

Szárazjeges tisztítás lehetőségei az autóelektronikai gyártástechnológiában

Possibilities of dry ice cleaning in automotive electronics industry

TÓTH Zsolt (MSc)¹, SZALAI István(DSc)², LUKÁCS Attila (PhD)³

Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Mechatronikai Képzési és Kutatási Intézet
H-8900 Zalaegerszeg, Gasparich Márk u. 18/A. C épület

¹ balogh.diana@mk.uni-pannon.hu; ² szalai@almos.uni-pannon.hu; ³ lukacs.attila@mk.uni-pannon.hu

Abstract

The application of CO₂ snow cleaning in the electronics industry has potential: in addition to well-defined parameters, it can also be suitable for reducing ionic impurities. By analyzing high-speed camera recordings, important features were determined in order to understand the CO₂ cleaning mechanism. We investigated the cleaning efficiency of artificially contaminated with flux and heat treated soldering surfaces using optical analysis and local ionic contamination testing. In addition, similar methods were used to examine the applicability of the cleaning method in the case of contaminated samples from industrial environment.

Keywords: dry ice blasting, electronics, cleanliness, flux, soldering

Kivonat

A szárazjég-havas tisztítás elektronikai iparban való alkalmazása hatalmas lehetőségeket tartogat: jól meghatározott paraméterek mellett, megfelelő lehet ionos szennyeződések csökkentésére is. Gyorskamerás felvételek elemzésével meghatározhatóak a CO₂ tisztítás működése szempontjából fontos jellemzők. Vizsgáltuk folyasztozsszerrel mesterségen szennyezett és hőkezelt forrasztási felületek tisztítási hatékonyságát optikai analízis és helyi ionos tisztaságvizsgálat alkalmazásával. Továbbá hasonló módszerekkel vizsgáltuk valódi gyártási környezetből származó szennyezett minták esetében is a tisztítási módszer alkalmazhatóságát.

Kulcsszavak: Szárazjeges tisztítás, elektronikai szerelvény, terméktisztaság, folyasztozsszer, forrasztás

1. BEVEZETÉS

Az elektronikai gyártás során a forrasztott kötések kialakításához az érintett felületet általában folyasztozsszerrel kezelik. Ennek célja a felületen levő oxidréteg eltávolítása, előkészítése és a jobb nedvesíthetőség elérése annak érdekében, hogy megfelelő forrasztás alakuljon ki. A forrasztási folyamat után visszamaradt ionos szennyeződés azonban kockázatot jelenthet a termék életciklusa során. Növekedhet a nem kívánt jelenségek (elektrokémiai migráció, korrózió) előfordulása, és érzékeny termékek esetén a gyenge szerves savakat tartalmazó, úgynevezett „tisztítást nem igénylő” szerek is meghibásodásokat okozhatnak.

A szárazjég-havas tisztítás egyedülálló szervesanyag- és részecskeeltávolító képességekkel rendelkezik. Ez egy egyszerű felülettisztítási folyamat, amelyben kis szárazjég-részecskék árama ütközik és megtisztítja a felületet fizikai és oldószeres kölcsönhatások révén. Ezekről a kölcsönhatásokról kimutatták, hogy a láthatótól a nanométeres méretig bármilyen méretű részecskét leválasztanak, valamint eltávolítják a szerves maradékokat és a reagens típusú oldószereket. Az ilyen széles körű részecskeeltávolító képesség és a szerves eltávolítás együttesen egyedülállóvá teszi a CO₂-hőtisztítás lehetőségét.

A tisztító rendszerek egyre szigorúbb ipari, kutatási és környezetvédelmi követelményeket elégitenek ki. A szén-dioxidos tisztítás gyors, kíméletes és környezetbarát. A szárazjeges tisztítás makroszkopikus szárazjég részecskéket tartalmaz, amelyek egy felületen felgyorsulnak, és a tisztítás termomechanikus sokk, valamint a szublimáció segítségével történik. [1]–[3]

Korábbi vizsgálataink alapján a tisztítási hatékonyság lokális ionos szennyezettség (C.I. – korrózióvízási index) meghatározásával, valamint mikroszkópos felvételek numerikus analízisével jól meghatározható. [4]

2. ANYAGOK ÉS KÍSÉRLETI BERENDEZÉS

2.1. Szárjazeges tisztítóberendezés

A vizsgálatokhoz egy CO₂ gáz szabályzórendszerrel kiegészített CleanLogix CPU 6000-2 szárjazeges tisztítóberendezést használtam.

