

TiB₂ bevonattal ellátott C45 típusú acél viselkedése nyugvó SAC309 forraszolvadéokban

Jelen cikkünkben C45-ös acélmintákon PVD-eljárással (Physical Vapor Deposition – fizikai gőzfázisú leválasztás) létrehozott TiB₂ viselkedését vizsgáljuk SAC309 típusú ólommentes forraszolvadéokban. Az oldódási folyamatok vizsgálatához a mintadarabokat 320 °C hőmérsékletű, nyugvó forrasztótvözetbe merítettük 20, illetve 40 napos tesztidővel. A tesztelt mintadarabokon végzett mikroszerkezeti vizsgálatok azt igazolták, hogy sem 20, sem 40 nap után nincs kimutatható Ti-, illetve Fe-beoldódás a forrasztótvözetbe, valamint nincs Sn-beoldódás a TiB₂ bevonatba.

Bevezetés

A szelektív forrasztási eljárásokat (szelektív hullámforrasztás, kézi forrasztás) napjainkban már rendkívül nagy tételben alkalmazzák az autóipari szereplők. Az eljárás során a forrasztószerszám közvetlen kapcsolatban van az olvadt forrasztótvözetrel. Az Európai Unió direktívái szigorúan korlátozzák az ólomalapú ötvözetek használatát. Ezeket mára döntően felváltották a környezetkímélő, ónalapú forrasztótvözetek, melyek – nagy óntartalmuk miatt – rendkívül reaktívak fémekkel érintkezve. A szelektív forrasztószerszámok alapvetően két csoportba sorolhatók. A nemnedvesítő típus esetében a szerszámot egy külső keramikus bevonat védi a forraszolvadéktól. A keramikus bevonatok jellemzően ionos kötésűek, ezért a forraszolvadék rosszul nedvesíti az ilyen szerszámokat, továbbá ellenáll a forraszolvadék oldó hatásának. A nedvesítő szerszámok napjainkban fémekből – általában vasból (nagy tisztaságú pl. ARMCO vasból), vagy a némileg növelt ellenállást mutató titánból és/vagy titánötvözetekből – készül-

nek. A fémes szerszámmal érintkező forraszolvadék folyamatosan kioldja a szerszám felületről az atomokat, ami egyenetlen felülethez, degradációhoz vezet. A forrasztószerszámok élettartamának növelésére *Nishikawa és társai* a forraszolvadékhöz történő Co-adagolást javasolták [1]. A forrasztótvözetek összetételét azonban elsősorban a forraszkötés minőségére, élettartamára, valamint a forraszthatóságra vonatkozó alapelvek szerint határozzák meg, ezért a módszer nem terjedt el. *Watanabe és társai* többfalú karbon nanocső-vas kompozit (MWCN-Fe) oldódással szembeni ellenállását vizsgálták. Rámutattak, hogy a kompozit szerszám anyag valamelyest növelt élettartamú, azonban a nedvesítési peremszög értéke némileg lecsökkent [2]. Megoldásuk rendkívül költséges, amit nem ellensúlyoz az elért élettartam-növelés. Korábbi kutatásainkban nitridálással kezelt acélminták ellenállását vizsgáltuk nyugvó SAC305 forraszolvadéokban. Kimutattuk, hogy a nitridált acél rendkívül jó ellenállást mutat az oldódással szemben, amihez megfelelő nedvesítés párosult [3]. Jelen kutatásunkban egy

