

KRZYSZTOF MICHALCZYK

Właściwości dynamiczne walcowych sprężyn śrubowych z powłokami z materiałów elastyczno-tłumiących

Streszczenie

W monografii poddano analizie wpływ powłok pokrywających drut sprężyny, wykonanych z materiałów elastyczno-tłumiących na wybrane właściwości dynamiczne walcowych sprężyn śrubowych.

W rozdziale pierwszym scharakteryzowano istniejące metody redukcji drgań sprężyn ze szczególnym uwzględnieniem metod wykorzystujących tarcie konstrukcyjne oraz tłumienie materiałowe, sformułowano cel pracy i dokonano przeglądu literatury dotyczącej zjawisk dynamicznych w sprężynach śrubowych.

W rozdziale drugim zaproponowano analityczną metodę umożliwiającą wyznaczenie amplitud drgań oraz maksymalnych amplitud naprężeń dynamicznych w warunkach rezonansowych drgań podłużnych sprężyny wykonanej z drutu pokrytego powłoką na całej jego długości. Dokonano analizy wpływu wybranych uproszczeń modelu na dokładność określania częstości drgań własnych sprężyny. Zaproponowany model zilustrowano przykładami obliczeniowymi dla szerokiego zakresu zmienności parametrów geometryczno-materiałowych powłoki oraz drutu sprężyny

W rozdziale trzecim dokonano analizy wpływu powłoki pokrywającej drut sprężyny na całą jego długości na parametry drgań podłużnych wymuszonych, przy dowolnej częstości wymuszenia. Wykorzystując ortogonalność funkcji własnych, wyznaczono wartości współczynników wagi obciążenia ciągłego, zredukowanego następnie do siły skupionej. Następnie przekształcono model tak, aby umożliwiał przeprowadzenie obliczeń przy wymuszeniu o charakterze kinematycznym. Dokonano analizy wpływu liczby wyrazów szeregów uwzględnianych w obliczeniach na jakość odwzorowania postaci przemieszczeń i odkształceń oraz na dokładność uzyskiwanych wartości częstości drgań rezonansowych. Przeprowadzono również analizę porównawczą wyników otrzymanych na podstawie omawianego modelu z wynikami uzyskanymi za pomocą modelu obliczeniowego zaprezentowanego w rozdziale drugim.

W rozdziale czwartym przeprowadzono analizę wpływu powłok lokalnych, pokrywających zwoje końcowe sprężyny na rozkłady amplitud naprężeń stycznych, występujących w jej drucie w warunkach podłużnych drgań rezonansowych. Zaproponowano model analityczny umożliwiający wyznaczenie wartości logarytmicznego dekrementu

tłumienia dla drgań własnych podłużnych o dowolnej z częstości własnych obustronnie utwierdzonej sprężyny z powłokami lokalnymi. Przedstawiono również wpływ powłok na skuteczność tłumienia drgań masy posadowionej na takiej sprężynie. Przeprowadzono analizę wpływu parametrów geometryczno-materiałowych powłok na skuteczność ograniczania maksymalnych amplitud naprężeń dynamicznych w drucie sprężyny oraz na częstość drgań własnych, w przypadku trzech pierwszych postaci drgań sprężyny obustronnie utwierdzonej. Dokonano również analizy wpływu parametrów powłok na sztywność statyczną sprężyny. Wyniki uzyskane z modelu analitycznego porównano z wynikami przeprowadzonych symulacji numerycznych MES oraz z rezultatami badań eksperymentalnych.

