

**BADANIE POWIERZCHNIOWYCH ZANIECZYSZCZEŃ JONOWYCH
WYSTĘPUJĄCYCH NA PŁYTKACH OBWODÓW DRUKOWANYCH**

IONIC CONTAMINATION TESTS ON PRINTED CIRCUIT BOARDS

Magdalena Bacior¹⁾, Aleksandra Siewiorek, Artur Kudyba, Natalia Sobczak²⁾

*¹⁾ Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Chemii i Fizyki,
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków, ²⁾ Instytut Odlewnictwa, Centrum Badań Wysokotemperaturowych, ul. Zakopiańska 73,
30-418 Kraków*

*¹⁾ University of Agriculture in Krakow, Faculty of Agriculture and Economics, Department of Chemistry and Physics,
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków, ²⁾ Foundry Research Institute, Center for High-Temperature Studies, ul. Zakopiańska 73,
30-418 Kraków*

E-mail: m.bacior@ur.krakow.pl

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu rodzaju pokrycia płytek obwodów drukowanych PCB na ilość występujących na ich powierzchni zanieczyszczeń jonowych. Badania wykonano w temperaturze pokojowej na płytkach PCB z trzema rodzajami pokrycia: HASL LF – bezołowiowe, ENIG, OSP – pokrycie organiczne.

Słowa kluczowe: zanieczyszczenia jonowe, płytki PCB

Abstract

The paper presents the results of the effect of coating type on the amount of ionic contaminants present on printed circuit boards. The study was performed at the RT on the PCB with three types of coatings: HASL LF – lead-free, ENIG, OSP – organic coating.

Keywords: ionic contamination, PCB

Wprowadzenie

Płytki obwodu drukowanego PCB (ang. *Printed Circuit Board*) wchodzi w skład wielu urządzeń elektronicznych. Można je spotkać zarówno w sprzęcie powszechnego użytku, jak również w sprzęcie specjalistycznym. PCB jest to płytka izolacyjna odpowiedniej grubości i sztywności, pokryta licznymi przewodzącymi ścieżkami i polami lutowniczymi. W wielowarstwowych płytkach ścieżka połączeń jest trójwymiarowa i łączy elementy poszczególnych warstw. Jako materiał przewodzący zwykle stosuje się miedź lub nikiel z dodatkiem fosforu (około 9% wag. P) [1]. Na pola lutownicze oraz ścieżki przewodzące nanosi się powłoki ochronne (np. HASL LF, ENIG, OSP), których głównym celem jest zapobieganie procesowi utleniania materiału przewodzącego (Cu lub Ni-P) w okresie między wytworzeniem płytki a procesem lutowania komponentów elektronicznych na płycie. Powłoki ochronne wpływają też na jakość połączenia lutowanego, ponieważ tworzone z ich udziałem związki

Introduction

The printed circuit boards (PCB) are included in many electronic devices. They can be found both in consumer electronics, as well as in specialised equipment. The printed circuit board PCB is the insulation board with a suitable thickness and stiffness, covered with numerous conductive tracks and soldering fields. In multi-layer boards, the connection track is three-dimensional and combines elements of individual layers. Copper or nickel with phosphorus additive (about 9% by weight of P) [1] are normally used as conductive materials. On the soldering fields and conductive tracks are applied protective coatings (e.g., HASL LF, ENIG, OSP), the main aim of which is to prevent the oxidation process of the conductive material (Cu or Ni-P) in the period between the board formation and the soldering process of electronic components on the board. The protective coatings also affect the quality of the soldered connection, because of intermetallic compounds generated with

międzymetaliczne na granicy rozdziału powłoka/lutowie wpływają na właściwości elektryczne, mechaniczne i niezawodność połączenia lutowanego [2].

W pracach [3, 4] badano wpływ rodzaju pokrycia oraz stosowanego topnika na lutowalność płytek PCB stopem bezołowiowym SAC305. Badania wykonano w temperaturze 260°C na płytkach z trzema rodzajami pokrycia (HASL LF – bezołowiowe, ENIG, OSP), stosując 2 gatunki topnika (EF2202 i RF800). Najkrótszy czas zwilżania zanotowano w przypadku płytek z pokryciem OSP. Dla płytek z pokryciem ENIG czas zwilżania był najdłuższy.

Zanieczyszczenia obecne na zespołach elektronicznych, w warunkach zwiększonej wilgotności mogą powodować obniżenie oporności powierzchniowej izolacji i w konsekwencji wzrost upływu prądu, korozję chemiczną i elektrochemiczną powłok galwanicznych, powstawanie dendrytów. Prowadzi to do uszkodzeń wyrobów elektronicznych, a więc pogarsza ich niezawodność. Dlatego istotne jest mycie podzespołów w celu usunięcia cząstek ciał obcych, pozostałości topnika i innych zanieczyszczeń [1, 5].

Zespoły elektroniczne na płytkach drukowanych powstają w wyniku szeregu skomplikowanych procesów, takich jak: wytwarzanie obwodów drukowanych, nanoszenie powłok ochronnych, montaż podzespołów, lutowanie, mycie. Każdy z procesów może być źródłem zanieczyszczeń. Wyróżniamy trzy typy zanieczyszczeń [1, 2, 5]: jonowe, niejonowe i inne, wśród których zanieczyszczenia jonowe są zanieczyszczeniami najgroźniejszymi. Pod wpływem wody rozpadają się one na jony i przewodzą prąd. Przykładowo chlorek sodu występujący w pocie ludzkim pod wpływem wilgoci rozpada się na jony: $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$. Pozostawienie zanieczyszczeń jonowych szczególnie chlorków i bromków na podłożu prowadzi do korozji na skutek różnicy potencjału między metalami mającymi kontakt przez wilgoć oraz do przepływu prądu związanego z obecnością jonów.

Największe źródło zanieczyszczeń stanowią procesy, w których biorą udział topniki czyli na przykład nakładanie powłok metalowych na płytki drukowane metodą HASL oraz lutowanie. W trakcie lutowania źródłem jonów mogą być topniki, produkty termicznej degradacji topników, a w wyższej temperaturze lutowania stopami bezołowiowymi – produkty reakcji między topnikami a tlenkami na końcówkach elementów lutowanych i lutowiu.

W zależności od metody pomiarowej wyróżniamy różne wartości dopuszczalnego zanieczyszczenia. Dla pomiarów przy użyciu jonografu wartość ta wynosi 3,1 $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$ [5, 8]. Według innych źródeł przyjmuje się, że zanieczyszczenia na płytkach drukowanych i podzespołach elektronicznych wchodzących do montażu nie powinny przekraczać wartości 0,8 $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$ [6, 7].

W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu rodzaju pokrycia płytek PCB na ilość występujących

their participation on the split line – coating/solder affect the electrical, mechanical characteristics as well as the reliability of a soldered connection [2].