új, potenciális szelektív forrasztószerszám-alapanyag vizsgálatával foglalkozunk. A TiB₂ bevonatot számos területen alkalmazzák, ahol kopással szembeni ellenállóképesség biztosítása a cél [4]. A TiB₂ az alumínium-öntészetben is gyakran alkalmazott szerszámbevonat, annak köszönhetően, hogy alumíniumolvadékkal detektálható reakciót gyakorlatilag nem mutat [5–7]. *Aizenshtein és társai* kimutatták, hogy az Au/TiB₂ rendszerben sincs oldódási reakció [8]. A TiB₂-nek alumíniummal és arannyal szemben mutatott ellenálló képessége alapján joggal merül fel a kérdés, hogy a TiB₂ hogyan viselkedik az agresszív, Sn-alapú forraszolvadékokkal szemben. Ismert, hogy a TiB₂ felületén rendkívül gyorsan kialakul a Ti és B oxidjaiból álló hártya, melyet néhány nm-es vastagsága miatt csak kevés vizsgálati technikával lehet kimutatni [7–10]. *A Pfohl, Duarte Xi és Aizenshtein* munkáiban [5–8] bemutatott tesztek jelentősen nagyobb hőmérsékleteken történtek (~1000 °C), ahol a Ti- és B-oxidok redukálódnak [11–13]. Jelen munkánkban célunk először megvizsgálni, hogyan viselkedik az ipari gyakorlatban alkalmazott PVD-eljárással létrehozott TiB₂ réteg, nyugvó SAC309 forraszolvadéokban. Az ilyen módon létrehozott TiB₂ bevonat felületén feltehetőleg jelen van a Ti- és B-oxidból álló hártya, azonban ennek eltávolítására a gyakorlatban nem tesznek lépéseket. Az oxidmentes TiB₂ viselkedését kutatásunk következő lépéseként tervezzük vizsgálni.

Dr. Benke Márton 2004-ben okleveles anyagmérnök diplomát, majd 2010-ben PhD-oklevelet szerzett a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. Jelenleg a Miskolci Egyetem Fémtechnológiai és Nanotechnológiai Intézetben dolgozik egyetemi docensként. Főbb kutatási területei: röntgendiffrakciós vizsgálatok fejlesztése, oldódással szemben növelt ellenállású nedvesítő szelektív forrasztószerszám-anyag fejlesztése;

alakemlékező ötvözetek, TWIP-acélok, rugalmas maradó feszültség monitorozása.

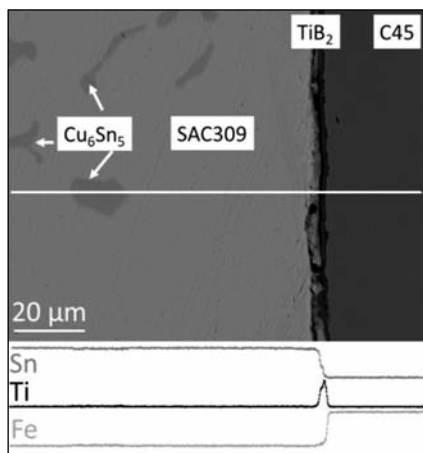
Sályi Zsolt 2016-ban szerzett MSc-anyagmérnök diplomát a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. Jelenleg ugyanott PhD-hallgató. Kutatási területe: oldódással szemben növelt ellenállású nedvesítő szelektív forrasztószerszám-anyag fejlesztése.

Rugóczy Péter 2006-ban szerzett okleveles anyagmérnök diplomát a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán. A Fraisa Hungária Kft. bevonatoló részlegének vezetője, emellett a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola PhD-hallgatója. Főbb kutatási területei: bevonatok előállítása PVD- és CVD-technológiákkal, bevonatok és hordozóik kapcsolatának vizsgálata, mesterséges gyémánt előállítása.

