHER CARBURIZING FURNACES

Abstract

Quality and cost-effectiveness of carburizing, which is one of the most widely used methods of mechanical component hardening, is dependent on durability of high-temperature creep resisting metal equipment of furnaces in which the process is carried out. A group of elements that are included in the equipment of carburizing furnaces, which show particularly low durability, is technological equipment, made of austenitic cast steel used for transportation of hardened parts. It is exposed almost parallel to high and variable temperature - thermal fatigue, carburizing atmosphere and additional load of carburized elements. The main reason for withdrawing technological equipment from use is its cracking the mechanism of which has not been fully understood and described yet.

The following paper shows the genesis of incubation and development of thermal fatigue cracks based on a detailed analysis of conditions for use of cast steel pallets in pusher carburizing furnaces, using numerical calculations made over the finite element method (FEM) and microstructure studies. Studies were made to verify the development of cracks.

The paper consists of two sections. The first part (chapter 2) is an introduction to the undertaken questions. It characterizes operational conditions for cast steel pallets in pusher carburizing furnaces, design solutions applied and known issues that relate to their destruction. A commonly used material for the manufacture of technological equipment elements for carburizing furnaces is austenitic cast steel. Therefore, this chapter also presents basic characteristics of the material, including its structure and stability in operational conditions, thermal and thermo-mechanical properties and their changes under the influence of increased and variable temperature and carburizing atmosphere. The first part of the paper ends with a summary of the state of knowledge of the subject. It also shows problems that have not been solved yet

The second part of the paper presents its aim, scope, methods of research and the thesis (chapter 3). Moreover, it contains the results of research studies and own solutions to the problem (chapters 4-8). Chapter 4 presents structures of austenitic cast steel subjected to the thermal fatigue process. In Chapter 5, a simulation of operational conditions for cast steel pallets in pusher carburizing furnaces was made. What is more, chapter 6 presents a simulation of the process of incubation and development of cracks as a result of thermal fatigue in components made from austenitic cast steel after carburizing. It was proved in this chapter that the cracking of the tested cast steel elements is affected by both macro and micro thermal stress. The results of simulation calculations carried out over the finite element method were confirmed experimentally in chapters 7 and 8. Microscopic effects of thermal fatigue of austenitic cast steel after carburizing were verified in chapter 7. Conclusion obtained based on experimental tests and simulation calculations are presented in chapter 8. This chapter contains an assessment of the influence of carburizing on thermal fatigue of austenitic cast steel. Moreover, it shows methods for reducing its participation in the process and thus increasing the stability of elements of technological equipment made from austenitic cast steel used in pusher carburizing furnaces. Further problems, which require a more detailed insight and research, were also presented in chapter 8. Main conclusions from the studies were drawn in Chapter 9.

The experimental and simulation research studies allowed for determining the conditions of incubation and development of cracks in carburized cast steel elements under the influence of thermal fatigue and proposing a method for increasing durability of cast steel pallets in pusher carburizing furnaces.