

„Plastyczne kształtowanie tytanowych paneli cienkościennych z przetłoczeniami usztywniającymi”

Streszczenie

Materiały tytanowe są stosowane w wielu dziedzinach naszego życia. Ugruntowaną pozycję posiadają w lotnictwie i kosmonautyce, przemyśle samochodowym i medycznym. Zastosowanie tytanu i jego stopów na określone wyroby pozwala znacznie zmniejszyć ich ciężar, przy zachowaniu dotychczasowej wytrzymałości, pozwala również na wydłużenie czasu eksploatacji z uwagi na dużą odporność tytanu na działanie wielu czynników korozyjnych. Obecnie niektóre części samolotów np. elementy konstrukcyjne silnika lub podwozia są zawsze wykonywane z materiałów tytanowych, gdyż jak dotąd jest to materiał najlepiej spełniający wymagania stawiane tym elementom. Metody wytwarzania i przetwarzania tytanu i jego stopów wciąż jednak wymagają rozwiązania wielu problemów technologicznych. Są one związane np. z małą plastycznością blach tytanowych w tradycyjnych procesach obróbki plastycznej i dużą skłonnością do sprężynowania powrotnego. Stopy tytanu cechują się niskimi właściwościami tribologicznymi, a w podwyższonych temperaturach skłonnością do pochłaniania gazów takich jak azot, tlen i wodór, co utrudnia ich obróbkę.

W pracy skoncentrowano się na analizie kształtowania elementów z cienkich blach tytanowych w gatunku Grade 1÷3. Na wstępie przeprowadzono przegląd literatury wskazujący na pewne braki odnośnie kształtowania cienkościennych paneli tytanowych o grubości 0,4 mm. Pierwszy etap pracy obejmował szereg badań eksperymentalnych, mających na celu wyznaczenie podstawowych właściwości mechanicznych i technologicznych blach z czystego tytanu technicznego Grade 1, Grade 2 i Grade 3. Wyznaczono m.in. granicę plastyczności, wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie, moduł Younga, stałą materiałową, wykładnik umocnienia i współczynniki anizotropii właściwości plastycznych. Przeprowadzono także badania tłoczności wybranych blach i wyznaczono krzywe odkształceń granicznych. W próbie gięcia na „V” wyznaczono kąty sprężynowania powrotnego. Otrzymane dane materiałowe posłużyły do budowy modeli numerycznych materiałów zastosowanych w analizach numerycznych. Przeprowadzono symulacje numeryczne procesu kształtowania cienkościennych paneli tytanowych z przetłoczeniami usztywniającymi wraz z doбором parametrów technologicznych procesu tłoczenia. Na podstawie analizy wyników symulacji numerycznych kształtowania paneli z dwoma przetłoczeniami usztywniającymi określono zakres symulacji numerycznych kształtowania paneli z przetłoczeniami usztywniającymi typu „krzyżak”. Uzyskano zestaw parametrów procesu, dzięki któremu ograniczono sprężynowanie powrotne blach i zredukowano zmniejszanie się szerokości paneli. Przeprowadzona w ostatnim etapie pracy weryfikacja doświadczalna tłoczenia paneli cienkościennych wykazała zbieżność z rezultatami otrzymanymi w symulacjach numerycznych - wartości sprężynowania powrotnego różnią się zaledwie o kilka procent.

Badania doświadczalne i numeryczne przeprowadzone w pracy wskazują na możliwość uzyskania poprawnie ukształtowanych wytłoczek metodą kształtowania plastycznego na zimno przy odpowiednio dobranych parametrach technologicznych. Warunki tarcia i smarowania oraz siła docisku są kluczowymi parametrami, decydującymi o ostatecznej jakości paneli.

Badania realizowane w ramach Projektu "Nowoczesne technologie materiałowe stosowane w przemyśle lotniczym", Nr POIG.01.01.02-00-015/08-00 w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka (PO IG). Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Cold forming of thin-walled titanium panels with stiffeners

Abstract

Titanium materials are used in many areas of our life. They have an established position in the aerospace, automotive and medical industry. The use of titanium and its alloys for certain products enables to significantly reduce the weight while maintaining the strength, it also permits the extension of service life due to high resistance of titanium to many corrosive environments. Currently, some parts of the aircrafts, e.g. structural elements of the engine or chassis are always made of titanium materials, as far as this is the material that best meets the requirements of these elements. Technologies of production and processing of titanium and its alloys still need to resolve many technological problems. They are related for example with low ductility of titanium sheets in conventional processes of metal forming and a high tendency to spring back. Furthermore, they are characterized by low tribological properties and, at elevated temperatures, by a high affinity for gas absorption including oxygen, nitrogen and hydrogen

The study focuses on the analysis of shaping elements from thin sheets of titanium Grade 1 to 3. At the outset, a literature review indicating some shortcomings regarding the formation of thin panels of titanium with a thickness of 0.4 mm was conducted. The first stage of the work included a number of experimental studies aimed at determining the basic mechanical and technological properties of sheets of commercially pure titanium Grade 1, Grade 2 and Grade 3. The yield strength, tensile strength, elongation, Young's modulus, the material constant, strain hardening exponent and Lankford coefficient, were designated among others. Some tests for drawability of selected sheets were also carried out and forming limit diagrams were determined. In a trial of "V" bending, angles of spring back were determined. The obtained parameters were used for the elaboration of numerical models of the materials used in numerical analysis. Numerical simulations of the process of shaping thin titanium panels with stiffeners with the selection of technological parameters of the stamping process were carried out. Based on the results of numerical simulations of shaping panels with two stiffeners, range of numerical simulations of forming panels with stiffeners of "cross" type was specified. A set of process parameters was obtained, which limited the spring back of sheets and reduced decreasing the width of the panels. Carried out in the last stage, the experimental verification of forming thin panels, showed a convergence of results obtained in numerical simulations - the values of the spring back differ by only a few percent.

Experimental and numerical researches carried out in the work, indicate the possibility of obtaining properly shaped drawpieces using cold sheet metal forming with properly selected technological parameters. Terms of friction and lubrication and downforce are the key parameters determining the final quality of the panels.

Financial support of Structural Funds in the Operational Programme – Innovative Economy (IE OP) financed from the European Regional Development Fund - Project "Modern material technologies in aerospace industry", No POIG.01.01.02-00-015/08-00 is gratefully acknowledged.