An influence of coating type and applicable fluxing agent on the solderability of PCBs with the SAC305 lead-free alloy was tested under the works [3, 4]. Tests were performed at a temperature of 260°C on the boards with three types of coating (HASL LF – lead-free, ENIG, OSP), using two types of fluxing agents (EF2202 and RF800). The shortest moistening time was observed in the case of boards coated with OSP. The longest moistening time was observed in the case of boards coated with ENIG.

Contaminants present in the electronic assemblies, in the increased moisture conditions may result in the reduction of insulation surface resistance and in consequence the increase in electrical leakage, chemical and electrochemical corrosion of galvanic coatings, formation of dendrites. This leads to damage of electronic products, and thus impairs their reliability. Therefore, it is important to wash components in order to remove foreign bodies, particles, residues of fluxing agent and other impurities [1, 5].

Electronic components on the circuit boards are the result of a series of complex processes, such as production of printed circuits, application of protective coatings, installation of components, soldering, cleaning. Each of the processes can be a source of impurities. There are three types of contaminants [1, 2, 5]: ionic, non-ionic and other, among which ionic contaminants are the most serious contaminants. Under the influence of water, they decompose into ions and conduct electricity. For example, sodium chloride appearing in human sweat decomposes into ions: $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ under the influence of moisture. Leaving the ionic contaminants, particularly chlorides and bromides, on the substrate leads to corrosion due to the potential difference between the metals having contact due to moisture, and the current flow associated with the presence of ions.

The largest sources of contaminants are processes involving fluxing agents, that is for example, applying the metal coatings on the PCB boards with the HASL method and soldering. While soldering the fluxing agents, the products of the fluxing agent thermal degradation can be the source of ions, and at the higher temperature of soldering with lead-free alloys – products of the reaction between fluxing agents and oxides on the ends of soldered components and solder.

Depending on the method of measurement, there are different values of allowable contamination. For measurements with the help of ionograph, this value is 3.1 $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$ [5, 8]. According to other sources, it is assumed that the contamination of PCB and electronic components included in the installation should not exceed 0.8 $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$ [6, 7].

zanieczyszczeń jonowych na płytkach obwodów drukowanych. Badania wykonano w temperaturze pokojowej na płytkach PCB z trzema rodzajami pokrycia (HASL LF – bezołowiowe, ENIG, OSP – pokrycie organiczne).

Materiały i metodyka badawcza

Materiały do badań

Materiałami do badań były płytki obwodów drukowanych – PCB (producent ELTAR) z trzema rodzajami pokryć, których szczegółowa charakterystyka podana jest w tabeli 1.

The results of the impact of such PCB boards coating on the amount of ionic contaminants present in printed circuit boards were presented in the paper. The tests were performed at a room temperature on PCB with three types of coating (HASL LF – lead-free, ENIG, OSP – organic coating).

Materials and research methods

Test material

The test materials were printed circuit boards – PCB (manufacturer – ELTAR) with three types of coating. The detailed description is given in table 1.

Tabela 1. Rodzaje pokryć na płytkach PCB stosowanych do badań zanieczyszczeń jonowych
Table 1. Types of PCB finishes used in ionic contamination tests

Rodzaj pokrycia Type of coating	Opis / Description	Grubość warstwy Cu, μm Cu coating thickness, μm
HASL LF	(ang. <i>Hot Air Solder Leveling process</i>), bezołowiowe lutowie (SnCu lub SnAgCu) o grubości 1,3–35 μm naniesione na Cu Hot Air Solder Levelling process, lead-free solder (SnCu or SnAgCu) with a thickness of 1.3–35 μm applied on Cu	18
ENIG	(ang. <i>Electroless Nickel Immersion Gold coating</i>), warstwa 0,05–0,25 μm złota na 1–8 μm niklu naniesiona na Cu Electroless Nickel Immersion Gold coating, 0.05–0.25 μm layer of gold on 1–8 μm of nickel applied on Cu	18 i 35 / 18 and 35
OSP	(ang. <i>Organic Surface Preservatives</i>), związki organiczne: pochodne benzimidazoli, imidazoli, arylofenyloimidazoli o typowej grubości 0,2–0,5 μm naniesione na Cu Organic Surface Preservatives, organic compounds: derivatives of benzimidazoles, imidazoles and arylofenyloimidazoles with a typical thickness of 0.2–0.5 μm applied on Cu	18 i 35 / 18 and 35

Badano poziom zanieczyszczeń jonowych powierzchni płytek obwodów drukowanych oraz identycznych płytek z dolutowanymi do nich komponentami. Badane próbki różniły się rodzajem i grubością pokrycia. Były to płytki z pokryciem naniesionym metodą HASL, płytki z pokryciem ENIG oraz płytki z pokryciem OSP, o grubościach 18 μm i 35 μm . Powierzchnia każdej płytki wynosiła 143 cm^2 . Przykładową płytkę PCB z pokryciem ENIG przedstawiono na rysunku 1.

W drugim etapie badań powierzchnie płytek bez komponentów poddano działaniu topników EF2202 oraz RF800 a następnie ponownie zbadano poziom występujących na nich zanieczyszczeń.

Metodyka i aparatura badawcza

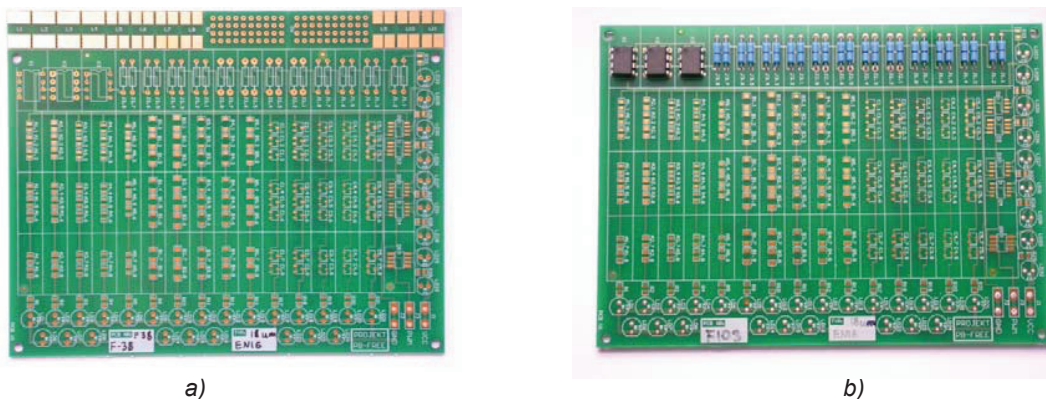
Do sprawdzenia czystości płytek drukowanych (PCB) zastosowano jonograf Contamino CT100 firmy Métronélec, Francja (rys. 2). Jonograf ten jest urządzeniem pozwalającym w prosty i precyzyjny sposób zmierzyć poziom zanieczyszczenia jonami płytek obwodów drukowanych [9].

The level of surface ionic contamination of the printed circuit boards and identical boards with soldered components was tested. Test samples differed in the type and thickness of the coating. They were boards with coating applied with the HASL method, boards with ENIG coating and boards with TSO coating with a thicknesses of 18 μm and 35 μm . The surface of each board was 143 cm^2 . A sample PCB board with the ENIG coating is shown in Figure 1.

