

Plazmakezelés hatása elektronikai szerelvények forraszthatóságára

Impact of plasma treatment on the wettability of printed circuit assemblies

KOCSIS Eszter¹, Dr. LUKÁCS Attila, Dr. SZALAI István

¹Mechatronikai Képzési és Kutatási Intézet, Pannon Egyetem,
H-8900, Zalaegerszeg, Gasparich M. utca 18/A
kocsis.eszter@phd.uni-pannon.hu

Abstract

The application of flux is necessary in lead-free soldering. However flux residues could cause severe problems regarding the functionality of the product. Plasma treatment is widely used in the electronics industry for improving wettability. The aim of this study is to reduce the flux used in the soldering process to a minimum by installing and evaluating an alternative surface modification method in order to promote wettability and solderability of metal surfaces.

Keywords: atmospheric pressure plasma, flux, immersion silver, wetting

Kivonat

Folyasztószer alkalmazása elengedhetetlen az ólommentes forrasztás folyamat során. A terméken visszamaradt folyasztószer maradványok azonban káros hatással lehetnek a termék működésére. A plazmakezelés széles körben elterjedt felületkezelési módszer a nedvesíthetőség javítására. A kutatásom célja a forrasztás során használt folyasztószer mennyiségének minimalizálása, valamint új felületkezelési módszer bevezetése és értéklése, fémtiszta felületek kialakítása és a nedvesíthetőség javítása érdekében.

Kulcsszavak: atmoszférikus nyomású plazma, folyasztószer, immerziós ezüst, forraszthatóság

1. BEVEZETÉS

Az elektronikai szerelvények ólommentes forrasztásának folyamata során nélkülözhetetlen a folyasztószer használata. A folyasztószer a fém felületek oxid mentesítésében vesz részt, valamint elősegíti a nedvesítést. [1] Az ún. „no-clean” folyasztószer használatakor elméletben a termék tervezett élettartama alatt nem kell számítanunk a forrasztás után visszamaradó anyagok káros hatásával. A gyakorlat azonban nem ezt mutatja, a folyasztószer alkalmazásával megbízhatósági kockázatnak tesszük ki a termékeket. Az autóiipari elektronikai termékek meghibásodása az esetek nagy részében a termék tisztaságára vezethető vissza. A jelenlegitől eltérő, minimalizált folyasztószer alkalmazásával és új tisztítási módszer (plazmatisztítás) bevezetésével, lehetőség nyílna fémtiszta felületek létrehozására, elősegítve a forrasztóanyag nedvesítését, csökkentve a forrasztás után visszamaradó ionos szennyeződések.

A termékeken visszamaradó folyasztószer maradványok képesek a levegő víztartalmának megkötésére, amelynek következtében ionos migráció mehet végbe. Az ionok vándorlása során ún. dendritek képződnek, amelyek növekedésével elektromos rövidzár is kialakulhat. Az autóiipari elektronikai ipar fejlődésével és miniatürizálásával az ionos migráció akár katasztrofális kimenetelű meghibásodáshoz is vezethet. [2],[3]

A plazmakezelés képes a felület módosítására az alapanyag károsítása nélkül. Az atmoszférikus nyomású plazmakészülékek számos ipari alkalmazásnak adnak teret. A különféle geometriai kialakítású plazmafejek, valamint az alkalmazott plazmagáz kombinálhatóságának köszönhetően változatos célokra teszik alkalmassá a módszert. Az automatizálhatóság nagy előnyt jelent a gyártástechnológia tekintetében. [4]

A kutatás célja a plazmakezelés hatásainak vizsgálata nyomtatott áramköri panelek forraszthatóságának, illetve nedvesíthetőségének javítására.

2. FELHASZNÁLT ANYAGOK ÉS BERENDEZÉSEK

A plazmakezelés egy Plasmatreteat FG5001 típusú atmoszférikus nyomású plazmagenerátor és a hozzá tartozó RD1004 rotációs plazmafej használatával valósult meg. Plazmagázként levegőt, valamint 5 és 10% H₂ tartalmú formálógázt alkalmaztam. A plazmafej és a kezelendő minta távolsága 10 mm volt.