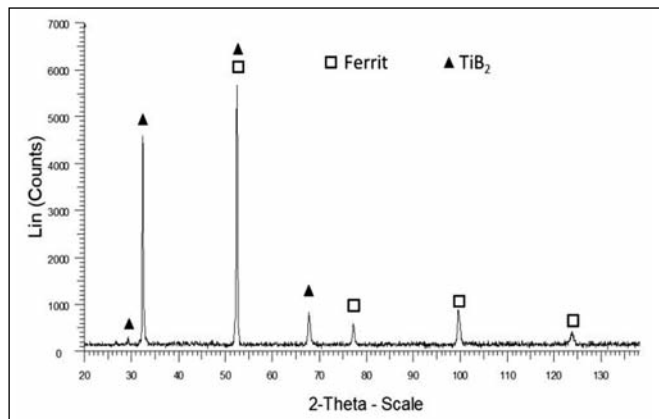
Elvégzett vizsgálatok

Vizsgálatainkhoz $7 \times 13 \times 18$ mm geometriájú téglatesteket munkáltunk ki C45 típusú acélból. A próbadarabokat 860°C -on 30 percig ausztenitesítettük légtérű kemencében, majd szobahőmérsékletű vízben edzettük. Ezt követően 600°C -os, 20 perces megereztést alkalmaztunk, mely után a darabok levegőn hűltek szobahőmérsékletűre. A nemesített próbatestekről $0,5$ mm vastag réteget lemunkáltunk, a dekarbonizálódott réteg eltávolítása érdekében. A PVD bevonatolást a Fraisa Magyarország Kft. végezte. A bevonatolás első lépéseként az acél szubsztrátok felületeit Ar^+ és fémion bombázással megtisztítottuk, mely után $\sim 1 \mu\text{m}$ vastagságú TiB_2 réteget hoztunk létre $5 \cdot 10^{-3}$ Pa vákuumban. A TiB_2 réteget röntgendiffrakciós módszerrel azonosítottuk Bruker D8 Advance típusú berendezéssel, $\text{CuK}\alpha$ sugárzással.

A TiB_2 réteggel ellátott mintákat 320°C -os nyugvó SAC309 ($\text{Sn}-3\text{Ag}-0,9\text{Cu}$) forraszolvadékba merítettük 20, illetve 40 nap időtartamig (folyamatos, éjjel-nappal tartó), egy erre kifejlesztett oldódási szimulátorban [3]. A kitűzött tesztidő elérése után a berendezést lekapcsoltuk, és a mintákat hagytuk a forrasztótvözetbe fagyni. Ezután a mintatartó téglát kívülről széttörtük, majd a befagyasztott mintákat körültekintő-



■ 2. ábra. A 20 napos oldódási teszten átesett minta keresztmetszete, valamint az Sn, Fe és Ti elemek vonalelemzési eredménye

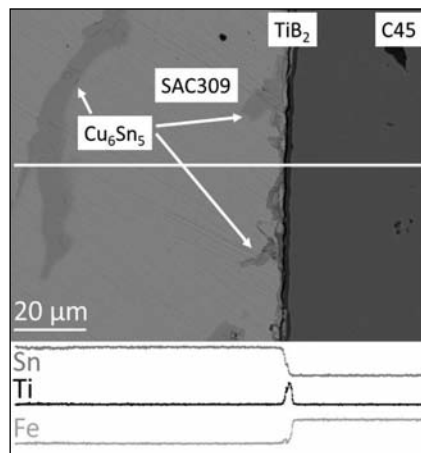


■ 1. ábra. A TiB_2 bevonattal ellátott C45 acélminta röntgendiffrakciós spektruma

en kivágtuk a forrasztótvözetből úgy, hogy a SAC309/ TiB_2 határfelület ne sérüljön meg. Ezzel biztosítottuk, hogy a minta felületére a forrasztótvözetnek az a térfogatrésze fagyott rá, amellyel a tesztidő alatt folyamatos érintkezésben volt. Az oldódási teszten átesett mintákból keresztmetszeti csiszolatokat készítettünk sztenderd metallográfiai eljárással (mechanikai csiszolás, polírozás, maratás 2%-os Nitalban). A keresztmetszeti mintákon pásztázó elektronmikroszkópos és energiadiszipatív spektroszkópos vonalelemzés vizsgálatokat végeztünk (SEM+EDS) Zeiss Evo MA10+EDAX típusú berendezéssel.

Eredmények

Az 1. ábra a TiB_2 bevonattal ellátott C45 minta röntgendiffrakciós spektrumát mutatja. Az ábrán látható, hogy csak a TiB_2 fázis, valamint az acél



■ 3. ábra. A 40 napos oldódási teszten átesett minta keresztmetszete, valamint az Sn, Fe és Ti elemek vonalelemzési eredménye

szubsztrátból származó ferritfázis reflexiói jelennek meg a spektrumon.