In the second stage of the tests, the surfaces of the board without components were treated with the fluxing agent EF2202 and RF800, and then was carried out the re-examination of the present contaminant level.

Methodology and test apparatus

Ionograph Contamino CT100 Métronélec, France (Figure 2) has been used to check the cleanliness of the printed circuit board (PCB). This ionograph is the device that allows you to easily and accurately measure the ion contamination level of printed circuit boards [9].



Rys. 1. Wygląd przykładowej płytki PCB z pokryciem ENIG o grubości 18 μm : a) bez wlotowanych komponentów; b) z wlotowanymi komponentami

Fig. 1. Example of PCB ENIG 18: a) without soldered components; b) with soldered components



Rys. 2. Jonograf Contamino CT100, Métronélec (Francja)

Fig. 2. Ionic contamination tester Contamino CT100, Métronélec (France)

Nawet po bardzo dobrym czyszczeniu płytek drukowanych można zarejestrować na nich pewien osad. Do jego ekstrakcji stosuje się roztwór ultraczystego izopropanolu i zdejonizowanej wody (propanol-2). Alkohol rozpuszcza składniki niepolarne, natomiast woda reszty polarne osadu [10].

Przed rozpoczęciem pomiarów sporządzono 5 litrów 50% roztworu ultraczystego izopropanolu i zdejonizowanej wody. Na początku każdej serii pomiarowej zmierzono temperaturę roztworu i jego gęstość oraz korzystając z wykresu kalibracyjnego, zależności stężenia procentowego roztworu od jego gęstości dla danej temperatury sprawdzono, czy stężenie roztworu mieści się między 45% a 55% i przystąpiono do pomiarów. Przed każdym pomiarem dokonywano automatycznej regeneracji roztworu.

Wyniki badań

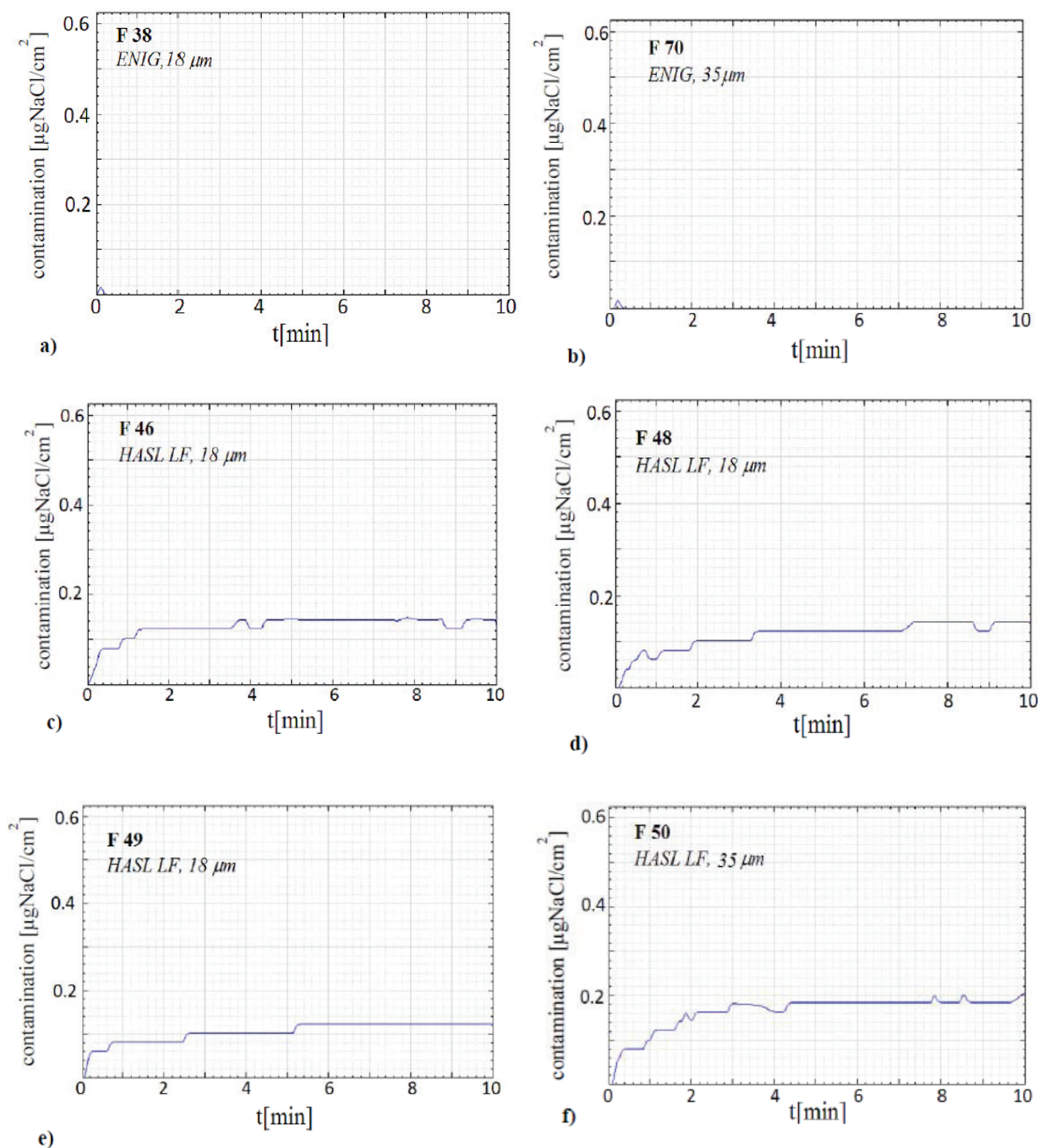
Wyniki badań zanieczyszczeń jonowych w funkcji czasu t powierzchni płytek PCB bez wlotowanych komponentów przedstawiono na rysunkach 3 i 4.

Even after a very good cleaning of the printed circuit boards, some deposits can be seen on them. The ultra-pure isopropanol and deionized water (2-propanol) solution is used for its extraction. Alcohol dissolves non-polar components while water dissolves the polar rest of the deposit [10].

5 litres of 50% ultra-clear isopropanol and deionized water solution had been prepared before measurements started. The temperature of the solution and its density were measured at the beginning of each measurement series, and with the help of the calibration graph of the relation between the solution percentage concentration and the density at the given temperature, it was examined whether the concentration of the solution is between 45% and 55%, and then measurement started. Automatic regeneration of the solution had been made before each measurement.