A plazmakezelés hatását immerziós ezüst bevonatú paneleken tanulmányoztam. Az immerziós ezüst az egyik leggyakrabban alkalmazott panelbevonat az elektronikai iparban. A forrasztandó réz felületet körülbelül 1 µm, állandó vastagságú ezüst réteg borítja. Nedvesíthetősége kiváló, azonban érzékeny a tárolásra, a levegő szennyeződéseivel reakcióba lépve patinásodás indulhat meg. [5]

A plazmakezelés hatékonyságának szemléltetése érdekében a mintákat felületkezelés előtt és után is vizsgáltam. A forraszthatósági tesztek egy Wetting Balance Must 3 típusú készülék segítségével végeztem el. Ez a módszer a forraszthatóság kvantitatív meghatározására ad lehetőséget a nedvesítési erő mérésén keresztül. A mintát 250°C-ra hevített olvadt forrasztanyagba (SAC305) mártva, a berendezés a nedvesítési erő értékeket regisztrálja az idő függvényében. A bemelegítés sebessége 6 mm/s, mélysége 3 mm volt, az értékek regisztrálása 30 másodpercig folyt. A forraszthatósági vizsgálatok során Interflux 2005c típusú folyasztozsert használtam.

A felületkezelés hatásának szemléltetése érdekében a kezelés előtti és utáni állapotot is vizsgáltam, valamint különböző koncentrációjú folyasztozser alkalmazásával tanulmányoztam a szükséges mennyiséget. Az Interflux 2005c folyasztozserből hígítási sort készítettem izopropil-alkohollal, 1/2, 1/4 és 1/8 hígításokkal, amelyekkel ugyanúgy elvégeztem a tesztet.

A határfelületi energia változását kontaktszög-méréssel határoztam meg, az ülőcsepp módszer segítségével, amelyhez egy Krüss DSA30 típusú készülék állt rendelkezésemre. Víz és dijód-metán standard oldatokat használtam, így a határfelületi energia diszperz és poláris tagjának meghatározása is megvalósult. A vizsgált fémfelületre minden esetben 1 µl folyadékot cseppentettem, majd mértem a peremszöget, amelyből a határfelületi energia számítható.

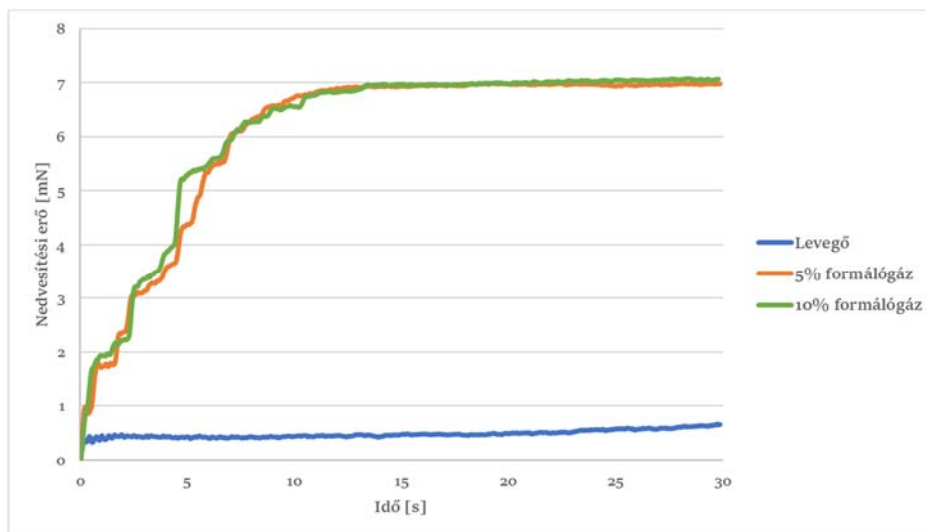
Ipari felhasználhatóság szempontjából, a plazmakezelés hatékonyságát befolyásoló fontos tényező a levegőn való tárolhatósága, ezért az idő függvényében is tanulmányoztam a felületkezelés hatását. Méréseket végeztem a felületkezelés előtt és után, valamint 4, 12, 24 és 48 óra elteltével.

Tanulmányoztam a plazmakezelés hatékonyságát a felületkezelés sebességének, időtartamának függvényében. A valós kezelési sebességet iX Cameras i-Speed 210 gyártmányú gyorskamera segítségével rögzítettem, a felületkezelés hatékonyságát kontaktszög-méréssel ellenőriztem.

3. MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉS KIÉRTÉKELÉSÜK

3.1. Forraszthatósági vizsgálatok

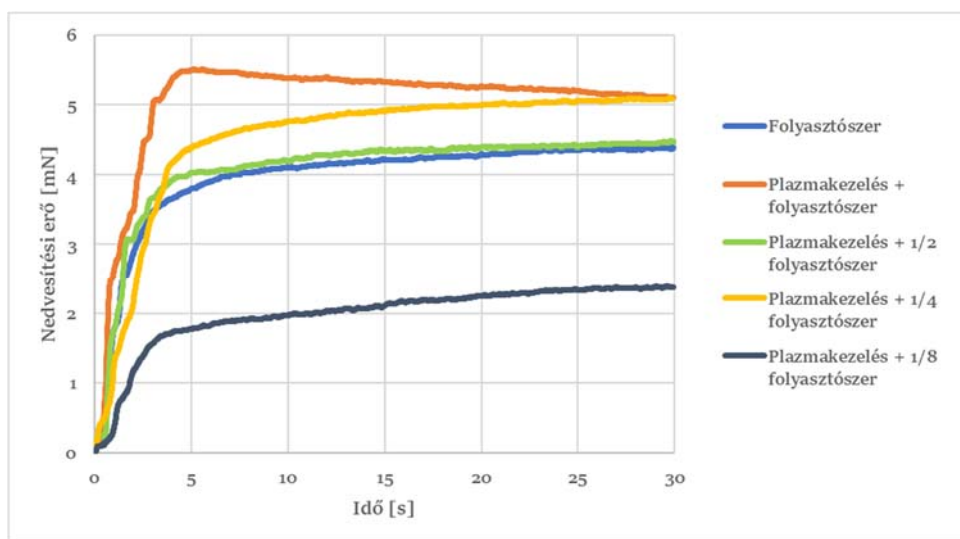
A plazmakezelés egyik változtatható paramétere a plazma előállítására alkalmazott gáz anyagi minősége. Levegő, valamint 5 és 10% H₂ tartalmú formálógázból előállított plazmakezelést végeztem, majd vizsgáltam a minták forraszthatóságát. A kapott nedvesítési görbéket az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: Nedvesítési görbék különböző típusú plazmagáz esetén

A levegővel kezelt minták a nedvesítési görbe alapján nem forraszthatóak. Az 5 és 10% H₂ tartalmú formálógázból előállított plazmával kezelt minták nedvesítési görbéi hasonló alakot vesznek fel, jelentős eltérés nem figyelhető meg az alkalmazott gázok hatása között.

Ezek alapján a további kísérletek során 5% H₂ tartalmú formálógázzal kezelt mintákat vizsgálatam. A kereskedelmi forgalomban kapható folyasztószer hígításával kezelt minták nedvesítési görbéi a 2. ábrán láthatóak.



2. ábra: Nedvesítési görbék különböző hígítású folyasztószer használatával

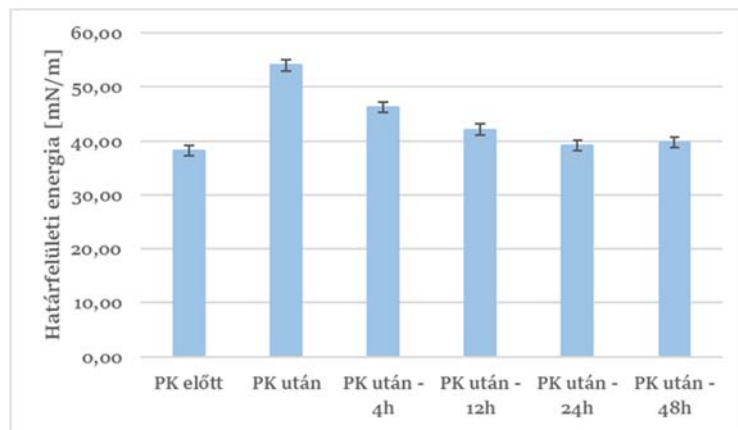
Jelentős növekedés figyelhető meg a nedvesítési erő értékekben a formálógázzal történő plazmakezelés hatására. A plazmakezelt és eredeti folyasztószerrel kezelt minta nedvesítési erő értéke a legnagyobb. A plazmakezelés nélkül, folyasztószerrel vizsgált minta és a plazmakezelt, 1/2 hígítású folyasztószer mellett vizsgált minta nedvesítési görbéi hasonló alakot vesznek fel, amelyből arra lehet következtetni, hogy immerziós ezüst bevonat esetén, formálógáz plazmakezelés mellett az alkalmazott folyasztószer mennyisége akár a felére csökkenthető.

