FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2000. március 24-25.

Alumínium és ötvözeteinek forraszthatósága

Majoros Zoltán

Now, the preferred aluminum brazing process for demanding automotive and industrial applications is being adopted, worldwide, for its superior performance in the production of heat exchangers and a variety of other products. NOCOLOK® flux brazing is ideally suited for the large scale joining of aluminum heat-exchangers. Some alloys contain Cu and Ti for the better corrosion resistance, and Mg for added strenght and machinability. Mg is the favour alloy for aluminum, but there is a limit to the amount that can be tolerated. The flux and its residue are non-corrosive and non-hygroscopic. NOCOLOK® flux is easily applied by sparying or dipping and the flux loading easily controlled. Brazed parts are ideally suited for painting or other surface treatments if enhanced corrosion resistance is desired. Complet product designs, continous production, and a variety of alloy selections make the NOCOLOK® flux brazing process the preferred choice for automotive and other industrual applications.

A **forrasztást** mint kötéstechológiát a mai ipari gyakorlat még ma is alábecsüli pedig néhány kötési feladat megoldásánál ez is vagy csak ez az eljárás alkalmazható eredményesen és gazdaságosan, amint azt a nagy gépjármű gyártó vállalatok tették alumínium hőcserélők gyártásánál.

A főiskolákban és szakiskolákban, a mérnökképzésben vagy a mérnök továbbképzésben a kötési módszerek tárgyalásakor a forrasztást nem a fontosságának megfelelő jelentőséggel oktatják, nem utolsósorban azért, mert ennek a szakterületnek nincs olyan kiterjedt szakirodalma, mint például a hegesztésnek.

Magának a forrasztásnak az alapelve egyszerű, mégis a felhasznált anyagok és technológiák igen széles és színes skálát mutatnak. Valójában a legelső keményforrasztott alumínium alkatrészeket "kloridos" folyasztószerrel forrasztották, mely nedvszívó és erősen korrozív maradékot hagy a felületen, ami utókezelést igényel. Körülbelül 15 évvel ezelőtt az Alcan International Ltd. kifejlesztette a NOCOLOK® folyasztószert, mely ezen hátrányokat teljesen megszünteti, és emiatt elsődleges szerepet kapott az alumínium hőcserélők - mint például radiátorok, olajhűtők, kondenzátorok, légkondicionáló rendszerek stb. - tömeggyártásánál.

A **NOCOLOK** folyasztószer egy finom fehér por, KF és AlF_3 eutektikus keveréke (általában $\text{K}_{1-3}\text{AlF}_{4-6}$), mely nem-korrozív, nem-nedvszívó, nem lép reakcióba az alumíniummal sem szoba, sem forrasztási hőmérsékleten, csak olvadt állapotban aktív. Az olvadt folyasztószer feloldja az alumínium felületén megtapadt oxidréteget, megakadályozza a további oxidációt a teljes forrasztási folyamat alatt és elősegíti a forrasztanyag folyását. A KF- AlF_3 fázisdiagram egy kinagyított részén (1.ábra.) látható, hogy a KAlF_4 - K_3AlF_6 eutektikus vegyület olvadáspontja 562°C . Ha a folyasztószer eltér az eutektikus vegyülettől, vagy más elemeket is tartalmaz, mint például SiO_2 , NaF és CaF_2 , az olvadáspont $\pm 5\text{-}10^\circ\text{C}$ -al eltérhet. Az olvadáspont tartománya ennek megfelelően $562\text{-}575^\circ\text{C}$ [1][4].

A folyasztószer kémiai összetétele: K: 28-30 % ; F: 49-51 % ; Al: 16-18 % ; Ca: < 0,2 % ; Na: < 0,5 % ; Fe: < 0,03 % ; SiO_2 : < 0,5 % [1].

1. ábra. KF- AlF_3 fázisdiagram [4]

A **forrasztási folyamat** első lépéseként a forrasztásra előkészített alkatrészek egy tisztítási folyamaton mennek keresztül, ahol eltávolítjuk az alakításnál használt kenőanyagokat és maradék szennyeződések. A NOCOLOK folyasztószer vizes oldatát (koncentráció 5-25 %) permetezéssel vagy merítéssel vihetjük fel a munkadarabra, majd levegővel "lefűjjük" a minél egyenletesebb felület elérése céljából. A folyasztószer vizes oldatát maximum 200°C hőmérsékletű levegővel szárítjuk meg. A magasabb hőmérsékletű szárítás hatására olyan oxidok képződhetnek, melyeket sokkal nehezebb eltávolítani. A cél egyszerűen a víz eltávolítása, hogy a komponensek teljesen mentesek legyenek az adszorbeált víztől, melynek elsősorban kemenceforrasztásnál van jelentősége. A forrasztási folyamat

ezen lépései minden forrasztási eljárásnál megegyeznek, a különbözőség a továbbiakban a hevítés módjából, idejéből és az alkalmazott védőgázból adódik [5]. Az alumínium alkatrészek NOCOLOK-kal történő forrasztása kemence-, láng-, valamint indukciós eljárással is elvégezhető, mely folyamatok nagy termelékenységűek, bár jelenleg a kemenceforrasztás terjedt el komplex gyártmányok (pl. hőcserélők) gyártására.

A folyasztószer és a forrasztás utáni maradéka nem-nedvszívó, nem-korrozív, valamint a kialakult kötés fémes kötés. Technológiailag helyesen elvégzett kemenceforrasztásnál a folyasztószer maradéka szabad szemmel alig látható réteget képez, vastagsága 1-2 μm , összetétele $\text{K}_3\text{AlF}_6 + \text{KAlF}_4$, valamint ezen maradék növeli a forrasztott anyag korrózióállóságát és a forrasztási folyamat után azonnal felületkezelhető [2].

