XII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2007. március 16–17.

CMSX-3 JELÖLÉSŰ NIKKEL ALAPÚ ÖTVÖZET IRÁNYÍTOTT KRISTÁLYOSÍTÁSÁNAK TECHNOLOGIÁJA

Dr. Pinke Péter

Abstract

A thorough understanding of the technology process parameters' is needed because of the final material structure and its dependence on the parameters. This paper describes determination of technology parameters directional solidification process and their influence on CMSX-3 nickel based superalloy structure of casting.

Összefoglalás

A technológiai folyamatok paramétereinek ismerete szükséges a végső anyagszerkezet és ezen paraméterek közti összefüggések feltárása szempontjából. A dolgozat az irányított kristályosítás technológiai paramétereinek meghatározását vázolja és bemutatja a technológia paramétereinek hatását a kialakuló CMSX-3 jelölésű nikkell alapú szuperötvözet-öntvény szövetszerkezetére.

1. Bevezetés

A magas hőállósággal rendelkező anyagok területén (intermetallikus vegyületek, magas olvadáspontú fémek és ötvözetek, kerámiák, kompozitok) az utóbbi években jelentős kutatási, fejlesztési eredmények születtek [1]. Megállapítható azonban, hogy napjainkban még mindig a nikkell alapú szuperötvözetek a leggyakrabban alkalmazott anyagok a gázturbinák és sugárhajtóművek nagyfokú igénybevételnek kitett alkatrészeinek gyártására. Az irányított kristályosítás (IK) turbinalapátok előállításának olyan gyártástechnológiája, amellyel oszlopszerű kristályokból vagy egykristályból (műszaki egykristály) álló lapátok készíthetők.

Az egykristály szerkezetű nikkell ötvözetekből készült öntvények sokkal kedvezőbb mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek magas hőmérsékleten (kúszásállóság, hőfáradással szembeni ellenállóképesség) mint a polikristályos szerkezetűek [2].

Az IK technológiával előállított öntvények szövetállapota az alkalmazott eljárás paramétereitől függ. Jelen dolgozatomban az IK technológiai paramétereinek egy lehetséges meghatározási módját vázolom fel.

2. Kísérleti anyag és az alkalmazott kristályosítási technológia

Az irányított kristályosítást a Szlovák Műszaki Egyetem vákuum metallurgiai laboratóriumában, professzor Žitňanský [3] által kidolgozott módszer alapján, egy átépített KOPP VS7-es vákuum kemencében [4] valósítottuk meg. Kísérleti ötvözetként CMSX-3 jelölésű nikkell alapú szuperötvözetet alkalmaztunk, amelynek vegyi összetétele az 1. táblázatban található.

1. táblázat. A CMSX-3 jelölésű nikkel alapú ötvözet irányadó vegyi összetétele (tömeg %)

Cr	Co	Mo	W	Al	Ti	Ta	Hf	Ni
8	4	0,5	9	5,7	0,7	5,7	0,1	maradék

Bokorba rendezett viaszminták (1. ábra) segítségével mártogatás módszerével Al_2O_3 alapú kerámia héjformákat készítettünk (2. ábra). A kerámia formát a kemence hűtött asztalára erősítettük majd a fémolvadékkal feltöltött formát egyenletes sebességgel kihúztuk a hőkamrából. Az így keletkezett öntvény 6 darab $\phi 12 \times 80$ mm méretű vizsgálatokra alkalmas hengeres próbadarabot tartalmazott (3. ábra).

1. ábra. Viaszminta

2. ábra. Kerámia héjforma

3. ábra. IK technológiával készített öntvény

3. Hőmérséklet-mező felvétele irányított kristályosítás során

Az alkalmazott IK technológia során a hőmérséklet változását a hengeres próbadarab-rész három pontjában mértük (a henger alján $L = 0$ mm, hőmérséklet 1; a henger közepén, $L = 40$ mm, hőmérséklet 2; a henger felső részén $L = 80$ mm, hőmérséklet 3) Pt30Rh-Pt6Rh hőelem segítségével. A mérés $t = 0$ időben kezdődött, amikor elindítottuk a héjforma kihúzását $v_0 = 2,86$ mm.min⁻¹ sebességgel. Az alkalmazott IK eljárás vázlata, amely a hőmérséklet mérés elrendezését is mutatja a 4. ábrán látható. A három mérési pont hőmérséklet változását $T = f(t)$ az 5. ábra mutatja. A lehülési görbékből parabolikus interpoláció segítségével szerkesztett hőmérséklet-mező a 6. ábrán látható.

