

Arany-platina ötvözet metallográfiai vizsgálata hegesztett kötésekben

Metallographic examination of gold-platinum alloys in welded joints

SCMITZHOFER Márk¹, Dr. KOVÁCS Dorina²

1: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar,
Anyagtudomány és Technológia Tanszék, 1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3,
463-1234, schmitzhofer.mark@edu.bme.hu

2: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Anyagtudomány és Technológia Tanszék,
1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3, 463-1079, kovacs.dorina@gpk.bme.hu

Abstract

Gold and platinum are popular raw materials, even in their elemental form. The alloy of the two is also a good material. It is used successfully in appliances that can detect dopamine-levels in human bodies. However, the alloy is not well-researched. Welded joints were made with LASER welding technology. The samples were examined through metallographic procedures.

Keywords: gold, platinum, alloy, laser beam welding

Kivonat

Az arany és a platina elemi formában közkedvelt anyag különböző alkalmazásokban. Ötvözetük is jó alapanyagnak számít, például dopaminszint-mérő eszközökben már sikeresen alkalmazzák, azonban ez az anyag kevésbé kutatott. Ennek érdekében lézersugaras hegesztő eljárással kötést alakítunk ki a két fém között és az így létrejött ötvözetet vizsgáljuk metallográfiai módszerekkel.

Kulcsszavak: arany, platina, ötvözet, lézersugaras hegesztés

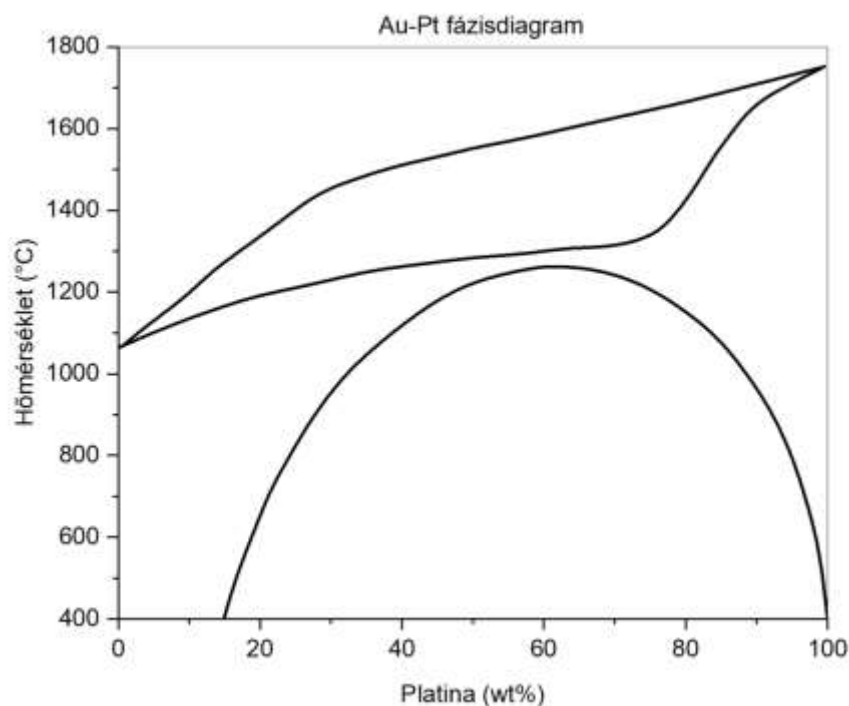
1. IRODALOMKUTATÁS

Az arany a Mengyelejev táblázat 79-es számú tétele, kiváló korrózió- és oxidációállósággal rendelkezik; 100 °C-ig az ózon sem képes oxidálni azt, annak ellenére, hogy ez az emberek által ismert leginkább oxidatív anyag. Elektromos vezetőképessége páratlan, jelátvitelben közkedvelt, mint különböző csatlakozók bevonata [1]. A jelen hegesztési kísérletet tekintve hővezető képessége hátrányosnak mondható. Hatékony fényvisszaverő infravörös tartományban, mely a lézer-nyalábbal történő hegesztést nehezíti [2].