A 2. ábra a 20 napos oldódási tesztnek kitett minta keresztmetszeti képet mutatja, a mintára fagyott forrasztótvözetben és a TiB_2 rétegen keresztül végzett EDS-vonalelemzés alapján meghatározott Sn-, Fe- és Ti-tartalom változásával. A SAC309 ötvözetben jelen van a Cu_6Sn_5 intermetallikus fázis, ami a forrasztótvözetre jellemző mikroszerkezeti elem. Az

ábrából megállapítható, hogy nincs Ti, illetve Fe kioldódásra utaló diffúziós zóna a SAC309 forrasztótvözetben. Hasonlóképpen Sn-diffúzió sem tapasztalható a TiB_2 rétegben. Ezzel összhangban, nem jött létre Ti-tartalmú vegyületefázis a SAC309 ötvözetben.

A 3. ábra a 40 napos, nyugvó forrasztótvözetben végzett oldódási teszten átesett minta keresztmetszeti képet mutatja a mintára fagyott forrasztótvözetben és a TiB_2 rétegen keresztül végzett EDS vonalelemzés alapján meghatározott Sn-, Fe- és Ti-tartalom változásával. A forrasztótvözetben ez esetben is megfigyelhető, hogy kialakult a Cu_6Sn_5 intermetallikus fázis. A 40 napos oldódási teszt után szintén az állapítható meg, hogy nincs kimutatható, Ti, illetve Fe kioldódásra utaló diffúziós zóna a SAC309 forrasztótvözetben, sem pedig Sn-diffúzió a TiB_2 rétegben. Ez azt jelenti, hogy 40 nap után sem alakult ki Ti-tartalmú fázis a SAC309 ötvözetben.

Következtetések

A nyugvó SAC309 forrasztótvözetben végzett 20, illetve 40 napig tartó folyamatos (éjjel-nappal tartó) oldódási teszteknek kitett, TiB_2 bevonattal ellátott C45 minták mikroszerkezeti és vonalelemzési eredményei egyértelműen arra utalnak, hogy a TiB_2 bevonat részlegesen sem oldódik az SAC309 forrasztótvözetben. Az eredményekből arra lehet következtetni, hogy a TiB_2 nem mutat reakciót a többi, Sn-Ag-Cu típusú forrasztótvözettel sem.



A kutatómunka az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-4 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült. A cikkben ismertetett kutatómunka egy része a GINOP-2.3.2-15-2016-00027 jelű projekt keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- [1] H. Nishikawa, A. Komatsu, T. Takemoto: Interfacial reaction between Sn-Ag-Co solder and metals, *Mat Trans* 46 (2005) 2394–2399.
- [2] J. Watanabe, N. Sekimori, K. Hatsuzawa, T. Uetani, I. Shohji: Study on erosion resistance characteristics of Fe-MWCNT composite plating with respect to lead-free solder, *J Phys, Conf. series* 379 (2012) 1–10.
- [3] M. Benke, Zs. Salyi: Investigation of dissolution resistance of

nitrided carbon steels in calm SAC305 solder alloy melt *J. Min. Metall. B* (megjelenés alatt)

- [4] R. G. Munro: Material properties of titanium diboride, *J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol.* 105 (2000) 709–720.
- [5] C. Pfohl, A. Gebauer-Teichmann, K. T. Rie: Application of wear-resistant PACVD coatings in aluminium diecasting: economical and ecological aspects, *Surf. Coat. Tech.* 112 (1999) 347–350.
- [6] A. Duarte, M. Vila, F. J. Oliveira, F. M. Costa: Structure and morphology of TiB₂ duplex coatings deposited over X40 CrMoV 5-1-1 steel by DC magnetron sputtering *Vacuum* 83 (2009) 1291–1294.
- [7] L. Xi, I. Kaban, R. Nowak, B. Korpala, G. Bruzda, N. Sobczak, N. Mattern, J. Eckert: High-temperature wetting and interfacial interaction between liquid Al and TiB₂ ceramic *J. Mater. Sci.* 50 (2015) 2682–2690.
- [8] M. Aizenshtein, N. Froumin, N.