A kísérletek során alacsony felbontás és erős megvilágítás mellett sikerült több mint 14000 képkocka/másodperc sebességgel rögzítenem felvételeket I-SPEED 210 típusú kamera segítségével. (1. ábra)

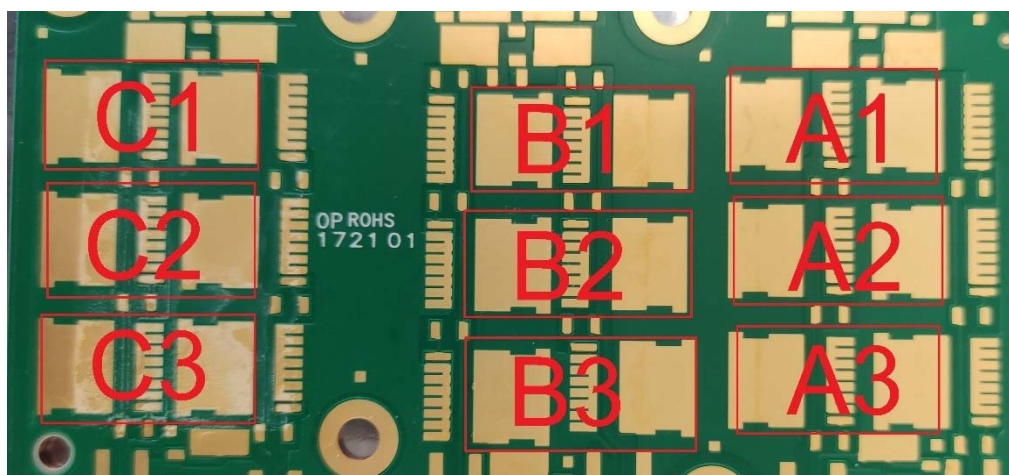
Vizsgáltam a szén-dioxid fő sugarát, a fűvókából kilépő szárjazég-pelleteket, valamint ezeknek a becsapódását, és sebességét.



1. ábra. A szárjazeges tisztítóberendezés CO₂ sugaráról készült felvétel.

2.2. Szennyezett felületek tisztítása

A vizsgálatokhoz tiszta felületű, arany bevonatú (ENIG) paneleket 21 µl/cm² mennyiségű Interflux 2005C típusú gyenge szerves savakat tartalmazó „tisztítást nem igénylő” folyasztszózerrel szennyeztem. Az egyik szennyezett panelt 140 °C-ra hevítettem, majd egy percen keresztül ezen a hőfokon tartottam, ezzel szimulálva a gyártási folyamatban jelen lévő hőmérsékletet. A másik panelt nem hevítettem, így szimulálva forrasztástól távoli környezetet. Ezt követően a szárjazeges tisztító berendezéssel háromszor megtisztítottam a mintákat 2,28 g/s CO₂ tömegárammal, 2 bar nyomáson, 167 mm távolságból, majd a Foresite C3/C.I. berendezéssel 18 helyi ionos szennyezettség mérést végeztem, panelenként 9 helyen. (2. ábra)



2. ábra. Vizsgált mintapanel.

Valós termelési környezetből származó furatszerelt alkatrészekkel beültetett szerelvényeken levő szelektív forrasztás eredetű maradványok eltávolítását három ismétlés mellett pásztázó üzemmódban 30mm/s sebességgel, 2,28 g/s CO₂ tömegárammal, 4 bar nyomáson, 50 mm távolságból végeztem. Minden ismétlést követően helyi ionos szennyezettség méréseket végeztem.

3. MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

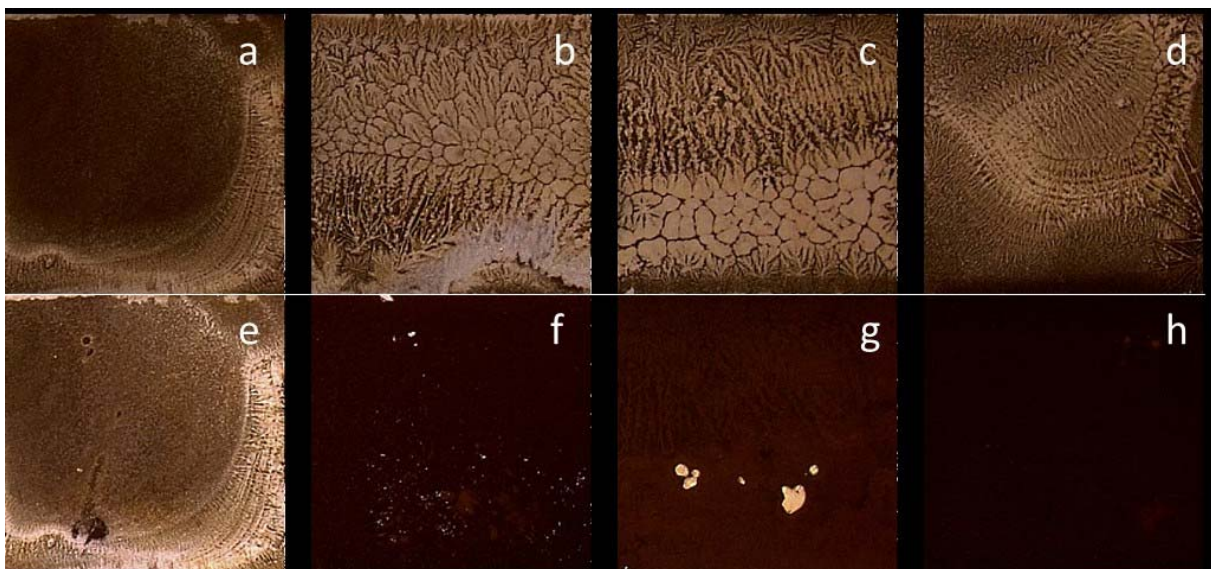
Az 1. táblázat mutatja be a kamera felvételeken megfigyelt „szemcsék” nyomkövetéséből becsült jellemzőket. A „szemcsék” méretéből és sebességéből következtetni lehet a rendszer elemeinek mozgási energiájára. A vizsgált részecskék különböző méretű pelletek, de a rendszer mechanikai viselkedésére jól lehet következtetni az eredményekből. Az átlagos kinetikus energia ismeretében a kisebb és gyorsabb szemcsék sebessége is meghatározható.

Felvételek alapján becsült szárazjég szemcsékre vonatkozó mennyiségek.