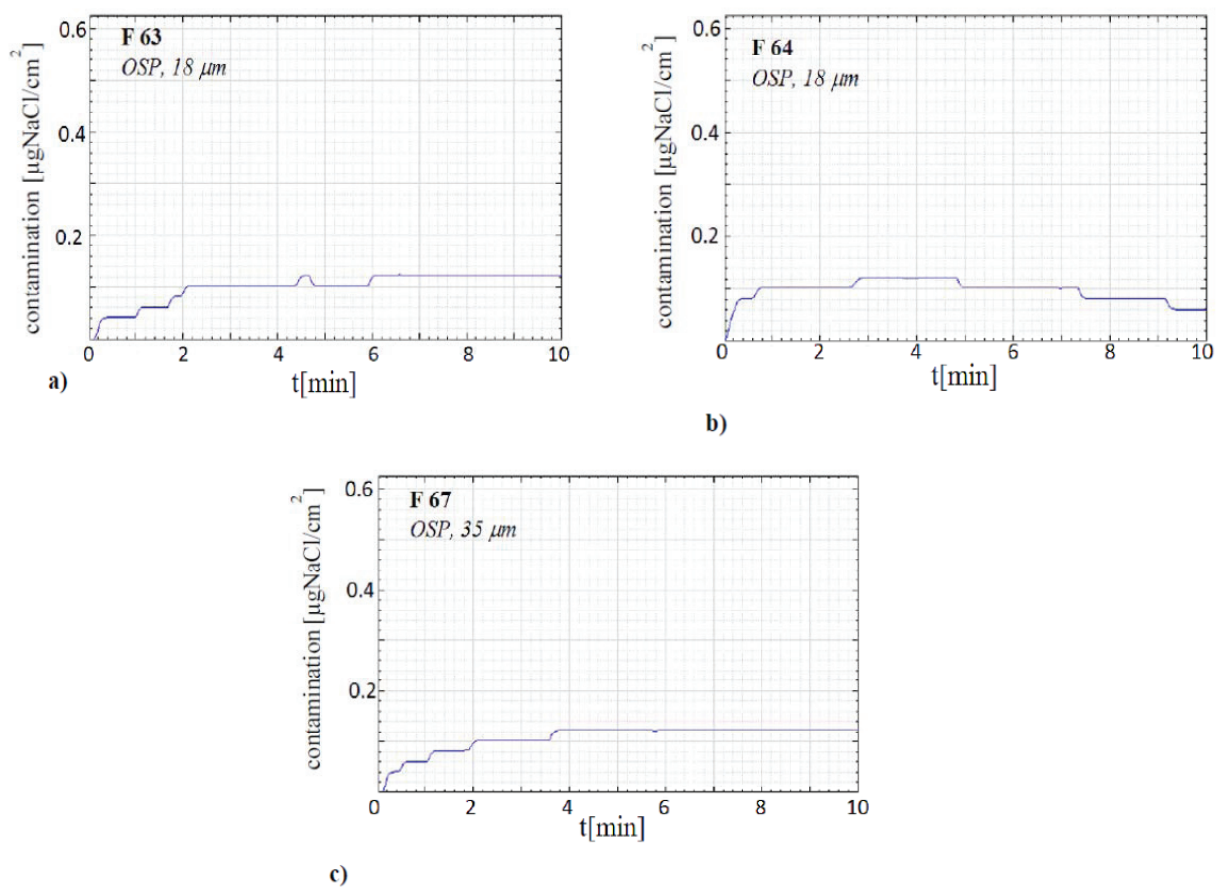
Test results

The results of ionic contamination tests as a function of time t of the PCB boards surface without soldered components are shown in figures 3 and 4.



Rys. 3. Zależność zanieczyszczenia jonowego wyrażonego w $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$ powierzchni płytek PCB o różnych pokryciach, bez wlutowanych komponentów w funkcji czasu: a) pokrycie ENIG, grubość warstwy miedzi – 18 μm ; b) pokrycie ENIG, 35 μm ; c–e) pokrycie HASL LF, 18 μm ; f) pokrycie HASL LF, 35 μm

Fig. 3. Ionic contamination expressed as $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$ for different PCB surface, without soldered components as a function of time: a) ENIG surface finish, the thickness of copper layer – 18 μm ; b) ENIG surface finish, 35 μm ; c–e) HASL LF surface finish, 18 μm ; f) HASL LF surface finish, 35 μm



Rys. 4. Zależność zanieczyszczenia jonowego wyrażonego w $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$ powierzchni płytek PCB o różnych pokryciach, bez wlutowanych komponentów w funkcji czasu: a–b) pokrycie OSP, grubość warstwy miedzi – $18 \mu\text{m}$; c) pokrycie OSP, $35 \mu\text{m}$

Fig. 4. Ionic contamination expressed as $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$ for different PCB surface finishes without soldered components as a function of time: a–b) OSP surface finish, the thickness of copper layer – $18 \mu\text{m}$; c) OSP surface finish, $35 \mu\text{m}$

W grupie płytek bez wlutowanych elementów najmniejszą średnią wartość zanieczyszczenia uzyskano dla powierzchni ENIG o grubości warstwy miedzi $18 \mu\text{m}$: $0,01 \mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$, a największą dla powierzchni HASL LF, $18 \mu\text{m}$: $0,149 \mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$.

Zanieczyszczenia jonowe na powierzchni płytek PCB z wlutowanymi elementami przedstawiono na rysunkach 5 i 6. Najmniej zanieczyszczone były płytki z pokryciem HASL LF, $18 \mu\text{m}$: $0,289 \mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$, a najbardziej zanieczyszczone płytki z pokryciem organicznym, o grubości warstwy miedzi $18 \mu\text{m}$: $0,441 \mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$.

Wykresy zamieszczone na rysunkach 7 i 8 przedstawiają zanieczyszczenia płytek poddanych działaniu topnika EF2202. Najniższą wartość zanieczyszczenia w tej grupie miały płytki z powłoką OSP, $18 \mu\text{m}$: $0,545 \mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$, a najwyższą płytki z pokryciem organicznym o grubości warstwy miedzi równej $35 \mu\text{m}$: $1,172 \mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$. Zanieczyszczenia powierzchni płytek PCB, poddanych działaniu topnika RF800 przedstawiają wykresy 9 i 10. Otrzymane wartości mieszczą się w zakresie między $0,828 \mu\text{g NaCl}/$

In the group of boards without soldered components, the lowest average value of contamination was obtained for the ENIG surface with the thickness of the copper – $18 \mu\text{m}$: $0.01 \mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$, and the highest for the HASL LF surface, $18 \mu\text{m}$: $0.149 \mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$.

Ionic contaminants on the surface of the PCB boards with soldered components are shown in figures 5 and 6. The least contaminated boards had HASL LF coating, $18 \mu\text{m}$: $0.289 \mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$, and most contaminated boards had an organic coating, with a copper layer thickness of $18 \mu\text{m}$: $0.441 \mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$.