4. Vizsgálati eredmények

Az IK fő technológiai paraméterei a hőmérséklet gradiens (G), a kristályosítás sebessége (v) és a lehülési sebesség (v_T). A vizsgált ötvözet likvidusz hőmérséklete 1350 °C volt. Erre az izotermára vonatkoztatva az öntvény hossziránya mentén 26 pontban meghatároztuk a kristályosítás sebességét $v = dx/dt$ [mm.min⁻¹], a lehülési sebességet $v_T = \partial T / \partial t$ [K.min⁻¹] valamint a hőmérséklet gradiens $G = \partial T / \partial x$ [K.mm⁻¹] értékeit. A kiszámított értékek megtalálhatók egy korábbi publikációban [5]. Az alkalmazott IK technológia paramétereiről összefoglaló jelleggel a 2. táblázat ad áttekintést.

4. ábra. Az irányított kristályosítás vázlata

1- vízhűtés, 2- hűtött asztal, 3- hőelem, 4- külső palást, 5- a hőkamra hőmérsékletének mérése, 6- hőszigetelés, 7- kerámia héjforma, 8- hevítő egység, 9- olvasztótégely-tartó, 10- olvasztótégely, 11- a fémolvadék hőmérsékletének mérése

5. ábra. Lehülési görbék

6. ábra. A hengeres részen felvett hőmérséklet-mező

2. táblázat. Az alkalmazott irányított kristályosítási technológia paraméterei

Lehülési sebesség v_T [K·min ⁻¹]	Kristályosítási sebesség v [mm·min ⁻¹]	Hőmérséklet gradiens G [K·mm ⁻¹]
16,5 - 12	4,9 – 2,7	5 – 3,7

A vizsgált hengeres rész alsó részén nagyobb volt a lehűlési sebesség mint a felsőn. A kristályosítás sebessége és a hőmérséklet gradiens szintén változott a kristályosítás során, a változás jellege és mértéke azonban összhangban volt a szakirodalomban publikáltakkal [6]. Az eljárás során oszlopszerű dendritkristályokból álló egykristályos (szemcsehatárok nélküli) szerkezet jött létre, amelynek szövetképe a 7. ábrán látható. A primer dendrit-törzsek távolsága $l = 225 \mu\text{m}$ volt.

7. ábra. Az irányított kristályosítással készített CMSX-3 nikkell alapú ötvözet szövetképe

5. Összefoglaló

Az alkalmazott IK technológia által CMSX-3 jelölésű nikkell alapú szuperötvözetből hengeres egykristály ötvényeket állítottunk elő. Az eljárás jellemző technológiai paramétereit (hőmérséklet gradiens G , kristályosítási sebesség v) hőmérséklet-mező felvételéből határoztuk meg. Az alkalmazott IK technológia paramétereit műszaki egykristályok létrejöttét eredményezték, amelyek oszlopszerű dendritkristályokból épültek fel.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet fejezem ki Žitňanský professzornak és Maroš Martinkovič docensnek az irányított kristályosítással összefüggő projektek során megvalósult sikeres együttműködésért.

Irodalomjegyzék

- [1] R. Tanaka: *Materials at High Temperatures*, 17 (4), 2000, pp. 457-464.
- [2] M. McLean: *Philosophical Transactions of Royal Society*, Vol. 351, 1995, pp. 419-433.
- [3] M. Žitňanský: *Doctoral Thesis*, SVŠT-SjF Bratislava, 1984.
- [4] M. Žitňanský – M. Hazlinger – P. Pinke – J. Zrník: *Irányított kristályosítással előállított anyagok*, Kutatási jelentés 1/990 376/93, MTF STU Trnava, 1991.
- [5] M. Martinkovič, P. Pinke: *Materials Science and Technology*, Vol.2, No. 1, 2002, ISSN: 1335-9053, MTF STU Trnava, pp. 1-6.
- [6] P. Carter, D.C. Cox, C.A. Gandin, R.C. Reed: *Materials Science and Engineering*, A280, 2000, pp. 233-246.

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