

Wpływ chemicznej oraz fizycznej modyfikacji powłok poliuretanowych na ich właściwości hydro- i lodofobowe

Streszczenie (słowa kluczowe: powłoki lodofobowe, laserowa teksturyzacja powierzchni, nanokompozytowe powłoki poliuretanowe, struktury hierarchiczne)

Oblodzenie samolotów jest jednym z głównych problemów w przemyśle lotniczym. Nagromadzenie się lodu na powierzchni skrzydeł, wlotów silników czy czujników może powodować szereg problemów, m.in. zmniejszenie siły nośnej i wydajności czy zwiększenie masy, a tym samym zużycia paliwa. Skutkować to może opóźnieniami lotów, a nawet katastrofami lotniczymi. Jednym z potencjalnych rozwiązań problemu obladzania jest zastosowanie powłok hydrofobowych. Powłoki takie, odpychając krople wody, mogą opóźnić, a nawet zapobiec gromadzeniu się lodu. Głównym wyzwaniem stojącym przed stosowaniem takich powłok jest fakt, że charakteryzują się one złożoną mikro- lub nanostrukturą uzyskiwaną w kosztownych procesach. Z tego powodu charakteryzują się one zwykle niską trwałością. W niniejszej pracy komercyjnie dostępne powłoki poliuretanowe zostały zmodyfikowane i wytworzone przy użyciu metod, które są tanie i łatwo skalowalne.

Celem pracy było opracowanie trwałych powłok hydrofobowych o podwyższonych właściwościach lodofobowych poprzez jednoczesną modyfikację składu chemicznego związkami silanu lub fluoru, nanocząstkami SiO₂ oraz teksturyzację laserową komercyjnie dostępnych powłok poliuretanowych stosowanych w przemyśle lotniczym. Każdą z modyfikacji prowadzono zarówno osobno, jak i równocześnie, w celu określenia ich synergicznego działania. Dokonano wyboru składu chemicznego powłok, w tym rodzaju, ilości i sposobu dyspersji nanokrzemionki. Ponadto badano różne rodzaje i zawartość modyfikatorów chemicznych. Określono wpływ przeprowadzonych modyfikacji na mikrostrukturę, topografię, skład chemiczny i właściwości mechaniczne badanego materiału. Główne badania skupiły się na ocenie wpływu wprowadzonych modyfikacji na właściwości hydro- i lodofobowe powłok. Ponadto skupiono się na trwałości zmodyfikowanych powłok. Sprawdzone, czy powłoka jest w stanie utrzymać swoje właściwości hydro- i lodofobowe po ekspozycji na takie czynniki jak wysoka i niska temperatura, promieniowanie UV, środowisko korozyjne oraz cykle zamrażania/rozmarzania.

Na podstawie uzyskanych wyników badań wykazano, że zmodyfikowane powłoki poliuretanowe uzyskały poprawę właściwości hydro- i lodofobowych. Ilość nagromadzonego lodu dla najlepszej próbki zredukowano o 75%. Ponadto zaproponowany skład chemiczny i mikrostruktura powłok zapewniły im trwałość na działanie różnych czynników środowiskowych.

Effect of chemical and physical modifications of polyurethane coatings on their hydrophobic and icephobic properties

Abstract (keywords: icephobic coatings, laser surface texturing, nanocomposite polyurethane coatings, hierarchical structures)

Aircraft icing is one of the major problems in aviation industry. Accumulation of ice on the surface of wings, engine inlets or sensors can result in a range of problems including decreased lift and efficiency, increased weight and thus fuel consumption. It results in flight delays or even in fatal flight incidents. A significant potential solution for mitigating the icing problem is the use of hydrophobic coatings. Such coatings, by repelling the water droplets, can delay or, what is most desired, prevent ice accumulation. The major challenge facing the use of such coatings is the fact that they are characterized by complex micro- or nanostructure obtained in expensive processes. Because of this fact they typically suffer from poor durability. In this work the commercially available polyurethane coatings were modified and manufactured using simple methods, which are flexible, scalable and efficient.

The aim of this thesis was to develop durable hydrophobic coatings with increased icephobic properties by simultaneous modification of the chemical composition with silane or fluorine compounds, SiO₂ nanoparticles and laser texturization of commercially available polyurethane coatings used in the aviation industry. Each of modification was carried out separately as well as simultaneously in order to determine the synergistic effect of them. The selection of the chemical composition of modified coatings, including type, amount and dispersion method of nanosilica, was carried out. Moreover, different types and content of chemical modifiers were investigated. The effect of performed modifications on microstructure, topography, chemical composition and mechanical properties of investigated material was determined. Main research focused on evaluation how conducted modifications influenced hydrophobic and anti-icing properties of coatings. In addition, concentration was put to durability of modified topcoats. It was verified whether the coating is able to maintain its hydrophobic as well as icephobic properties after exposure to factors such high and low temperature, UV-radiation, corrosive environment and icing/de-icing.

Based on the obtained research results it was proved that modified polyurethane coatings reveal improved hydro- and icephobic properties. For best performing sample, the amount of accreted ice was reduced by 75%. Moreover, proposed chemical composition and microstructure of coatings provided durability for different environmental factors.