XIV. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2009. március 26-27.

Ti6Al4V TITÁNÖTVÖZET SZÖVETSZERKEZETÉNEK VÁLTOZÁSA HŐKEZELÉS SORÁN

Pinke Péter, Kovács Tünde

Abstract

This paper deals with the changes in the microstructure of the wrought Ti6Al4V titanium alloy reached by solution treatment at 1050 °C and 950 °C. The specimens after solution treatment at 950 °C were treated by an aging treatment at 550 °C, 650 °C and 750 °C. The effects of the applied heat treatment parameters on the microstructure were investigated by optical microscope and were completed by volume fraction measurements as well as by hardness tests.

Key words:

Ti6Al4V titanium alloy, solution treatment, aging treatment, microstructure

Összefoglalás

A dolgozat alakított Ti6Al4V titánötvözet szövetszerkezeti változásait mutatja be 1050 °C és 950 °C –on végrehajtott oldó izzítás valamint 950 °C oldó izzítást követő 550 °C, 650 °C és 750 °C –os hőmérsékletű keményítés után. Az alkalmazott hőkezelési paraméterek szövetszerkezetre gyakorolt hatását fénymikroszkópos vizsgálattal tanulmányoztuk, amelyet térfogatarány meghatározással és keménységméréssel egészítettünk ki.

Kulcsszavak:

Ti6Al4V titánötvözet, oldó izzítás, keményítés, mikroszerkezet

1. Bevezetés

Titánötvözeteket kedvező tulajdonságainak (nagy szilárdság, kitűnő szilárdság/sűrűség arány, magas korrózióállóság) köszönhetően széles körben alkalmaznak a repülőgépgyártás, az energetika, a vegyipar és a járműipar számos területén [1]. A Ti6Al4V ötvözet a kétfázisú ($\alpha + \beta$) titánötvözetek jellegzetes képviselője. A szövetszerkezetét alkotó α és β fázisok térfogataránya, alakja, elrendeződési módja döntően befolyásolja az ötvözet mechanikai és egyéb tulajdonságait. A kétfázisú ($\alpha + \beta$) ötvözetek szövetállapota az alkalmazott alakítási eljárás és az azt követő hőkezelés paramétereinek függvényében jelentősen befolyásolható [2]. A Ti6Al4V ötvözet átkristályosodási hőmérséklet $\beta_t \sim 1000$ °C [3] feletti tartományba hevítve homogén β fázisú, ez alatti hőmérsékleteken pedig heterogén ($\alpha + \beta$) szövetállapotú. Jelen munkánkban alakított Ti6Al4V ötvözet oldó izzítás, illetve oldó izzítás és kiválásos keményítés (megeresztés) során kialakuló szövetszerkezetét és az abban végbemenő változásokat vizsgáltuk metallográfiai elemzés módszerével.

2. Kísérleti anyag és technika

Munkánkban melegen hengerelt Ti6Al4V titánötvözetet vizsgáltunk, amelynek irányadó vegyi összetétele 6% Al, 4%V (tömeg %) a fennmaradó mennyiség Ti. Az ötvözetből levágott próbadarabo-

kon 950 °C/1h és 1050 °C/1h oldó izzítást alkalmaztunk, amelyet vízhűtés vagy léghűtés követett. A 950 °C/1h paraméterű oldó izzítás után 550 °C/4h, 650 °C/4h és 750 °C/4h keményítő hőkezelést iktattunk be, amelyet léghűtés követett. A hőkezelést LM 212.11 indukciós kemencében végeztük. A szövetszerkezetet Neophot 30 fénymikroszkópon tanulmányoztuk. Vickers keménységmérésre (HV10) Briviskop BVR 187.5H keménységmérőt, a primer α fázis térfogatarányának meghatározására Mini BVS képelemző berendezést alkalmaztunk.

3. Vizsgálati eredmények

Az alkalmazott oldó izzítás után kialakult szövetszerkezeteket az 1. ábra szemlélteti. A kétfázisú mikroszerkezet α és β szilárd oldatokból tevődik össze (1.a ábra). Az α szilárd oldat (világos alakzatok) deformált lemez alakú, amelyek között vékony β fázis (sötét alakzatok) található. Ez a szerkezet egy részben újrakristályosodott állapotnak felel meg (szokásos szállítási állapot).

1. ábra. A Ti6Al4V titánötvözet szövetszerkezetének változása oldó izzítás következtében

A 950 °C/levegő oldó izzítás után (1.b ábra) az ötvözetben primer α fázis alakzatokat találunk (oldó izzítás során nem alakultak át β szilárd oldattá), amelyeket lemezes ($\alpha + \beta$) szerkezet vesz körül, ez az ún. bimodális szövetszerkezet. Az 1050 °C -ról léghűtés hatására kialakuló lemezes szerkezet $\beta \rightarrow (\alpha + \beta)$ az 1.d ábrán látható, a β szemcsék határa mentén α fázis (α_{GB} -alpha grain boundary) válik ki. Ha 1050 °C-os oldó izzítási hőmérsékletéről vízűtést alkalmazunk tüszérű martenzites α' szerkezet jön létre (1.e ábra). A 950 °C- ról végrehajtott vízűtés után a szövetszerkezet hasonló volt mint léghűtés után, azonban a primer α szemcséket nem lemezes ($\alpha + \beta$), hanem α' martenzites szerkezet vette körül (1.c ábra).