A platina felfedezésekor értéktelennek minősült. Az 1700-as években felkeltette a tudósok figyelmét, hogy lehetetlen a megolvasztása (olvadáspontja: 1768 °C) [3]. Ezen kutatások alatt fedezték fel, hogy a korrózióállósága rendkívül jó. Ennek köszönhetően laboratóriumi eszközök alapanyagaként kezdték el felhasználni, illetve néhány évvel ezelőttig a kilogramm etalonjának egyik komponense volt az irídium mellett. Értékét ritkasága, valamint felhasználásának széles tárháza adja. A periódusos táblázatban a 78. számú, nemesfém elem. Mind a mai napig használnak platina alapú katalizátort az autókban a káros kipufogógázok semlegesítésére. A gyógyszeriparban előszeretettel alkalmazzák rákos megbetegedések ellen kemoterápia [4] vagy kapszula (warhead) formájában.

Az alapanyagpár ötvözhetőségére irányult a kutatás, így célszerű a feladatot az arany-platina ötvözetek fázisdiagramjának tanulmányozásával kezdeni. Az első ábrán lévő diagramból látható, hogy a két anyag nem képes korlátlanul oldódni egymásban. 1260 °C alatt az aranyból kiválik a platina már kis mennyiség esetén is. Látható, hogy a diagram 400 °C alatt nem mutat semmit a viselkedésről, márpedig a vizsgálatok szobahőmérsékleten zajlanak. Ennek kiküszöbölésére egy függvényillesztő program segítségével extrapolálható a kiválási görbe. Az így kapott eredmények alapján már 7,66%-os platinakonzentrációnál kétfázisú rendszer fog kialakulni. Emellett az is kiderült, hogy néhány tized százalékos eltérés is okozhatja, hogy kétfázisú rendszert alkot majd a varrat.

A kutatás célja ezen ismeretek felhasználásával a két alapanyag hegeszthetőségének és az ez által kialakult ötvözetek tulajdonságainak vizsgálata.



1. ábra: Arany platina fázis diagram [5]

2. ARANY-PLATINA ÖTVÖZET LÉTREHOZÁSA HEGESZTÉSSEL

2.1 Lézersugaras hegesztés nagy fényvisszaverésű anyagokon

A fényvisszaverő anyagok esetében a lézersugaras hegesztés alapelve sérül. Nagy energiasűrűségű fénynyalábot nyel el a hegeszteni kívánt munkadarabpár, melyek a lokális túlhevülésnek köszönhetően megömlenek, majd varratot képezve hűlnek le [6]. A két alapanyag jó fényvisszaverő képességgel rendelkezik, így az említett nyalábok visszatükröződnek a felületükről, és így az általa eltárolt energiának csak töredéke nyelődik el bennük. Ez kiváltképp igaz az arany esetében, hiszen infravörös tartományban kiemelkedő mértékben képes a sugárzást visszaverni [2] és a legtöbb lézersugaras hegesztő berendezés vörös színű fényt használ (1062 nm).

Erre már megoldást talált Lin-Jie Zhang kutatócsoportjával [7]. Egyrészt célszerű teljesítménymodulációt alkalmazni, tehát a lézer teljesítményét szinuszosan változtatták. Ezen kívül kihasználták, hogy a hegesztés során kialakult kulcslyukban a nyaláb többszörösen vissza tudott verődni (kellően mély ömledékfürdő esetén), így érve el a kiváló hevítést, melyet mások is sikeresen alkalmaztak [8, 9]. Az arany problémáját egyszerűen meg lehet oldani, úgynevezett zöld lézert kell alkalmazni, mely annyit tesz, hogy a fénynyalábok hullámhossza 532 nm-es, melyet frekvenciaduplázással érnek el [10]. Azonban a platina rossz hővezetőképessége nagy hátrányt jelent, ugyanis nagyon könnyen képes az elpárolgásra lokális megömlés esetén, kis anyagvastagságnál [11].