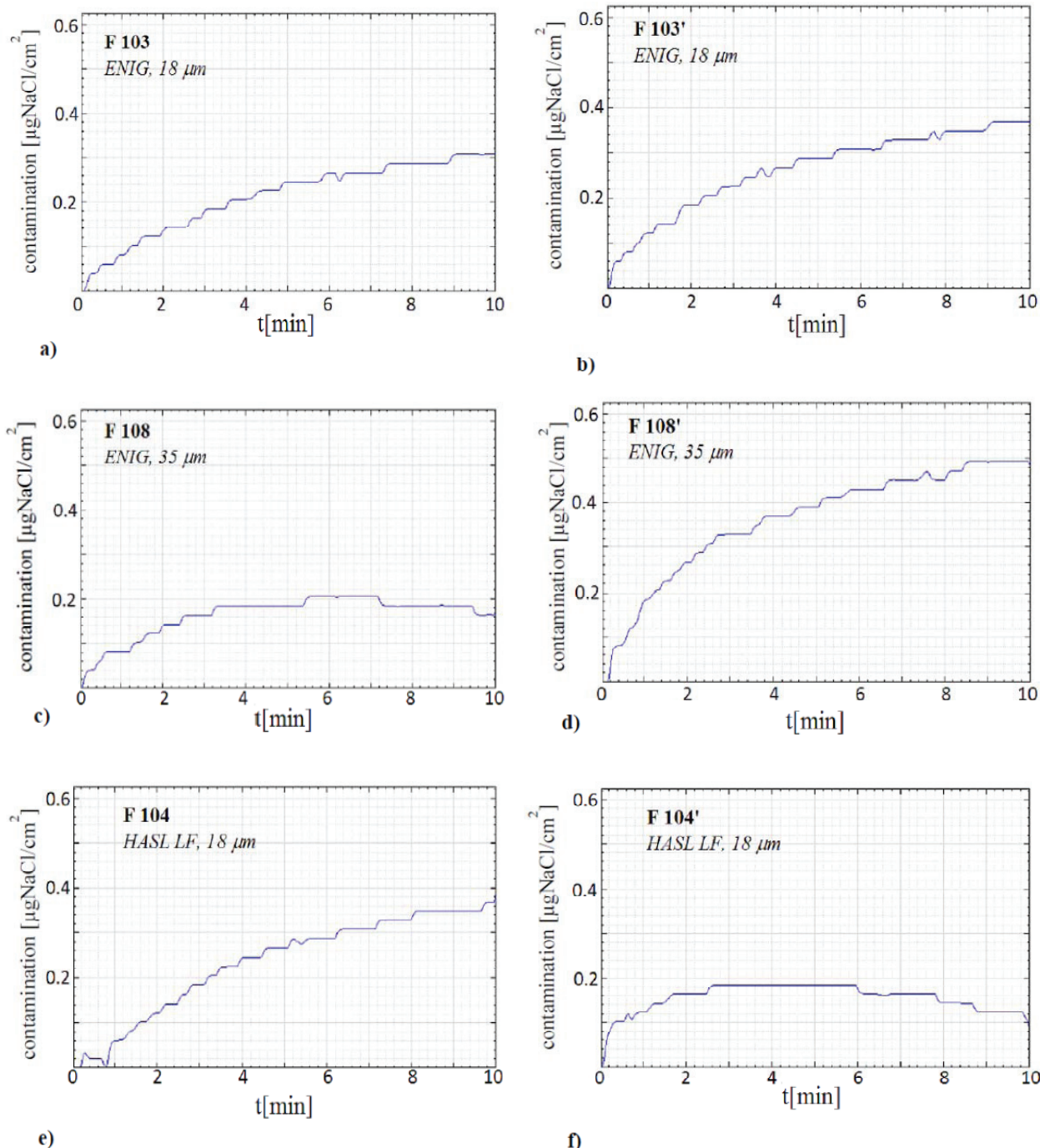
Graphs presented in Figures 7 and 8 show the contamination of boards treated with the EF2202 fluxing agent. The lowest amount of contamination in this group had the boards with the OSP coating, $18 \mu\text{m}$: $0.545 \mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$, and the highest – boards with the organic coating with the copper layer thickness of $35 \mu\text{m}$: $1.172 \mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$. Surface contamination of the PCB boards, treated with the RF800 fluxing agent is shown in graphs 9 and 10.

cm² dla OSP 18 μm a 1,057 μg NaCl/cm² dla płytek z pokryciem HASL LF, 18 μm.

Zestawienie wyznaczonych wartości zanieczyszczeń jonowych wraz z ich wartościami średnimi zaprezentowano w tabeli 2, w nawiasach podano oznaczenia badanych płytek.

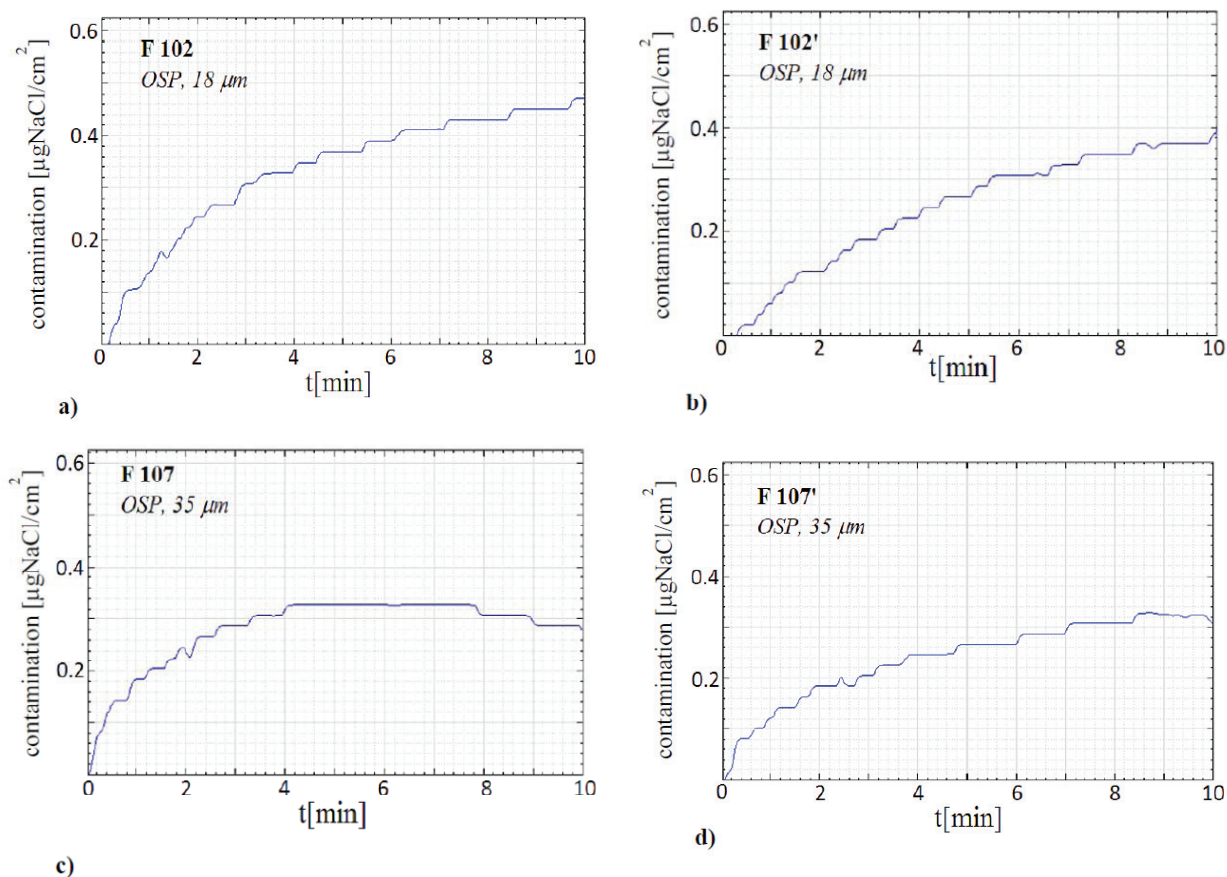
The obtained values are in the range between 0.828 μg NaCl/cm² for OSP 18 μm and 1.057 μg NaCl/cm² for boards with HASL LF, coating – 18 μm.