3.2. Nedvesíthetőségi vizsgálatok

A plazmakezelés (PK) időbeli hatékonyságát kontaktszög mérés segítségével figyeltem meg. Végeztem méréseket a formálógázzal történő plazmakezelés után azonnal, majd levegőn, laboratóriumi körülmények között tároltam a mintákat. A plazmakezelés után 4, 12, 24, illetve 48 óra elteltével ismét végrehajtottam a peremszögmérést. A felületkezelés előtti állapot referenciaként szolgál. A mért peremszög, és az ebből számított határfelületi energia (HFE) értékeket az 1. táblázatban, valamint a 3. ábrán tüntettem fel.

1. táblázat: Kontaktszög mérési eredmények

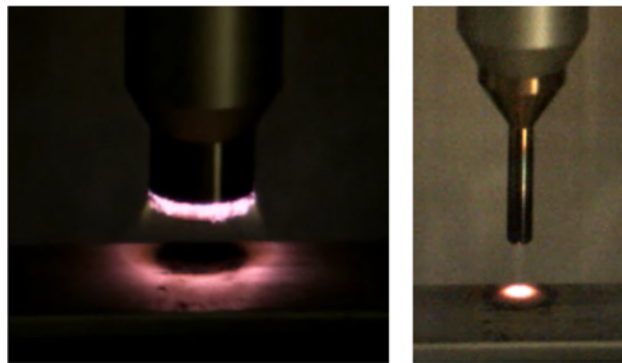
	Víz - átlagos kontaktszög [°]	Dijód-metán - átlagos kontaktszög [°]	HFE - poláris tag [mN/m]	HFE - diszperz tag [mN/m]	HFE [mN/m]
PK előtt	85.4 (±0.9)	47.6 (±0.8)	2.6 ±0.3	35.6 ±0.4	38.2 ±0.7
PK után	62.6 (±1.9)	29.3 (±1.1)	9.5 ±1.0	44.5 ±0.4	54.0 ±1.4
PK után - 4h	77.7 (±1.2)	33.8 (±1.1)	3.7 ±0.4	42.6 ±0.5	46.2 ±0.9
PK után - 12h	84.9 (±0.7)	39.0 (±1.3)	2.0 ±0.2	40.1 ±0.6	42.1 ±0.9
PK után - 24h	87.5 (±0.5)	44.3 (±0.9)	1.7 ±0.1	37.4 ±0.5	39.1 ±0.6
PK után - 48h	86.8 (±0.8)	43.3 (±0.8)	1.8 ±0.2	37.9 ±0.4	39.8 ±0.6



3. ábra: Határfelületi energia (HFE) értékek a plazmakezelés után eltelt idő függvényében

Az eredmények alapján elmondható, hogy a plazmakezelés hatására jelentősen csökkentek a mért kontaktszög értékek, ennek következtében a határfelületi energia értékek nőttek. A plazmakezelés után eltelt idő függvényében mért eredmények azt mutatják, hogy 48 óra elteltével a határfelületi energia értékek a kezelés nélküli, kiindulási állapothoz közelítenek, ezért a felületkezelt minták mielőbbi felhasználása javasolt.

Tanulmányoztam a plazmakezelés hatékonyságát a kezelési sebesség függvényében. A rendelkezésemre álló Plasmatreat FG5001 készülék kezelési sebessége közvetett módon állítható, így a valós sebességértékeket gyorskamerás felvételek segítségével határoztam meg. A kísérlet során alkalmazott plazmafejek és a plazmasugár gyorskamerával rögzített felvétele a 4. ábrán látható.