A kísérleteket YLS-3000-U-Y18 típusú lézersugaras hegesztő berendezéssel végeztük el. A munkadarabok 1×10×20 mm-es téglalap alakú lemezek voltak. A végleges eljárásrend egy a platinán történő próbavágásból és háromszor négy darab varrat elkészítéséből állt. Egymás fölé helyezve a platina- és az aranylemezt, leszorító csipeszekkel rögzítettük a munkaasztalhoz. A próbavágás a platinát már elpárologtató energiaszint meghatározására irányult, melyből tudható, hogy mi a maximális teljesítmény. A varratok a hegesztő berendezés névleges teljesítményének 90, 80, 70 és 60 %-án történt egy alkalommal 2 mm/s-os, két alkalommal 4 mm/s-os sebességgel a reprodukálhatóság vizsgálata érdekében.

A próbavágás azt mutatta, hogy 35% felett a platinát már vágja a lézersugár, viszont a későbbiekben a kísérletet az említett teljesítményszinteken zajlott. Ennek oka, hogy az arany elvezette a hő jelentős részét, így gátolva a megömlést. Ezeken az értékeken azonban vágás történt, ennek ellenére a nyomvonalak szélein található sorjában ötvöződés látható.

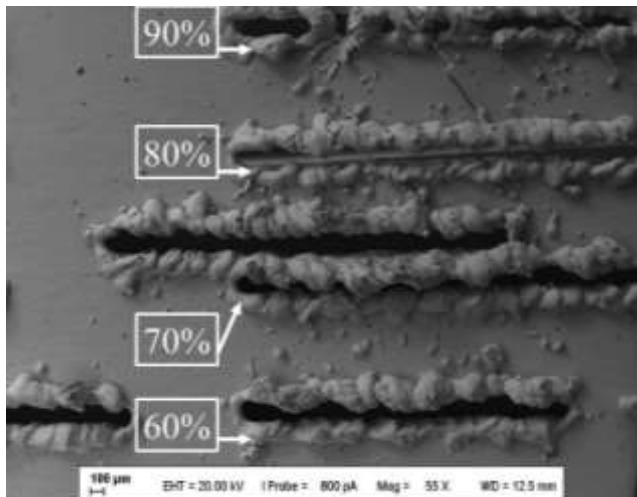
3. ÖTVÖZET VIZSGÁLATA ÉS KIÉRTÉKELÉSE

3.1. Vizsgálati módszerek

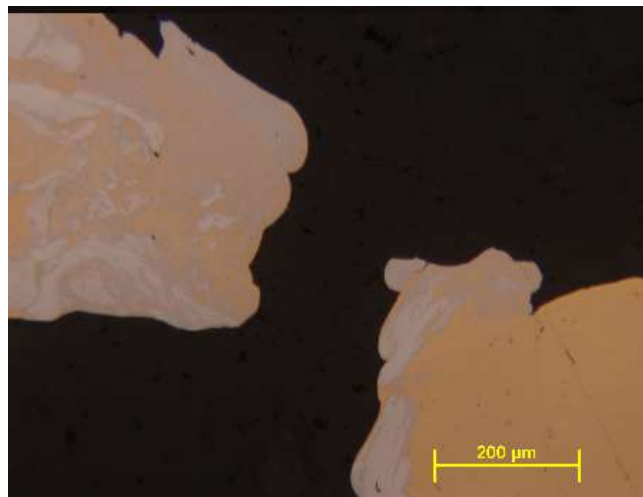
Az ötvözetekből készült keresztcsiszolatok szövetszerkezetét Olympus PMG-3 típusú optikai mikroszkópon vizsgáltuk csiszolás, majd 3 és 1 μm -es gyémántsuszpenziós polírozás után [12, 13]. Zeiss Evo MA10 típusú elektronmikroszkópon (SEM), energiadisziperzív röntgenspektrometirával (EDS) elemeztük a keletkezett arany-platina ötvözetet, illetve Vickers mikrokeménységmérést végeztünk el Buehler 1101 típusú berendezésen 11 mp-es terhelési idővel, 10 g terheléssel.