Alapanyagként hőcserélők gyártásánál az AA3003, AA3005, AA1100, AA1145, AA6063, AA6951 ötvözeteket alkalmazzák. A Nocolorok[®] eljárást kemenceforrasztásnál eredményesen alkalmazzák, ahol a **magnézium** tartalom nem több mint 0,5 %, valamint lángforrasztásnál nem több mint 1 %. A magnézium, mint ötvözőelem hatással van a Nocolorok[®] folyasztószerre a következők szerint [3]:

- a magnézium reakcióba lép a felületi oxidréteggel, melynél MgO alakul ki, aminek korlátozott oldódása van a Nocolorok[®] folyasztószerben.
- A magnézium és/vagy a MgO reakcióba lép a folyasztószerrel, melynél MgF_2 alakult ki, mely a folyasztószer olvadáspontjának emelkedését eredményezi. Látszatra úgy tűnik mintha a folyékony folyasztószer „kiszáradna”.
- A magnézium bediffundál az ötvözet felületébe a forrasztás alatt és reakcióba lép a folyasztószerrel, ezáltal megváltoztatja az összetételét és hatásosságát.

Magas hőmérsékleten az alumíniumon és azok ötvözetein kettős réteg alakul ki, mely amorf és kristály oxidokat is tartalmaz. Az alumínium-magnézium ötvözet egyszerű vagy spinell oxidokat képezhet, mint MgO és a MgAl_2O_4 .

Magas hőmérsékleten a $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ „amorf” film átbecsájtja az oxigén ionokat, melyek bejutnak az oxid/fém határfelületére [6]. A hőmérséklet növelésével elindul egy gerjesztő periódus (450 °C felett) és új kristályoxidok nőnek. Ezen oxidok áthatolnak a fémen és oldalirányba nőnek addig, amíg a nyomásnövekedés megfékezi az ötvözetben. Az Al-Mg ötvözetnél ha az „elsődleges” MgO kialakul, behatol mind a fémben mind a borított amorf rétegbe, hogy összetörje, és kialakítson egy rövid diffúziós járatot, mely növeli az „elsődleges” oxid kialakulását.

Kemenceforrasztásnál az AlMg alapfém esetén a bevonat jobb eredményt ad, mint a bevonat nélküli. Úgy tűnik, hogy a bevonat lelassítja a magnézium diffúzióját a folyasztószer/oxid határfelületére és ezért csökkenti az ellentétes hatást a folyasztószer reakciójában.

Magasabb magnézium tartalmú alumínium ötvözetek láng- vagy indukciós forrasztással készíthetők. Úgy tűnik, hogy a gyorsabb hevítés nem engedi a magnéziumot diffundálni, így nem tudja jelentősen csökkenteni a folyasztószer hatását.

A magnézium tartalmú alumíniumötvözetek forraszthatósága növelhető:

- több folyasztószer használatával,
- a forrasztási idő csökkentésével,
- a bevonat vastagságának növelésével a forraszlemezen,
- az egyik összekötendő ötvözetben a magnézium tartalom csökkentésével,
- megfelelő rés- és kötéstervezéssel.

1% **cink** hozzáadásával csekély hatás érződik a forraszthatóságon. Ezen a határon túl csökken a folyékonyág és a forraszthatóság hasonlóan a magnéziumhoz. Jelentős szerepet kap a korrózióállóság növelésében. A cink tartalmú ötvözetek helyett cink bevonat is alkalmas, de ugyanez a hatás érhető el, ha cink tartalmú folyasztószert használunk.

A **szilícium** a fő ötvözőelem a forraszótvözetekben, mivel csökkenti az ötvözet olvadáspontját és elősegíti híg folyósságát [6].

Összefoglalás

Látható, hogy a NOCOLOK forrasztás nem bonyolult technológia és kitűnően alkalmazható alumínium és ötvözeinek forrasztására, bár a mai napig nem megoldott probléma a nagyobb magnézium alumíniumötvözetek forrasztása ami bizony jelentős szerepet kapna az ipari gyakorlatban.

Felhasznált Irodalom

1. Jhonny Lin: Nocolok Flux and Aluminum Brazing. SAE Inc.Detroit. 1996.pp. 1-4.
2. David J. Field; Nigel I.Steward. Mechanistic Aspects of the NOCOLOK Flux Brazing Process. SAE Technical Paper Series 870186.Detroit.1987. pp.1-4.
3. NOCOLOK® Flux Brazing Technology (Manual). Solvay Fluor Und Derivate GmbH. Hannover. 1997. pp.10-55.
4. NOCOLOK® Flux. Solvay Fluor Und Derivate GmbH.Hannover. 1997. pp. 1-4.
- 5.The NOCOLOK® Flux Brazing Process. Solvay Fluor Und Derivate GmbH. Hannover. 1995.pp1-14
6. Alumínium és ötvözeinek forraszthatósága, keményforrasztott kötések vizsgálata. Majoros Zoltán, szakmérnöki diplomamunka. 2000, Miskolc

A NOCOLOK® az Alcan International Ltd. védjegye.

Majoros Zoltán okleveles gépészmérnök, okleveles hegesztő szakmérnök, Európai hegesztőmérnök, doktorandusz

Miskolci Egyetem, H-3515 Miskolc - Egyetemváros

Tel: 00-36-30-9455-819, Fax: 00-36-46-346-843, E-mail: majoros@kugli.met.uni-miskolc.hu