A próbadarabokon 950°C -ról végrehajtott oldó izzítás után 550 °C, 650 °C és 750 °C -on keményítő hőkezelést is végeztünk, a kialakult szövetszerkezetek a 2. ábrán láthatók. A 950 °C/levegő oldó izzítást követő keményítési eljárás a primer α fázist körülvevő ($\alpha + \beta$) lemezes szerkezetben nem

hozott jelentős változást, a 750 °C-os keményítés után a lemezes szerkezet bizonyos mértékű durvulása volt tapasztalható. A 950 °C/víz oldó izzítás utáni 550 és 650 °C -os keményítés során az α' fázis tűszerű jellege megmaradt, viszont 750 °C -on ez a szerkezet rúd alakúvá változott. A primer α szemcsék esetében az összes alkalmazott keményítési eljárás után megfigyelhető volt az α fázis alakzatainak „összenövése“, ez legjelentősebben a 750 °C -os keményítés után (2.c és 2.f ábrák) nyilvánult meg.

A primer α fázis térfogatarányának változását a 950 °C -os oldó izzítást és az azt követő keményítés után az 1. táblázat összegzi. Oldó izzítást követő víz hűtés után volt a legkisebb a primer α fázis térfogataránya (~30 %), amely a további keményítő izzítási eljárások után magasabb értékeket mutatott. A 950 °C/levegő oldó izzítást követő keményítés nem vezetett a primer α fázis mennyiségének jelentősebb változásához.

2. ábra. A Ti6Al4V titánötvözet szövetszerkezete oldó izzítás és keményítés után

a) 950°C/ 1h/ levegő + 550°C/ 4h, b) 950°C/ 1h/ levegő + 650°C/ 4h, c) 950°C/ 1h/ levegő + 750°C/ 4h
d) 950°C/ 1h/ víz + 550°C/ 4h, e) 950°C/ 1h/ víz + 650°C/ 4h, f) 950°C/ 1h/ víz + 750°C/ 4h

1. táblázat. A primer α fázis térfogataránya az alkalmazott hőkezelések után

Ti6Al4V titánötvözet	Hőkezelés	950°C/ 1h / levegő	950°C/ 1h/ levegő + 550°C/ 4h	950°C/ 1h/ levegő + 650°C/ 4h	950°C/ 1h/ levegő + 750°C/ 4h
	Primer α fázis térfogataránya	44 ± 4,9%	48 ± 4,8%	52 ± 4,6%	47 ± 4,6%
	Hőkezelés	950°C/ 1h / víz	950°C/ 1h/ víz + 550°C/ 4h	950°C/ 1h/ víz + 650°C/ 4h	950°C/ 1h/ víz + 750°C/ 4h
	Primer α fázis térfogataránya	30 ± 4,5%	44 ± 4,8%	38 ± 5,5%	45 ± 4,3%

A hőkezelt próbadarabokon elvégzett keménységmérés eredményét a 3. ábrán található diagramok mutatják. Látható, hogy a legjelentősebb keménységnövekedés 950 °C/víz + 550 °C kezelés után következett be. A 650 °C és 750 °C -on elvégzett hőkezelés keménységcsökkenéshez vezetett az oldó iz-

zítás utáni állapothoz képest. Ez feltehetően a magasabb hőmérsékletnek, az egyensúlyi folyamatok irányában bekövetkező szövetállapot változásnak, tudható be.

3. ábra. A Ti6Al4V titánötvözet keménysége az alkalmazott hőkezelés függvényében

4. Összefoglalás

Az alakított Ti6Al4V ötvözetmintákon elvégzett hőkezelési eljárások alapján megállapítható, hogy 1050 °C/levegő oldó izzítás után lemezes ($\alpha + \beta$) fázisú, 1050 °C/víz izzítási mód után pedig α' martenzites szerkezet jött létre. A 950 °C- ról végrehajtott oldó izzítás után a szövetkép a fenti szövetállapoton kívül fel nem oldott primer α fázist is tartalmazott. A primer α fázis részarányának pontosabb megállapítása és a mérési eredmények szórásának csökkentése céljából korszerű képelemző programok [4] alkalmazását tartjuk célravezetőnek. A 950 °C -os oldó izzítást követő 550 °C, 650 °C és 750 °C -os keményítési hőmérsékletek közül csak az 550 °C -on alkalmazott izzítás eredményezett jelentősebb keménységnövekedést, mégpedig 950 °C/víz oldó izzítás után. A hőkezelési kísérleteink eredményei felhasználhatók Ti6Al4V ötvözetből készült hőkezelt próbatestek mechanikai anyagjellemzőinek vizsgálatánál.

Irodalomjegyzék

- [1] Leyens, Ch., Peters, M (eds.): *Titanium and Titanium alloys – Fundamentals and applications*, Wiley-VCH, Weinheim, 2003.
- [2] Lütjering, G.: *Materials Science and Engineering*, A243, 1998, pp. 32-45.
- [3] Donachie, M. J., Jr.: Heat treating. In: *Titanium: A technical guide*, ASM International, Metals Park, OH, 1988, pp. 57-74.
- [4] Bagyinszki, Gy., Bitay, E.: *Bevezetés az anyagtechnológiák informatikájába*, Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 2007.

Dr. Pinke Péter, egyetemi adjunktus
Szlovák Műszaki Egyetem Pozsony
Anyagtechnológiai Kar Nagyszombat
Paulínska 16, 917 24 Trnava, Slovenská republika
Tel.: 00421/33 552 1007
E-mail: peter.pinke@stuba.sk

Dr. Kovács Tünde, főiskolai docens
BMF BGK Anyag és
Gyártástechnológiai Intézet
1081 Budapest, Népszínház u. 8.
Tel.: 0036 1/666 5327
E-mail: kovacs.tunde@bgk.bmf.hu