3.2. Mikroszkópos vizsgálatok

A 2 mm/s-mal hegesztett sorozatával (2. ábra) kezdve az elemzést elmondható, hogy a kétfázisú rendszer valóban kialakult, tehát az 1. fejezetben meghatározott 7,66%-os érték valósnak tekinthető. Ebben a varratsorban a 90%-os teljesítményszinten nem alakult ki keveredés, a platina egy réteget képzett az arany felszínén, mely sejtető volt a kiemelkedően nagy aranykoncentrációból is. A 80 és 70%-os teljesítményszinteken jól kivehető egyfajta sávosan elkeveredett rendszer (3. ábra) valamint egy finomabb szerkezetű, szürkés színű terület is, amely szintén kétfázisú. A 80%-on létrejött varratban kismértékű keveredés mutatható ki, mely a platina elpárolgásából eredeztethető. A tény, hogy nem tiszta platinából állnak ezek a részek abból adódik, hogy a tiszta platinához képest sötétebb szürke színhatásúak az említett területek. A 60%-os szinten hegesztett minta, a 80%-oshoz hasonlóan csekély mértékű keveredést mutat.



2. ábra: 2mm/s-mal hegesztett mintasorozat elektronmikroszkópos képe (teljesítményszintekkel)



3. ábra: 2mm/s-mal hegesztett 70%-os teljesítményszinten létrejött sorja csiszolati képe

A 4 mm/s-mal hegesztett mintán a keveredések mértékéből is kivehető a leszorítás torzító hatása. A 90 és 60%-os szinten létrejött varratoknál a finom szerkezet dominált a több beoldódott platina miatt. Ezen kívül a másik két varrat csekély mértékben tért el 2 mm/s-os megfelelőjétől, amely a hasonló összetétel eredménye. A sorjában történt finom ötvöződés, a termodinamikai és hegesztési körülményeknek köszönhető.

Az összetételvizsgálat eredménye jól mutatta, hogy a hegesztési teljesítmény csökkentése minden esetben fokozta a platinakoncentrációt, hiszen a bevitt csökkenő hőmennyiséggel az elpárolgó platina mennyisége is csökkent. A hegesztési sebesség egyenesen arányos a platinakoncentrációval, tehát növelve a sebességet, a platina mennyisége is növekedett a varratokban. Ez abból adódik, hogy a lézernyaláb kevesebb ideig tartózkodott egy területen, mint kisebb sebesség esetén, ezért kevesebb hőt közölt a munkadarabokkal.

3.3. Keménységmérés

Először az alapanyagokat megmérve kiderült, hogy az arany keménysége majdnem fele a platináénak (arany: 44 HV0,01, platina: 80 HV0,01). A 2 mm/s-os sorozatnál szinte minden mérés 100 HV0,01 feletti értéket (max.: 70%-os teljesítményszinten 173 HV0,01) mutatott, tehát a két anyag ötvözeete még keményebb

lett, mint az alapanyagok keménysége. Emellett az értékek azt mutatták, hogy a platinakoncentráció növekedésének köszönhető a keménység-növekedés. Ezt a 4 mm/s-os sorozat mérése alátámasztotta, viszont lekorlátozta, miszerint 20-30%-os platinakoncentrációnál maximalizálódik a keménység.