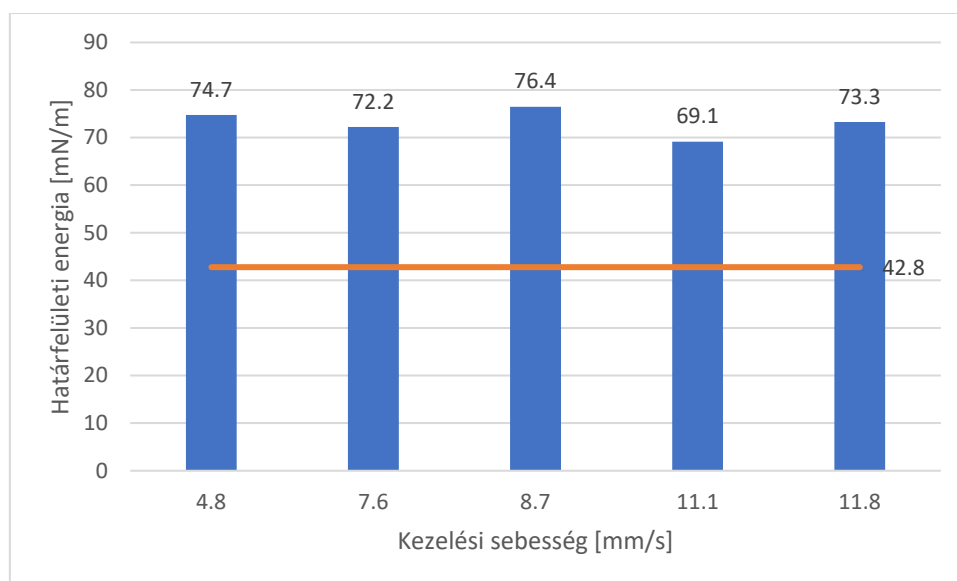


4. ábra: Plazmasugár gyorskamerával rögzített felvétele

A különböző sebességű plazmakezelés hatékonyságát kontaktszög mérésel ellenőriztem. A sebesség függvényében kapott mérési adatokat a 2. táblázat és 5. ábra szemlélteti.

2. táblázat: Kontaktszög mérési eredmények a kezelési sebesség függvényében

Kezelési sebesség [mm/s]	Víz - átlagos kontaktszög [°]	Dijód-metán - átlagos kontaktszög [°]	HFE - poláris tag [mN/m]	HFE - diszperz tag [mN/m]	HFE [mN/m]
0	74,67	45,78	36,59	6,2	42,79
4,8	19,53	31,69	43,51	31,23	74,74
7,6	30,08	22,64	46,96	25,27	72,23
8,7	20,63	19,57	47,91	28,54	76,44
11,1	31,91	34,09	42,45	26,67	69,11
11,8	24,87	29,16	44,56	28,7	73,26



5. ábra: Határfelületi energia értékek a kezelési sebesség függvényében

A diagramon látható piros vonal a plazmakezelés előtt mért értéket jelzi, referenciaként szolgál. Ezesetben is megfigyelhető a plazmakezelés nedvesíthetőség javító hatása, hiszen a felületi feszültség értékek nőttek. Azonban az eltérő sebességgel kezelt minták határfelületi energia értékei között nincs szignifikáns különbség. Ebből adódik, hogy anyag- és időtakarékosági szempontból is gazdaságosabb nagyobb tisztítási sebesség alkalmazása.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Az atmoszférikus nyomású plazmakezelés hatékonyságát vizsgáltam nyomtatott áramköri panelek nedvesíthetőségére, forraszthatóságára. Immerziós ezüst panelbevonatok esetén elmondható, hogy formálógázból előállított plazmakezeléssel jelentős javulás érhető el a nedvesíthetőség terén.

A plazmás felületkezelés sokrétű alkalmazhatósága nagy részben köszönhető számos változtatható paraméterének. Ezek közül tanulmányoztam az alkalmazott plazmagáz minőségének, az applikált folyasztsó szer mennyiségének, a plazmakezelés után eltelt időnek, valamint a kezelési sebességnek a hatását.

Az elektronikai iparban gyakran alkalmazott, eltérő anyagi minőségű panelbevonatok vizsgálata további kutatás tárgyát képezi.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a munka az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] J. F. Shipley, Influence of Flux, Substrate and Solder Composition on Solder Wetting, Weld. J. (Miami, Fla), vol. 54, no. 10, 1975
- [2] M. S. Jellesen, D. Minzari, U. Rathinavelu, P. Møller, R. Ambat, Corrosion failure due to flux residues in an electronic add-on device, Engineering Failure Analysis 17 (2010) 1263–1272
- [3] S. Wakeel, A.S.M.A. Haseeb, M.A. Afifi, S. Bingol, K.L. Hoon, Constituents and performance of no-clean flux for electronic solder, Microelectronics Reliability 123 (2021) 114177
- [4] J. Winter, R. Brandenburg, and K. D. Weltmann, Atmospheric pressure plasma jets: An overview of devices and new directions, Plasma Sources Sci. Technol., vol. 24, no. 6, p. 64001, 2015
- [5] L. Yan, K. Xiao, P. Yi, C. Dong, J. Wu, Z. Bai, C. Mao, L. Jiang, X. Li, The corrosion behavior of PCB-ImAg in industry polluted marine atmosphere environment, Materials and Design 115 (2017) 404–414