

Zinchuk Andrii
Politechnika Częstochowska
Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów

Streszczenie rozprawy doktorskiej
„ WYTWARZANIE i KOMPARATYWNA ANALIZA CECH POWŁOK ZE STOPÓW AlSi DO ZASTOSOWAŃ W UKŁADACH FILTROWENTYLACYJNYCH ’

Streszczenie

Rozprawa dotyczy powłok Al-Si na elementy układów filtrowentylacyjnych i wydechowych. Wybór przedmiotu badań w niniejszej rozprawie uwzględnia potrzeby społeczne, ekologiczne i ekonomiczne. Mając na względzie brak złóż boksytu w Polsce i produkcję wyrobów aluminiowych lub aluminiowanych opartą wyłącznie na imporcie i recyklingu, istotnym jest nie zwiększać ilościowego zapotrzebowania na aluminium, między innymi poprzez wytwarzanie cienkich powłok i ekologicznymi technologiami, jaką jest na przykład metoda PVD.

Celem pracy była kompleksowa analiza wpływu warunków wytwarzania powłok Al-Si dwiema technologiami: ogniową (zanurzeniową) i fizycznego osadzania z fazy gazowej (PVD) na cechy mikrostruktury i wybrane właściwości powłok pod kątem zastosowania w przemyśle motoryzacyjnym i filtrowentylacyjnym. Celem nadrzędnym pracy było określenie możliwości poprawy właściwości powłok AlSi wytworzonych ogniowo i rozpatrzenia ewentualnej dla nich alternatywy w postaci powłok wytworzonych metodą PVD, jako bardziej ekonomicznie uzasadnionych.

W części literaturowej, uzupełnionej o wnioski z badań wstępnych przedstawiono podstawy teoretycznych właściwości i mikrostruktury powłok Al-Si oraz ich zastosowania w przemyśle motoryzacyjnym i filtrowentylacyjnym. Przedstawiono również aktualną problematykę recyklingu i emisji gazowych w produkcji powłok Al-Si metodą: ogniową (zanurzeniową) i fizycznego osadzania z fazy gazowej (PVD).

W części badawczej wykonano szeroki zakres badań w warunkach laboratoryjnych. Zastosowane techniki badawcze zaprezentowano i opisano w części metodycznej. Obejmowały one: analizę składu chemicznego (EDX), cech powierzchni (profilometr, SEM), mikrostruktury i tekstury (mikroskopia świetlna, XRD, GIXRD). Wśród badań właściwości powłok i podłoży

wykonano badania naprężeń ($\sin^2\psi$), twardości (HV, nanotwardość), adhezji (test rysy), odporności na ścieranie (kulotester, tribotester), a także na udary mechaniczne i szoki cieplne.

Wszystkie zaprezentowane wyniki badań zostały poddane komparatywnej analizie. Podsumowując całość wykonanych badań oraz wykonanego rachunku kosztowego można stwierdzić, że powłoki PVD ze stopów Al-Si (szczególnie AlSi11) można uznać za spełniające postawione im cele w pracy. Mogą one bowiem stanowić alternatywę dla powłok zanurzeniowych (cynkowych i aluminiowych) do zastosowań w przemyśle filtrowentylacyjnym. Wykazują bardzo dobrą odporność na ścieranie, udary mechaniczne drobin stałych oraz szoki termiczne aż do 600°C.

Technologia PVD spełnia kryteria technologii ekologicznej (brak emisji) w przeciwieństwie do technologii zanurzeniowej. Ponadto, 1 tona czystego Al jest tańsza niż 1 tona Zn. Poziom recyklingu Al sięga 90%, a na odzyskiwanie aluminium wtórnego za pomocą recyklingu potrzebne jest tylko 10150 MJ/t w porównaniu do 20000 MJ/t zużywanych przy recyklingu Zn i większych stratach materiałowych.

Summary

The dissertation concerns Al-Si coatings for elements of filtering and exhaust systems. The choice of the research subject in this dissertation takes into account social, ecological and economic needs. Considering the lack of bauxite deposits in Poland and the production of aluminum or aluminized products, which is based only on import and recycling, it is important not to increase the quantitative demand for aluminum, including through the production of thin coatings and environmentally friendly technologies, such as the PVD method.

The aim of the work was to comprehensively analyze the influence of Al-Si coatings manufacturing conditions using two technologies: hot-dip and physical vapor deposition (PVD) on microstructure features and selected coating properties for use in the automotive and filtering industry. The main aim of the study was to determine the possibilities of improving the properties of AlSi coatings produced by hot-dip and considering possible alternatives for them in the form of coatings produced by the PVD method as more economically justified.

In the literature part, supplemented with conclusions from preliminary research is presented the basics of theoretical properties and microstructure of Al-Si coatings as well as their application in the automotive and filter ventilation industries. It also shows the current issues of recycling and gaseous emissions in the production of Al-Si coatings by the hot-dip and physical vapor deposition (PVD) methods.

In the research part, a wide range of tests was performed in laboratory conditions. The applied research techniques are presented and described in the methodological part. They included:

analysis of chemical composition (EDX), surface characteristics (roughness gauge, SEM), microstructure and texture (light microscopy, XRD, GIXRD). Among the tests of the properties of coatings and substrates, included stress testing ($\sin^2\psi$), hardness (HV, nanohardness), adhesion (scratch test), abrasion resistance (ball abrasion, tribotester), as well as mechanical shocks and thermal shocks.

All the presented research results have been subject to comparative analysis. Summarizing all the tests performed and the cost calculation performed, it can be concluded that PVD coatings made of Al-Si alloys (especially AlSi11) can be considered as meeting the goals set for them in the study. They can be an alternative to dip coatings (zinc and aluminum) for use in the filtering industry. They show a very good resistance to abrasion, mechanical impacts of solid particles and thermal shocks up to 600°C.

PVD technology meets the criteria of green technology (no emissions) in contrast to hot-dip technology. Moreover, 1 ton of pure Al is cheaper than 1 ton of Zn. The recycling rate of Al is up to 90%, and only 10150 MJ/t is needed for the recovery of secondary aluminum through recycling, compared to the 20000 MJ/t used in the recycling of Zn and higher material losses.