

Wpływ dodatków stopowych na właściwości korozyjne bezołowiowych stopów lutowniczych na osnowie Sn-Zn

The influence of alloying elements on the corrosion properties of Sn-Zn lead-free solders

Marcin Grobelny

Streszczenie

Przez dziesiątki lat najczęściej stosowanymi lutowiami w przemyśle elektronicznym były stopy cynowo-ołowiowe na bazie układu Sn-Pb. Lutowia zapewniały płytkom drukowanym i elementom elektronicznym odpowiednie połączenie, zarówno pod względem mechanicznym jak i elektrycznym. Jednakże, zużyta elektronika stanowi ogromne zagrożenie dla środowiska i zdrowia ludzkiego, albowiem ołów zaliczany jest do neurotoksyn, czyli związków toksycznych wpływających w głównej mierze na układ nerwowy. Stosowane lutowia cynowo-ołowiowe musiały zostać zastąpione nowymi stopami lutowniczymi, o właściwościach nie gorszych od dotychczas stosowanych, ale o składzie chemicznym przyjaznym dla środowiska.

Obecnie najpowszechniej stosowane są stopy Sn-Ag-Cu (SAC). Stopy te względu na obecność srebra jako dodatku stopowego są stosunkowo drogim materiałem, a biorąc pod uwagę, iż mają one zastosowanie w urządzeniach elektronicznych powszechnego użytku i o bardzo krótkim okresie użytkowania, ekonomicznie uzasadnionym jest poszukiwanie tańszych stopów-zamienników o nie gorszych właściwościach użytkowych. Takie wymagania spełniają stopy na bazie układu Sn-Zn. Jednakże w literaturze przekazywany jest pogląd, iż lutowia Sn-Zn charakteryzują się niską odpornością korozyjną.

Celem pracy było przeprowadzenie badań porównawczych i określenie właściwości korozyjnych bezołowiowych stopów lutowniczych na bazie cyny, w tym komercyjnego stopu SAC305 (Sn-3Ag-0,5Cu) oraz grupy stopów zawierających różne ilości cynku. Do realizacji zadań badawczych zastosowano szereg metod eksperymentalnych, w tym: elektrochemiczne badania korozyjne technikami woltamperometrii oraz elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej, badania korozji galwanicznej, mikroskopie świetlnej i skaningową mikroskopie elektronową oraz badanie odporności korozyjnej w atmosferze mgły solnej.

Przeprowadzone prace badawcze pozwalają na stwierdzenie, iż obecność i forma, w jakiej

występuje cynk w lutowiacz typu Sn-Zn oraz Sn-Zn-Cu ma decydujący wpływ na ich korozyjne parametry elektrochemiczne. Badania porównawcze stopów na bazie układu Sn-Zn oraz stopu SAC wykazały, iż dwuskładnikowe stopy Sn-Zn charakteryzują się wyższymi wartościami gęstości prądów korozyjnych w porównaniu do stopu SAC. Jednakże, dane literaturowe wskazują, iż różnica w gęstości prądu korozyjnego wynosząca około dwa rzędy wielkości jest różnicą akceptowalną. Z punktu widzenia korozyjnych właściwości lutowiacz, różnica taka jest nieistotną, a w związku z tym lutowiacz typu Sn-Zn oraz SAC charakteryzują się zbliżonymi właściwościami korozyjnymi.

W pracy przedstawiono również mechanizm procesów korozyjnych lutowiacz na bazie układu Sn-Zn oraz komercyjnego stopu SAC, z którego wynika, iż procesy korozji elektrochemicznej badanych stopów o osnowie cyny zawierające Zn składają się z dwóch procesów: utleniania cyny oraz utleniania cynku. Z przeprowadzonych badań wynika, iż to anodowe procesy z udziałem cynku determinują odporność korozyjną lutowiacz cynowo-cynkowych. Jednakże, proces taki przebiega tylko w specyficznych warunkach, tj. w warunkach niskiego pH, które w warunkach naturalnych użytkowania urządzeń elektronicznych nie występuje.

Abstract

For decades, tin-lead alloys based on the Sn-Pb system have been the most commonly used solders in the electronic industry. These solders ensured appropriate mechanical and electrical connection for the printed circuit boards and electronic components. However, the disused electronic components, present a huge threat to the environment and human health since lead is considered to belong to neurotoxins, i.e. toxic compounds that affect mainly the nervous system. Tin-lead solders used had to be replaced with new solders, with not worse properties, but with an environmentally friendly chemical composition. Currently, the most widely used are Sn-Ag-Cu (SAC) solder alloys. These alloys, due to the presence of silver, are a relatively expensive material and taking into account the fact that they are used in the common electronic devices of a very short service life, it is economically justified to look for cheaper alloys-substitutes with no worse useful properties.

Such requirements are met by alloys based on the Sn-Zn system. However, the literature gives the view that Sn-Zn solders have low corrosion resistance.

The aim of the work was to conduct comparative examinations and determine the corrosion properties of lead-free solder alloys based on tin, including the commercial SAC305 alloy (Sn-3Ag-0.5Cu) and the group of alloys containing various amounts of zinc. A number of experimental methods were used to carry out research tasks, including: electrochemical corrosion tests using voltammetry and electrochemical impedance spectroscopy, galvanic corrosion tests, light microscopy and scanning electron microscopy as well as corrosion resistance testing in salt spray test.

The experimental examination carried out lead to the conclusion that the presence and the form in which the zinc is present in Sn-Zn and Sn-Zn-Cu solders has a decisive influence on the electrochemical corrosion parameters. Comparative studies of alloys based on the Sn-Zn system and the SAC alloy have shown that the binary Sn-Zn alloys have higher values of corrosion current density compared to the SAC alloy. However, the literature data indicate that the difference in the corrosion current density of about two orders of magnitude is an acceptable difference. From the point of view of the corrosion properties of solders, this difference is irrelevant, and therefore the Sn-Zn and SAC type solders have similar corrosion properties.

The work also presents the mechanism of corrosion processes of Sn-Zn solders and SAC solders. Electrochemical corrosion processes of Sn-Zn alloys consist of two processes: tin oxidation and zinc oxidation. The research shows that anodic zinc oxidation processes determine the corrosion resistance of tin-zinc solders. However, such a process takes place only under specific conditions, i.e. under low pH conditions, which does not occur under natural conditions of use of electronic devices.

[Recenzja - Prof. R. Filipek](#)

[Recenzja - Prof. M. Trzaska](#)