4. ÖSSZEZÉS, TAPASZTALATOK

A kísérlet során a tervezett lézersugaras hegesztési megmunkálás helyett vágásokat tudunk csak végrehajtani. Ezek alapján a jövőbeni kísérletek során már előre vetíthető egy kedvezőbb paraméterlista, mely feltételezi a hegesztést. A kiértékelés során láthatóvá vált, hogy az ötvözet minden esetben kétfázisú rendszert alkotott, melyek nagyobb keménységről tettek tanúbizonyságot, mint az alapanyagok sajátja. Ezen kívül az is egyértelmű, hogy egy bizonyos anyaghányadig képes a platina növelni az ötvözet keménységét. A tapasztalt mennyiség bizonyításához szükséges a későbbi kísérletek során a pontosan kimért platinakoncentrációjú ötvözetek széles skálán történő megvalósítása. További terveink között szerepel a finom szerkezet vizsgálata, hogy valóban itt is sávos elrendezésű a szerkezet vagy szilárd oldatról van-e szó, aminek feltárását a mérőeszköz felbontóképessége akadályozza.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁST

Köszönettel tartozunk az Exasol Kutató, Fejlesztő Kft. munkatársainak, Puskás Zsoltnak, Boldog Lászlónak és Schermann Patriknak a kivitelezésében.

A szerzők részvételét az OGÉT 2021 konferencián az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő NTP-HHTDK-20 pályázata támogatta.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Barbara A. Schreiber, Gold, Encyclopædia Britannica, <https://www.britannica.com/science/gold-chemical-element>, (Utolsó letöltés: 2021.02.17.)
- [2] Loebich O., *The optical properties of gold*. Gold Bull, Springer, 1972, 5, 2–10.
- [3] Arblaster J.W., Crystallographic Properties of Platinum, Platinum metals Review, Johnson Matthey 1997, 41(1) 12-21.
- [4] Liu J, Jiao X., Gao Q., Neoadjuvant chemotherapy-related platinum resistance in ovarian cancer, Drug Discovery Today, Elsevier, 2020, 25(7), 1232-1238.
- [5] Kemény D. M., Fábíán E. R., Hegesztési paraméterek hatása korrózióval szembeni ellenállásra ausztenites rozsdamentes acéloknál, Műszaki Tudományos Közlemények, EME, 2017, 7, 219-222.
- [6] Okamoto H., Massalski T.B., The Au-Pt (Gold-Platinum) system, Bulletin of Alloy Phase Diagrams, Springer, 1985 (6), 45-56.
- [7] Ning J, Zhang L-J., Yin X-Q., Zhang J-X., Na S-J., Mechanism study on the effects of power modulation on energy coupling efficiency in infrared laser welding of highly-reflective materials, Materials&Design, Elsevier, 2019, 178(15), 2-12.
- [8] Meszlényi Gy., Dobránszky J., Puskás Zs., Role of the laser focus position in the laser beam cutting of thin stainless steel sheets, Materials Science Forum, Materials Science&Engineering, 2010, 659, 209-214.
- [9] Varbai B., Pickle T., Májlínger K., Development and Comparison of Quantitative Phase Analysis for Duplex Stainless Steel Weld, Periodica Polytechnica-Mechanical Engineering, Budapest University of Technology and Economics, 2018, 62, 247-253.
- [10] Lee J-S., Rhee B.K., Kim C-D., Joo G-T., Highly Efficient Second Harmonic Generation of Nd-YAG Laser Radiation using MgO-Doped LiNbO₃, Journal of the Korean Physical Society, Springer, 1998. 32, 424-426.
- [11] Bourdenet R., Geoffray I., Chicanne C., Brunet V., Investigation of copper / gold laser seam welding for targets manufacturing, Physics Procedia, Elsevier, 2013. 41, 581-588.
- [12] Szabó A., Szlancsik A., Titán alapú aktív ernyős plazmanitridálás: Titanium based active screen plasma nitriding, In: Barabás, István (szerk.) XXVIII. Nemzetközi Gépészeti Konferencia – OGÉT 2020, EMT, 2020, 354, 85-88
- [13] Maróti J. E., Szabó P. J., Investigation of Composite Behaviour of Lath Martensite, Acta Materiala Transylvanica, EME, 3(2), 90-93.