Przedmiotem rozdziału piątego jest analiza wpływu powłok na parametry drgań poprzecznych sprężyny. Przedstawiono w nim model umożliwiający wyznaczenie częstości i postaci drgań własnych poprzecznych sprężyny z powłokami, obciążonej statyczną siłą poosiową i zaproponowano sposób wyznaczania parametrów zastępczej belki Timoszenki przy warunkach obustronnego utwierdzenia jej końców. Opracowano model obliczeniowy umożliwiający określenie wpływu powłok na skuteczność ograniczania drgań rezonansowych poprzecznych analizowanej sprężyny, przy wymuszeniu wzbudzającym dowolną postać własną tych drgań. Przedstawiono przykład obliczeniowy ilustrujący zaproponowany model w przypadku sprężyny z powłoką na całej długości drutu. Przeprowadzono również symulacje numeryczne MES i porównano ich wyniki z wynikami modelu analitycznego.

W rozdziale szóstym przedstawiono podsumowanie pracy oraz wnioski wynikające z przeprowadzonych badań.

KRZYSZTOF MICHALCZYK

Dynamic properties of cylindrical helical springs with coatings made of elasto-damping materials

Summary

The analysis of the influence of coatings covering the spring wire and made of elasto-damping materials on selected dynamic properties of cylindrical helical springs is presented in the monograph.

The existing methods of helical spring vibrations reduction are presented in the first chapter, with special attention devoted to methods based on constructional friction and internal material damping. In the same chapter the aim of the monograph and the review of literature concerning dynamic phenomena in helical springs are presented as well.

In the second chapter the analytical method allowing to determine the amplitudes of vibrations as well as maximum dynamic stress amplitudes in longitudinal resonance vibrations conditions for springs with coating covering spring wire on its whole length is proposed. The analysis of the selected model simplifications influence on accuracy of determining natural frequencies of the spring is performed. The proposed model is illustrated by computational examples for wide range of spring wire and coating geometrical and material properties.

The analysis of the influence of coating covering the spring wire on its whole length on forced longitudinal vibrations parameters with arbitrary excitation frequency is conducted in the third chapter. Utilizing orthogonality of eigenfunctions, the values of factors of proportionality of distributed load, reduced subsequently to concentrated load are determined. Then, the model is transformed in the way that it allows to perform calculations for the case when the excitation has a kinematic character. The analysis of the influence of number of series terms taken into consideration in calculations on quality of projection of displacements and deformations and accuracy of obtained values of resonance vibrations frequencies is performed. Comparative analysis of results obtained using discussed model and the computational model presented in the second chapter is performed.

In the fourth chapter the analysis of the influence of local coatings covering *inter alia* last coils of the spring on distribution of tangential stresses amplitudes occurring

in spring wire in resonance longitudinal vibrations conditions is performed. The analytical model allowing to determine the value of logarithmic damping decrement for longitudinal vibrations of arbitrary natural frequency of clamped-clamped spring with local coatings is proposed. The influence of coatings on damping efficiency of vibrations of mass supported on the spring with such coatings is also presented. The analysis of impact of geometrical and material parameters of coatings on efficiency of reduction of maximum dynamic stresses amplitudes in spring wire for the first three normal longitudinal modes of clamped-clamped spring is presented. The dependence between geometrical and material parameters of coatings and static compression rigidity of the spring is also analyzed. The results obtained using analytical model are compared with the results obtained from numerical simulations FEM and the results of experimental investigations.

The subject of the fifth chapter is the analysis of the influence of coatings on parameters of transversal vibrations of the spring. In this chapter, the analytical model allowing to determine the frequencies and mode shapes of natural transverse vibrations of the spring with coatings, statically loaded by axial force is presented. The way of determining the parameters of equivalent Timoshenko beam, modeling the clamped-clamped spring with coatings is proposed. The computational model allowing to determine the efficiency of reduction of resonant transversal vibrations of analyzed spring with excitation forcing arbitrary natural mode of these vibrations is created. The computational example illustrating the proposed model with respect to the spring with coating covering its wire on the whole length of it is presented. The results of numerical simulations FEM are also presented and compared with the results obtained from analytical model.

Conclusions obtained on the basis of performed analyzes and summary of the study is presented in the sixth chapter.