The summary of the set values of ionic contamination and their mean values are shown in Table 2, designations of tested boards are in brackets.



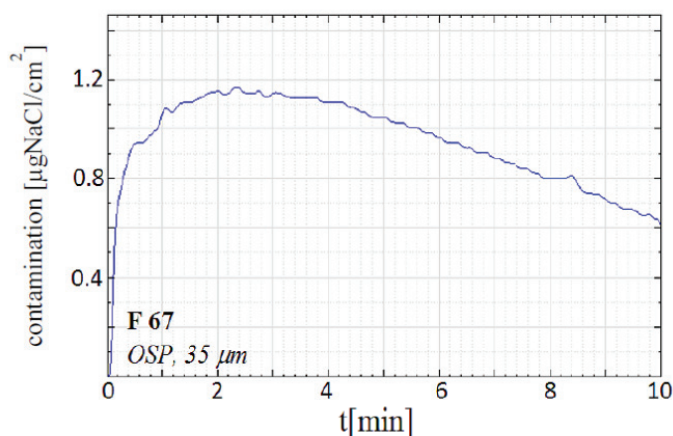
Rys. 5. Zależność zanieczyszczenia jonowego wyrażonego w μg NaCl/cm² powierzchni płytek PCB o różnych pokryciach z wlutowanymi komponentami w funkcji czasu: a–b) pokrycie ENIG, grubość warstwy miedzi – 18 μm; c–d) pokrycie ENIG, 35 μm; e–f) pokrycie HASL LF, 18 μm

Fig. 5. Ionic contamination expressed as μg NaCl/cm² for different PCB surface finishes without soldered components as a function of time: a–b) ENIG surface finish, the thickness of copper layer – 18 μm; c–d) ENIG surface finish, 35 μm; e–f) HASL LF surface finish, 18 μm



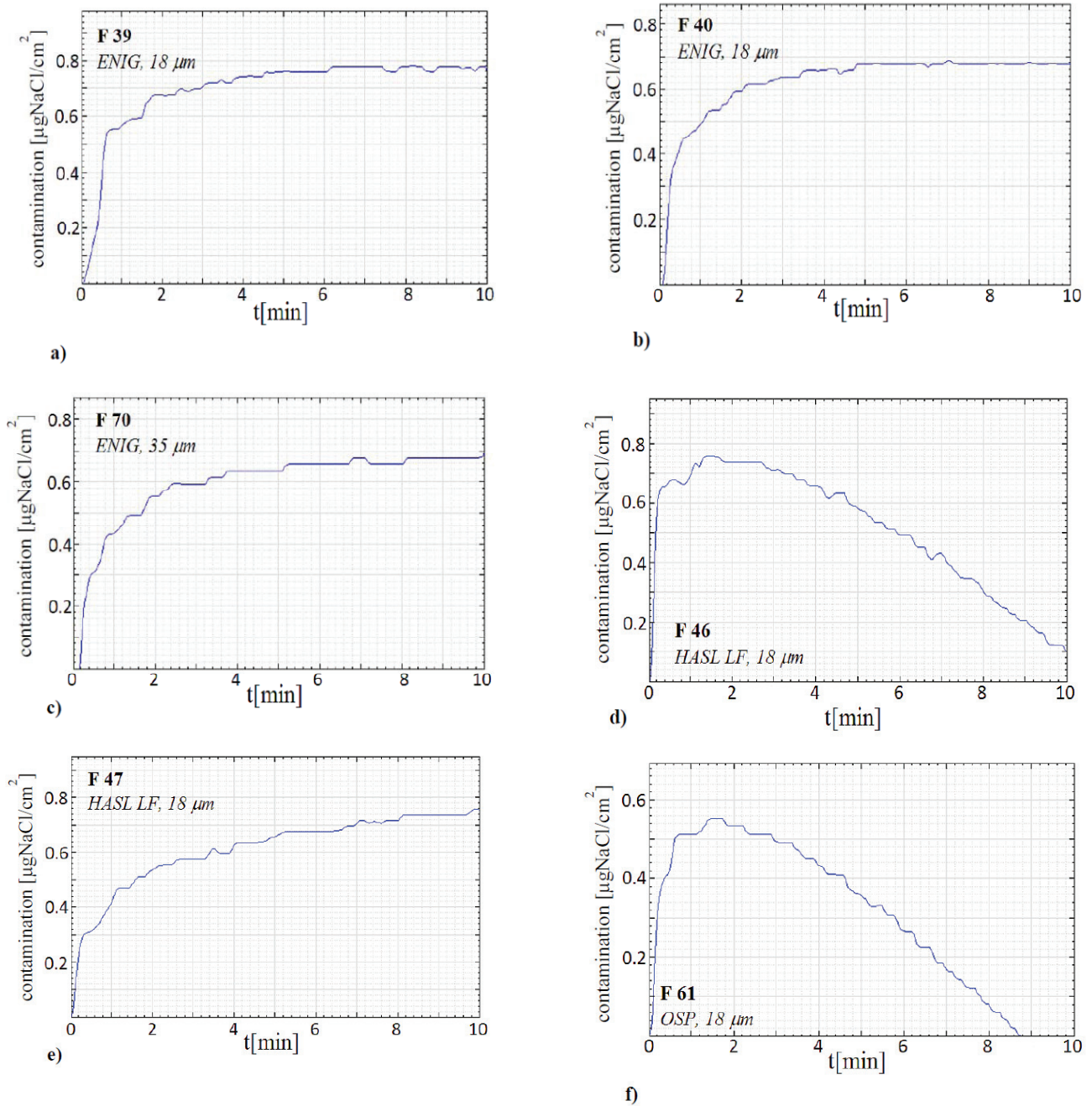
Rys. 6. Zależność zanieczyszczenia jonowego wyrażonego w $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$ powierzchni płytek PCB o różnych pokryciach z wlutowanymi komponentami w funkcji czasu: a–b) pokrycie OSP, grubość warstwy miedzi – 18 μm ; c–d) pokrycie OSP, 35 μm

Fig. 6. Ionic contamination expressed as $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$, as a function of time for different PCB surface finishes with soldered components: a–b) OSP surface finish, the thickness of copper layer – 18 μm ; c–d) OSP surface finish, 35 μm



