

Mgr Dariusz Mężyk

Połączenie metody Mathara i cyfrowej korelacji obrazu (DIC) jako narzędzie precyzyjnego opisu naprężeń własnych w materiałach rurociągów

STRESZCZENIE

W większości krajowych elektrociepłowni i elektrowni czas eksploatacji ich urządzeń znacznie przekroczył okres obliczeniowy. Bezpieczeństwo eksploatacyjne urządzeń do produkcji energii cieplnej i elektrycznej jest podstawowym warunkiem prawidłowego funkcjonowania gospodarki energetycznej. Dla jego zapewnienia w dalszej pracy instalacje ciśnieniowe i wysokotemperaturowe wymagają zarówno szczegółowej oceny stanu technicznego jak również zmian modernizacyjnych. Prowadzone badania uwzględniają aktualne przepisy Urzędu Dozoru Technicznego oraz postępy w nauce i technice w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacyjnego instalacji ciśnieniowych.

Zagadnienia prognozowania trwałości obiektów przemysłowych poddanych wieloletnim oddziaływaniom o charakterze mechanicznym i cieplnym zyskało więc obecnie istotne znaczenie w krajowej energetyce. Przekroczenie tzw. „obliczeniowy czas pracy”, określonego przez projektanta jako okres gwarantowanego ich działania nie oznacza jednocześnie konieczności wyłączenia ich z eksploatacji. Jednym z kryterium oceny tych konstrukcji jest określenie wartości poziomu naprężeń własnych szczątkowych (residualnych). Są zdefiniowane jako naprężenia występujące w konstrukcji przy braku obciążeń. Naprężenia resztkowe występujące w materiale konstrukcji można rozważać dla różnej skali jej występowania. Naprężenia szczątkowe w objętości materiału konstrukcyjnego o rozmiarze mikrometrów lub mniejszym, określane są mikronaprężeniami. W pracy przedmiotem rozważań są naprężenia resztkowe w skali rozmiarów elementów konstrukcji urządzeń energetycznych - określane makronaprężeniami. Mają one szczególne znaczenie, zwiększają bowiem naprężenia od obciążeń zewnętrznych. Stąd w zasadniczy sposób oddziałują na stan wyężenia materiału elementów konstrukcji.

Wzrost wartości naprężenia przyspiesza proces degradacji materiału, skracając bezpieczny okres eksploatacji instalacji ciśnieniowej bloku energetycznego. Wyniki badań własnych swobodnych elementów konstrukcji (łuk, trójnik) w stanie dostawy wykazały duże naprężenia własne. Naprężenia te są zwiększane naprężeniami od naciągów montażowych oraz spowodowanych obciążeniami cieplnymi i mechanicznymi. Mogą więc w istotny sposób zmienić stan roboczego wyężenia materiału elementów kształtowych rurociągów, jednocześnie skrócić ich trwałość eksploatacyjną. Podwyższony stan naprężenia może wynikać również z montażu instalacji czy konstrukcji przemysłowych. Stąd określenie wartości naprężeń własnych w materiale instalacji ma podstawowe znaczenie przy szacowaniu zapasu ich trwałości eksploatacyjnej.

Na podstawie przeprowadzonej analizy danych literaturowych i dokumentacji technicznej wielu głównych rurociągów pary oraz własnych doświadczeń pomiarowych sformułowano następującą tezę: naprężenia własne rurociągów można wyznaczyć z dokładnością wymaganą

do diagnostyki konstrukcji przemysłowych przy zastosowaniu pomiarów półtrepanacyjnych metodą cyfrowej korelacji obrazu DIC.

Przeprowadzono w pracy badania eksperymentalne dla określenia stanu naprężenia generowanego za pomocą maszyny wytrzymałościowej w próbkach okrągłych oraz płytach płaskich. Uzyskane wyniki badań potwierdziły możliwość zastosowania metody optycznej korelacji obrazu jako metody określenia naprężeń własnych. Analiza wyników pomiarów uzyskanych modyfikowaną metodą DIC i metodą tensometryczną wskazuje na ich pełną przydatność. Zastosowanie proponowanej metody określania stanu naprężenia w procesie nadzoru technicznego instalacji rurociągowych obiektów energetyki zawodowej przyczyni się do zwiększenia możliwości zapewnienia bezpieczeństwa ich eksploatacji poprzez możliwość wczesnej wykrywalności stanu zagrożenia.

Słowa kluczowe: odkształcenie, naprężenie, diagnostyka, cyfrowa korelacja obrazu, metoda Mathara

Dariusz Mężyk, MSc

Combination of the Mathar method and digital image correlation (DIC) as a tool for precise description of residual stresses in pipeline materials

SUMMARY

In the majority of the country's combined heat and power (CHP) and power plants, the service life of their equipment has far exceeded the design period. The operational safety of equipment for heat and power generation is a basic prerequisite for the proper functioning of the energy economy. In order to ensure this in future operation, pressure and high-temperature installations require both detailed technical condition assessments and modernisation changes. The research carried out takes into account the current provisions of the Office of Technical Inspection and advances in science and technology with regard to ensuring the operational safety of pressure installations.

The issue of predicting the service life of industrial facilities subjected to long-term mechanical and thermal stresses has therefore now gained considerable importance in the domestic energy sector. Exceeding the so-called 'design service life', defined by the designer as the period of their guaranteed operation, does not at the same time mean that they have to be taken out of service. One criterion for the evaluation of these structures is the determination of the value of the residual stress level. They are defined as the stresses occurring in the structure in the absence of loads. The residual stresses present in the material of the structure can be considered for different scales of occurrence. Residual stresses in a volume of structural material of micrometer size or less are referred to as micro-stresses. In this paper, there are considered residual stresses on the size scale of structural elements of power equipment - referred to as macro-stresses. Macro-stresses are of particular importance, as they increase the stresses from external loads. Hence, they have a fundamental effect on the material fatigue of structural components.

An increase in the stress value accelerates the material degradation process, shortening the safe service life of the power unit pressure plant. The results of the author's own research of free structural elements (arch, tee) in the delivery state showed high self-stresses. These stresses are increased by stresses from assembly strains and are caused by thermal and mechanical loads. They can therefore significantly alter the working stress state of the material of the pipeline fittings, while at the same time shortening their service life. An increased state of stress can also result from the assembly of installations or industrial structures. Hence, the determination of the value of the inherent stresses in the plant material is of fundamental importance for the estimation of their service life reserves.

On the basis of an analysis of literature data and technical documentation on a number of major steam pipelines, as well as author's own measurement experience, the following thesis was formulated: the inherent stresses of pipelines can be determined with the accuracy required for the diagnosis of industrial structures using semi-trepanation measurements by means of the DIC digital image correlation method.

The experimental testing was carried out in this paper for the determination of the stress state generated with the tensile testing machine in round specimens and flat plates. The results

obtained confirmed the feasibility of using the optical image correlation method as a method for determining residual stress. Analysis of the measurement results obtained with the modified DIC method and the strain gauge method indicates their full applicability. The application of the proposed method of determining the state of stress in the process of technical supervision of pipeline installations of professional power engineering facilities will contribute to increasing the possibility of ensuring the safety of their operation through the possibility of early detection of the dangerous state.

Keywords: strain, stress, diagnostics, digital image correlation, Mathar method