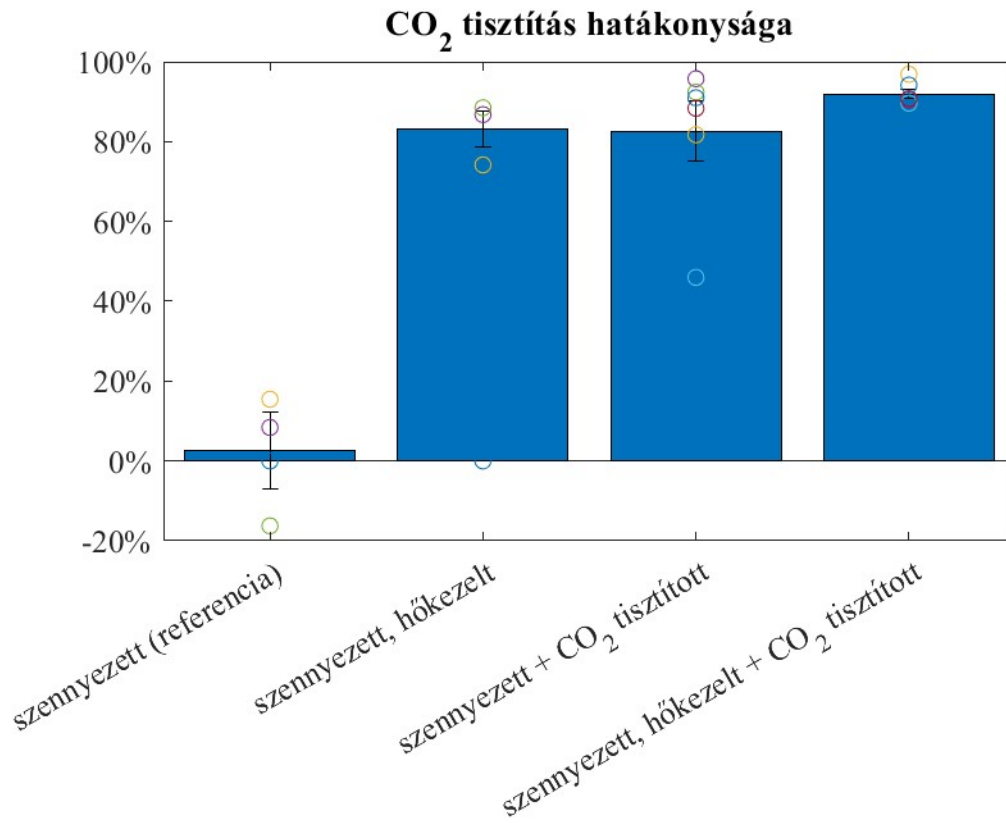
1. táblázat

Részecske azonosító	1	2	3	4
Átmérő (d [mm])	0,45	0,37	0,28	0,3
sebesség (v [m/s])	26,4	34,6	51,3	47,1
Térfogat (V [mm ³])	$4,80 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-2}$	$1,1 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-2}$
Tömeg (m [g])	$7,45 \times 10^{-5}$	$4,14 \times 10^{-5}$	$1,80 \times 10^{-5}$	$2,21 \times 10^{-5}$
Mozgási energia (E _{kin} [mJ])	$2,59 \times 10^{-2}$	$2,48 \times 10^{-2}$	$2,36 \times 10^{-2}$	$2,45 \times 10^{-2}$

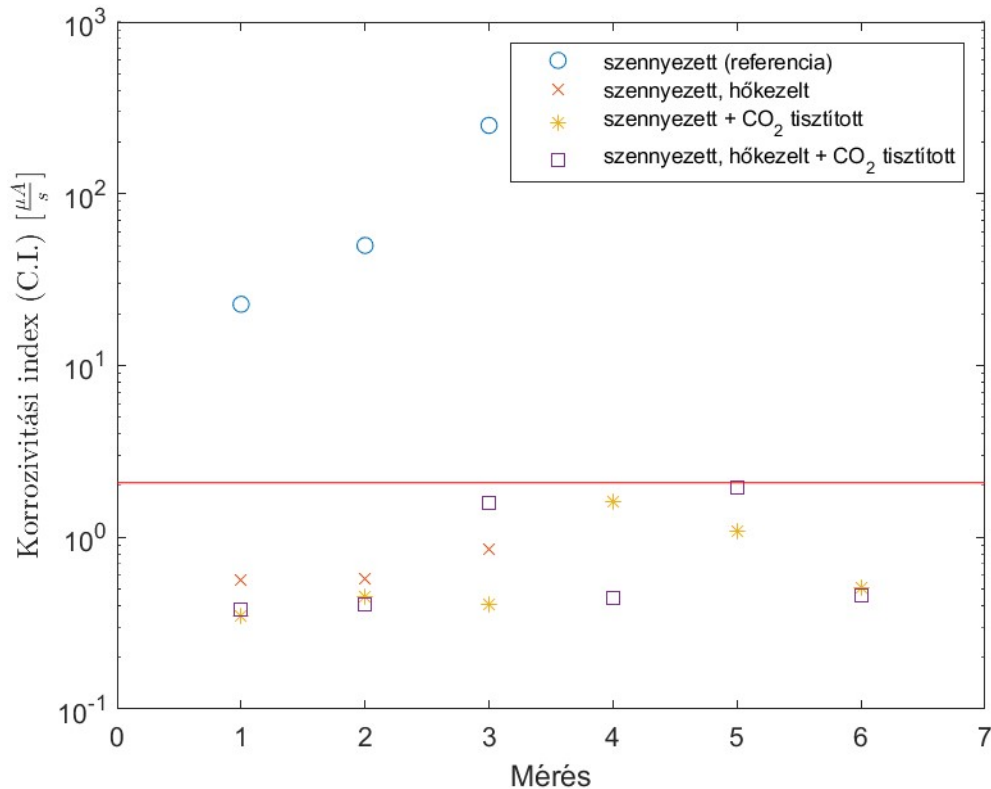
Folyasztószerrel mesterségesen szennyezett minták vizsgálatánál a képek analízise alapján kiderült, hogy a szennyezett állapothoz, viszonyítva a megfelelő CO₂ tisztítás hatékony a szobahőmérsékleten kialakult és a hőkezelt (részben már elaktiválódott és molekulárisan átalakult) maradványok esetében is. Ezt a 2. ábrán látható képek és a képfeldolgozó algoritmussal meghatározott tisztítási hatékonyság (3. ábra) is mutatja. Az is jól látható továbbá, hogy a CO₂ tisztítás mindkét esetben jelentősen csökkentette a szennyezett felületen mért korrozivitási indexet is. (4. ábra)



3. ábra. Polarizált fényben készült videómikroszkópos felvételek. Szennyezett (a; b; c; d; e), CO₂ tisztított (f), Hőkezelt (g), Hőkezelt és CO₂ tisztított (h) minták. (példa)