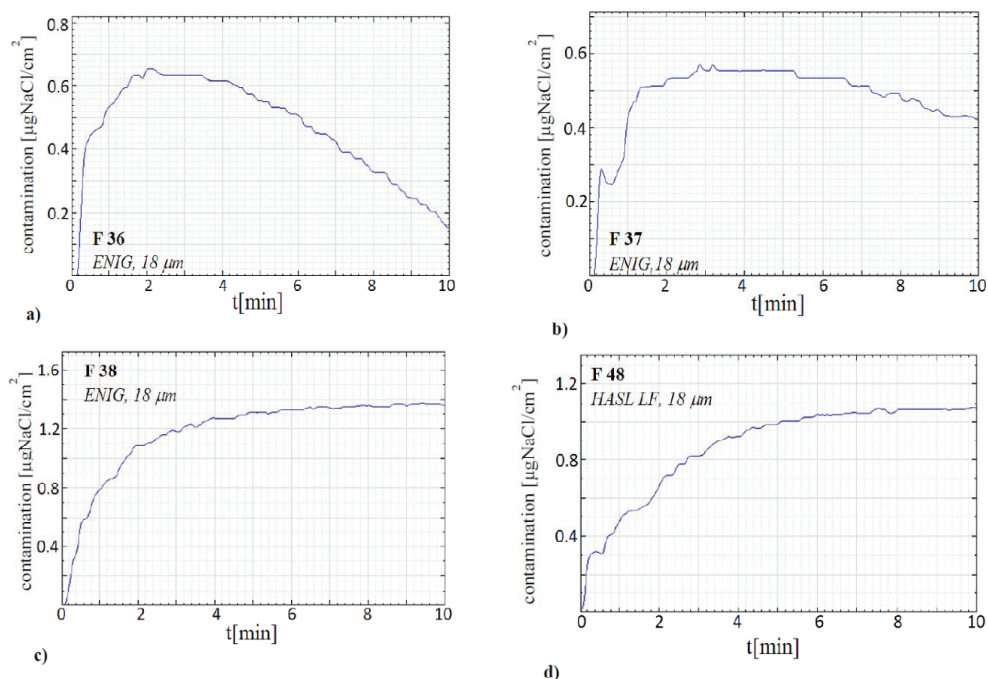
Rys. 8. Zależność zanieczyszczenia jonowego wyrażonego w $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$ powierzchni płytki PCB z pokryciem OSP, 35 μm , bez wlutowanych elementów, poddanej działaniu topnika EF2202 w funkcji czasu

Fig. 8. Ionic contamination expressed as $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$ for OSP PCB surface finish, 35 μm , without soldered components, after flux EF2202 activity, as a time function



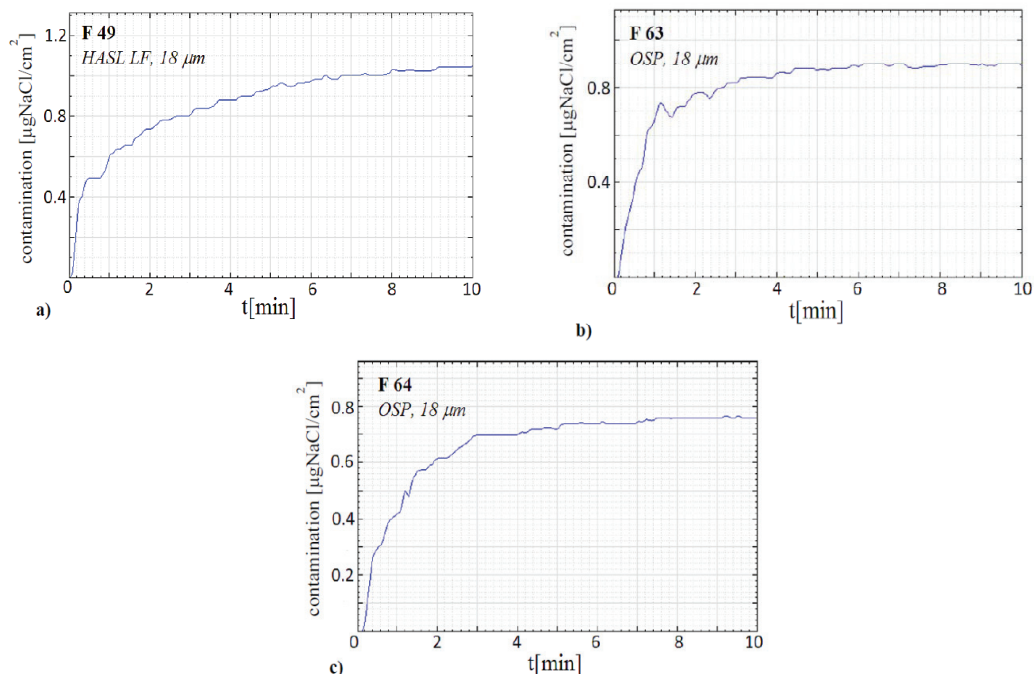
Rys. 7. Zależność zanieczyszczenia jonowego wyrażonego w $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$ powierzchni płytek PCB o różnych pokryciach bez wlotowanych elementów, poddanych działaniu topnika EF2202 w funkcji czasu: a–b) pokrycie ENIG, grubość warstwy miedzi – 18 μm ; c) pokrycie ENIG, 35 μm ; d–e) pokrycie HASL LF, 18 μm ; f) pokrycie OSP, 18 μm

Fig. 7. Ionic contamination expressed as $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$ for different PCB surface finishes without soldered components, after flux EF2202 activity as a function of time: a–b) ENIG surface finish, the thickness of the copper layer – 18 μm ; c) ENIG surface finish, 35 μm ; d–e) HASL LF surface finish, 18 μm ; f) OSP surface finish, 18 μm



Rys. 9. Zależność zanieczyszczenia jonowego wyrażonego w $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$ powierzchni płytek PCB o różnych pokryciach bez wlutowanych elementów, poddanych działaniu topnika RF800 w funkcji czasu: a–c) pokrycie ENIG, grubość warstwy miedzi – $18 \mu\text{m}$; d) pokrycie HASL LF, $18 \mu\text{m}$

Fig. 9. Ionic contamination expressed as $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$ for different surface finishes without soldered components, after flux RF800 activity as a time function: a–c) ENIG surface finish, the thickness of copper layer – $18 \mu\text{m}$; d) HASL LF surface finish, $18 \mu\text{m}$



Rys. 10. Zależność zanieczyszczenia jonowego wyrażonego w $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$ powierzchni płytek PCB o różnych pokryciach bez wlutowanych elementów, poddanych działaniu topnika RF800 w funkcji czasu: a) pokrycie HASL LF, grubość warstwy miedzi – $18 \mu\text{m}$; b–c) pokrycie OSP, $18 \mu\text{m}$

Fig. 10. Ionic contamination expressed as $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$ occurred while using for different surface finishes without soldered components, after flux RF800 as a function of time: a) HASL LF surface finish, the thickness of the copper layer – $18 \mu\text{m}$; b–c) OSP surface finishes, $18 \mu\text{m}$