Frage: The nature of TiB₂ wetting by Cu and Au *J. Mater. Eng. Perform.* 21 (2012) 655–659.

- [9] G. Kaptay: On surface properties of molten aluminum alloys of oxidized surface. *Mater. Sci. Forum.* 77 (1991) 315–330.
- [10] D. A. Weirauch Jr, W. J. Krafick: The wettability of titanium diboride by molten aluminum drops *J. Mater. Sci.* 40 (2005) 2301–2306.
- [11] R. J. Irving, I. G. Worsley: Oxidation of Titanium Diboride and Zirconium Diboride at High Temperatures *J. Less-Common. Met.*, 16 2 (1968) 103–112.
- [12] G. N. Komratov: Oxidation Kinetics of Titanium Diboride Powders, *Poroshk. Metall.* 1-2 (1996) 77–81.
- [13] R. A. Andrievskii, Y. M. Shul'ga, L. S. Volkova, I. J. Koroboy, N. N. Dremova, E. N. Kabachkov, G. V. Kalinnikov, S. P. Shilkin: Oxidation Behavior of TiB₂ Micro- and Nanoparticles *Inorg. Mat.* 52 7 (2016) 686–693.

SEBESTYÉN JÁNOS

Az alumíniumprofil-sajtolás számítógépes támogatása

A cikk általános ismertanyagot tartalmaz egy ipari folyamat (alumíniumprofilok sajtolása) sokoldalú számítógépes támogatásáról. Szó esik dióhéjban magáról a folyamatról is, hogy amennyiben az nem lenne ismert az olvasónak, akkor is kapcsolni tudja az írás lényegi mondanivalóit. Részletesen ismertetésre kerülnek a számítógépes célrendszer fő funkciói, így adva képet annak céljáról, rendeltetéséről.

Jelen írás célja, hogy képet adjon a célinformatika egy speciális területéről, a folyamatátmozgató rendszerekről (angolul process control systems), egy konkrét ipari folyamatot, az alumíniumprofilok gyártását (sajtolását) te-

kintve a támogatandó folyamatnak.

Magáról a folyamatról nem írnék bővebben, feltételezve, hogy azt ismeri a kedves olvasó. Ám, ha mégsem, akkor dióhéjban:

– Alapanyag: körrúd alakú alumíni-

umötvözet (nagyon ritkán tiszta alumínium) (1. ábra);

– Az alapanyagot felmelegítjük 400–500 °C közé (földgázzal, vagy elektromos árammal), és optimális hosszokra darabolva az egyes darabokat („tuskókat”) egymás után beadagoljuk egy hidraulikus présgéphe és keresztülsajtoljuk („extrudáljuk”) egy sajtolószerszám nyílásán (többes sajtolás esetén: nyílásain) (2. ábra).

– A sajtolószerszámból kilépő profilt edző-hűtésben részesítjük, majd, miután végleg lehűlt, egy csekély nyújtást követően a kívánt hosszra daraboljuk, végül a kész profilokat szállítókeretbe rakjuk.

A gyártás még további lépésekkel folytatódik, mire a termék a vevőhöz kerül (mesterséges öregítés, csoma-

Sebestyén János 1986-ban végzett okleveles kibernetikus mérnökként a Varsói Katonai Műszaki Akadémián. 2000-ben Pénzügyi és Számviteli Főiskolán közgazdasági szakokleveles mérnök végzettséget szerzett. Magyar Honvédségnél 1986–1995-ig rendszer-szervező főosztályként szolgált. 1995-től a Hydro Extrusion Hungary Kft. (korábban ALCOA Kőfém Kft.) présüzemében dolgozik, ipari mérnök, termelésvezető, folyamatfejlesztési vezető munkakörökben, 2004 óta folyamatátmozgató rendszerek funkcionális specialista.