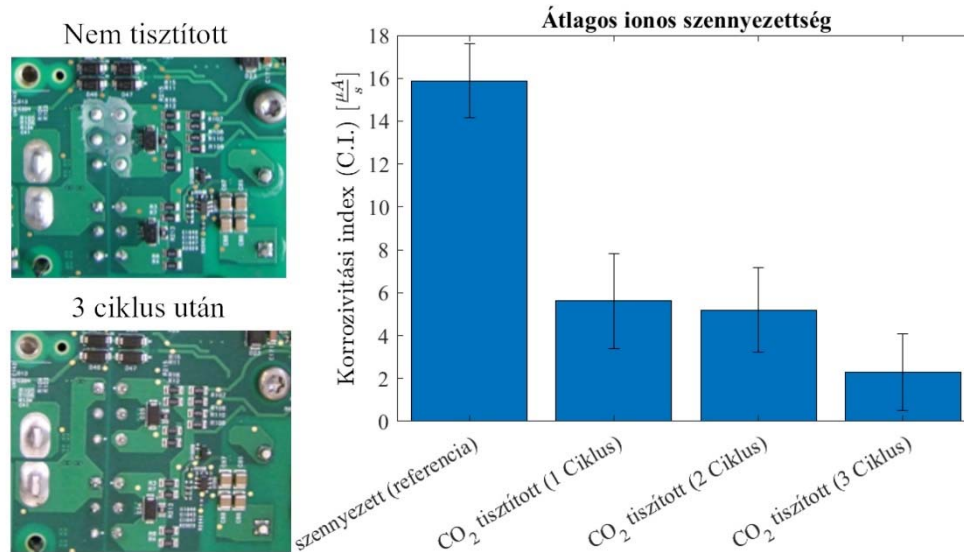
4. ábra. Szárazjegyes tisztítás hatékonysága mesterségesen szennyezett mintákon



5. ábra. Mesterségesen szennyezett és tisztított mintákon mért C.I. értékek. Minden szárazjég-havas tisztításon átesett minta mért eredménye a meghatározott 2,08 limit alatt van.

A készterméken forrasztás után előforduló folyaszószter maradványok eltávolítására vonatkozó vizsgálatokból látható, hogy a szárazjegyes tisztítás szintén eredményes volt. A szennyezett felület ciklikus

kezelése során az ionos szennyezettség mértéke 3 kezelés után már elérte az elfogadható szintet és vizuálisan sem volt megfigyelhető szennyeződés a furatszerelt alkatrész környezetében (5. ábra)



6. ábra. Vizuálisan és korrozivitási index mértékében is jól kimutatható, hogy a szárazjég-havas tisztítás hatékonyan csökkenti a maradványok mennyiségét.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Az általunk összeállított elektronikai szerelvények tisztítására alkalmas szárazjeges berendezés gyorskamerás felvételeinek segítségével megfigyeltük a módszer hatásmechanizmusa szempontjából fontos jellemzőket az ionos szennyeződések és maradványok eltávolítása során.

Megállapítottuk, hogy korábbi eredményeinkkel összhangban a CO₂ tisztítás eredményesen távolítja el a panelek felületére mesterségesen felvitt folyaszószert maradványokat abban az esetben is, ha az oldószer már elpárolgott. Sőt a hőközlést követően csak részben aktiválódott szennyező ionos maradványok letisztítására is hatékonyan alkalmazható lehet az eljárás.

Vizsgáltuk a szárazjeges tisztítás hatékonyságát gyártási környezetből származó ionos maradványok esetében is, és megfigyeltük, hogy furatszerelt alkatrészek környezetében szennyezett szerelvények többlépcsős szárazjeges kezelés után mind vizuálisan, mind korrozivitási indexük alapján tisztábbak lettek.

Ez a mérésorozat megalapozhatja, hogy egyes kritikus termékek szelektív forrasztását követően rendszerszinten alkalmazásra kerüljön ez a tisztítási technológia a közeljövőben.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

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

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Cano F. *Carbon Dioxide Dry Ice Snow Cleaning Handbook for Critical Cleaning*, CRC Press, CRC Press Boca Raton, FL, USA, 2000.
- [2] Kohli R. Applications of Solid Carbon Dioxide (Dry Ice) Pellet Blasting for Removal of Surface Contaminants *Developments in Surface Contamination and Cleaning: Applications of Cleaning Techniques*. Elsevier 2019, 117–169.
- [3] Sherman R. *Carbon Dioxide Snow Cleaning Applications*, Elsevier 2019, 3, 97–115.
- [4] Tóth Zs., Lukács A. and Szalai I. *Ionic contamination reduction with dry ice cleaning* IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 2022, 1246 012015