Tabela 2. Porównanie wyznaczonych wartości zanieczyszczeń jonowych wyrażonych w $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$
 Table 2. Comparison of determined values of ionic contaminants in $\mu\text{g NaCl}/\text{cm}^2$

	Płytki bez komponentów Boards without components		Płytki z komponentami Boards with components		Płytki bez komponentów z topnikiem EF2202 Boards without components with EF2202 fluxing agent		Płytki bez komponentów z topnikiem RF800 Boards without components with RF800 fluxing agent	
	I seria series I	II seria series II	I seria series I	II seria series II	I seria series I	II seria series II	I seria series I	II seria series II
18	0,018 (F38)	<0,003 (F39)	0,310 (F103)	0,368 (F103')	0,689 (F40)	0,781 (F39)	0,571(F37) 0,658(F36)	1,372 (F38)
średnia average	0,010		0,339		0,735		0,867	
35	0,020 (F70)		0,206 (F108)	0,485 (F108')	0,696 (F70)		-	
średnia average	0,020		0,345		0,696		-	
18	0,205 (F50) 0,123 (F49)	0,140 (F48) 0,127 (F46)	0,392 (F104)	0,186 (F104')	0,754 (F47)	0,762 (F46)	1,048 (F49)	1,066 (F48)
średnia average	0,149		0,289		0,758		1,057	
18	0,125 (F63)	0,122 (F64)	0,475 (F102)	0,407(F102')	0,545 (F61)		0,898 (F63)	0,758 (F64)
średnia average	0,123		0,441		0,545		0,828	
35	0,123 (F67)		0,325 (F107)	0,328 (F107')	1,172 (F67)		-	
średnia average	0,123		0,326		1,172		-	
ENIG								
HASL LF								
OSP								

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można wysunąć następujące wnioski:

1. Najbardziej czyste były powierzchnie płytek bez wlutowanych komponentów. Najmniejszą średnią wartość zanieczyszczenia uzyskano dla powierzchni ENIG 18 – 0,012 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$, a największą dla powierzchni HASL LF 18 – 0,149 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$.
2. Płytki z wlutowanymi komponentami mają więcej zanieczyszczeń powierzchniowych, niż płytki bez komponentów, w tym od 0,286 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$ dla pokrycia HASL LF 18 do wartości 0,441 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$ dla płytek z pokryciem organicznym (OSP 18).
3. Po spryskaniu płytek bez komponentów topnikiem EF2202 otrzymano wyższe wartości zanieczyszczeń w porównaniu do płytek z komponentami w stanie dostawy. Najniższą wartość zanieczyszczenia w tej grupie miały płytki z powłoką OSP 18 – 0,545 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$, a największą OSP 35 – 1,15 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$.
4. Największą wartość zanieczyszczenia stwierdzono dla powierzchni płytek bez komponentów poddanych działaniu topnika RF800 od wartości 0,828 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$ dla OSP 18, do wartości 1,06 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$ dla płytek z pokryciem HASL LF.
5. Topnik EF2202 mniej zanieczyszcza powierzchnię PCB niż topnik RF800.
6. Uzyskane wartości zanieczyszczeń jonowych nie przekraczają wartości 3,1 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$, to znaczy, że badane płytki PCB spełniają wymogi normy MIL-P-28809 dla badań jonografem.

Podziękowania

Pracę zrealizowano w ramach projektu badawczego „Poprawa niezawodności bezołowiowych połączeń lutowanych w pakietach elektronicznych” Nr WND-POIG.01.03.01-00-103/09 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego i z funduszy strukturalnych Komisji Europejskiej.

Literatura / References

1. Felba J. (2010). *Montaż w elektronice*. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
2. Bukat K., Hackiewicz H. (2007). *Lutowanie bezołowiowe*. Warszawa: Wydawnictwo BTC.
3. Siewiorek A., Kudyba A., Sobczak N., Homa M., Huber Z., Adamek Z., Wojewoda-Budka J. (2013): Effect of PCB substrate surface finish and flux on solderability of lead-free SAC305 alloy. Accepted for publication in *Journal of Materials Engineering and Performance*, doi: 10.1007/s11665-013-0492-4.
4. Siewiorek A., Kudyba A., Homa M., Sobczak N. (2012). Wpływ rodzaju pokrycia oraz stosowanego topnika na lutowość płytek PCB stopem SAC305. Effect of surface coating and flux type on the solderability of PCB by lead-free SAC305 alloy. *Prace Instytutu Odlewnictwa, Transactions of Foundry Research Institute*, 52(3), 77–92, doi: 10.7356/iod.2012.13.
5. Bukat K. (1997). Zanieczyszczenia występujące na pakietach elektronicznych. Cz. 1. Zanieczyszczenia jonowe. *Elektronika: konstrukcje, technologie, zastosowania*, 11, 5–8.

Conclusions

On the basis of the conducted tests, it is possible to draw the following conclusions:

1. The cleanest were the surfaces of the boards without soldered components. The lowest average value of contamination was obtained for the ENIG 18 surface – 0.012 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$, and the highest for the HASL LF 18 surface – 0.149 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$.
2. Boards with soldered-components have more surface contaminants than boards without soldered components, including from 0.286 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$ for the HASL LF 18 coating to 0.441 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$ for boards with organic coating (OSP 18).
3. After spraying boards without components with the EF2202 fluxing agent, it gave higher values compared to the boards with the components on the delivery date. The lowest value of contamination in this group had the boards with the OSP 18 coating – 0.545 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$, and the largest OSP 35 – 1.15 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$.
4. The highest contamination was found in the board surface without components exposed to the RF 800 fluxing agent from the value of 0.828 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$ for OSP 18, to the value of 1.06 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$ for boards with HASL LF coating.
5. The EF2202 fluxing agent contaminates the surface of PCB boards to a lesser extent than the RF800 fluxing agent.
6. The obtained values of ionic contamination do not exceed 3.1 $\mu\text{g NaCl/cm}^2$, which means that the tested PCB boards meet the requirements of the MIL-P-28809 standard for ionograph tests.

Acknowledgments

The paper was completed as part of the research project “Improving the reliability of lead-free solder joints in electronic packages” No. WND-POIG.01.03.01-00-103/09, financed by the Ministry of Science and Higher Education and from the structural funds of European Commission.

6. Crawford T.J. (1995). Step-by-Step SMT: The Next Step – Part 8 – Cleaning-Even though assembly conditions are pristine, PCBs remain highly vulnerable to contamination from many sources. *Surface Mount Technology*, 9(10), 94–101.
7. Iman R.L. et al. (1996). Design Rules a Must for Any Soldering Process. *Surface Mount Technology*, 10(1), 38–42.
8. MIL-P-288009 A, Printed Wiring Assemblies (1981).
9. User manual Contamino CT100 Métronélec Version 2.0 – instrukcja obsługi Ionic Contamination Tester CT100.
10. Soble R.M. (1979). Solvent Cleaning of Printed Wiring Assemblies. *Insulation/Circuits*, 5(2), 25–29.

