



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

218419

(11) (B1)

(51) Int. Cl.³
C 22 C 19/05

(22) Přihlášeno 14 05 81
(21) (PV 3534-81)

(40) Zveřejněno 30 06 82

(45) Vydáno 15 03 85

(75)
Autor vynálezu

KUBÍČEK LADISLAV ing. DrSc. člen korespondent ČSAV,
ŠEFL PAVEL ing., SCHIER PAVEL ing. CSc.,
OPOČENSKÝ RUDOLF, PRAHA

(54) **Žáropevná vytvrditelná nikl-chromová slitina pro vysoké teploty
a pro odlitky vyráběné metodou řízené krystalizace**

1

Vynález se týká žárovevné vytvrditelné slitiny na bázi niklu a chromu pro vysoké teploty a pro odlitky vyráběné metodou řízené krystalizace, určené pro výrobu přesných odlitků metodou vytavitelného modelu a pracujících při teplotách 950 až 1000° Celsia a pro výrobu odlitků s usměrněnou krystalizací a řeší problém vytvoření slitiny takové pevnosti, která při dlouhodobém působení teplot 750 až 1000 °C a mechanickým napětí 150 až 600 MPa vzdoruje tečení (creepu).

Při uvedených teplotách a při působení vnějšího napětí v rozmezí 150 až 600 MPa je slitina mimořádně namáhána na creep. Proto, i když na materiál působí napětí hluboko pod mezí kluzu, dochází k pomalé, a však trvalé plastické deformaci, která nakonec vyvolá lom. Slitiny, které mají být odolné vůči creepu, musí být dostatečně vytvrzeny postupem tepelného zpracování, aby odolávaly pokluzům dislokací. Z toho důvodu používané žárovevné slitiny, které sestávají z niklu a chromu, s přísadou titanu a hliníku, případně též molybdenu a wolframu, jsou vytvrzovány tzv. fází γ , při které v průběhu tuhnutí, precipitačního žihání a event. během provozu dochází uvnitř jednotlivých zrn k vylučování fáze Ni_3TiAl , která zpevní základní matici slitiny. Protože

2

však každá taková slitina obsahuje nezbytně též uhlík, probíhá zároveň vytvrzování karbidickou fází typu MC, M_2C , M_3C , příp. M_{23}C_6 , které postupně transformují na karbidy M_7C_3 a to především v oblasti hrabic zrn. M v této fázi představuje těžké částice chromu, molybdenu a wolframu, a to buď jednotlivě, nebo ve vzájemné kombinaci, případně v kombinaci se zirkonem, tantalem, niobem, vanadem a hafniem, jež mají vliv na zlepšení teplotní stability a morfologie karbidů, poněvadž zpevňují především oblast hranice zrn, která je kritickým místem při vysokotelotním creepu. Nedostatkem při působení karbidické fáze je to, že karbidy v transformaci na M_7C_3 nejsou stabilní při teplotách, za nichž se používají vyrobené dílce, postupně se zpětně v základní matici slitiny rozpouštějí a při teplotě nad 1040 °C úplně mizí. Tím slitina ztrácí odolnost vůči creepu. Karbidická fáze se však vytváří v každém případě, protože slitina na bázi niklu a chromu obsahuje vždy i uhlík a ten je základem jejího tvoření. Karbidická fáze je rovněž nezbytnou pro vazbu jednotlivých zrn. To brání tomu, aby slitina dosáhla takové žárovevnosti, která odpovídá teplotní stabilitě fáze γ a tím karbidická fáze limituje žárovevné vlastnosti slitiny.

Tento nedostatek je odstraněn žárovečnou vytvrditelnou niklchromovou slitinou pro vysoké teploty a pro odlitky vyráběné metodou řízené krystalizace podle vynálezu, sestávající v hmotnostní koncentraci z 55 až 70 % niklu, 6 až 23 % chromu, 0,4 až 15 % kobaltu, 0,4 až 15 % molybdenu a wolframu, 3 až 12 % titanu, hliníku, niobu a tantalu, 0,01 až 0,05 % uhlíku, 0,01 až 5 % železa, 0,05 až 1,2 % manganu, křemíku, vápníku, hořčíku a mědi a 0,001 až 0,05 procent fosforu a síry. Podstata vynálezu spočívá v tom, že slitina obsahuje dále v hmotnostní koncentraci 0,01 až 0,3 % bóru, 0,01 až 0,3 % zirkonu a 0,002 až 0,05 % lanthanu nebo céru, příp. směsného kovu.

Při složení slitiny dle vynálezu jsou méně stabilní karbidické fáze nahrazeny fázemi boridovými, které vynikají teplotní stabilitou a umožňují vytvrzení slitiny do plně úrovně vytvrzení fázi γ . Ve vysoce vytvrzené slitině o složení dle vynálezu je uhlík udržován na dosažitelném minimu cca 0,02 procenta hmotnosti. Boridové fáze typu MB a M_3B_2 nahrazují funkci karbidů MC, nacházejí se uvnitř zrn a v mezidendritických oblastech, kde aktivují vývoj precipitační fáze a na hranicích zrn, kde zprostředkují vazbu zrn a brání hrubnutí struktury slitiny v průběhu tepelného zpracování a za provozu dílců ze slitiny vyrobených. Funkce bóru spočívá právě v tom, že v oblasti hranic zrn nahradí původní karbidické částice fázemi boridovými, které snižují účinnost vytvrzování fází γ . Zirkon váže zbytkový dusík, který je rozpuštěn v základním kovu ve formě nitridů a který by jinak vytvářel nitridy bóru a tím snižoval účinek bóru. Funkce lanthanu, céru, příp. směsného kovu spočívá v tom, že blokuje difuzi kyslíku v oblastech hranice zrn. Kyslík by totiž tvořil oxidy, které ovlivňují soudržnost a pevnost zrn a snižují žárovečnost slitiny. Vhodnou volbou základních složek tuhého roztoku, tj. niklu, chromu, uhlíku, kobaltu, wolframu a molybdenu a hlavních precipitačních prvků titanu, hliníku, příp. s přísadou niobu a tantalu, obohacených bórem, zirkonem a lanthanem nebo cérem, příp. směsným kovem v hmotnostní koncentraci v procentech dle vynálezu se dosáhne eutektického složení slitiny s úzkým intervalem tuhnutí. Taková slitina se vyznačuje nízkým dendritickým odmíšením, vysokou hutností a vynikající odolností proti únavě. Relativně vysoký obsah bóru příznivě ovlivňuje morfologii precipitačních fází γ , tvorbu sekundárních precipitátů v oblastech komplexních fází na hranicích zrn a vytváří ve formě charakte-

ristického síťové rovnoměrné struktury v základní matici. Žárovečnost slitiny se tím zvyšuje nejméně o 100 °C.

Příklad 1

Byla vyrobena slitina o hmotnostním složení 67 % niklu, 11 % chromu, 4,6 % kobaltu, 4,2 % molybdenu, 4,5 % wolframu, 0,2 % železa, 5 % hliníku, 3,2 % titanu, 0,02 % uhlíku, s přísadou 0,1 % zirkonu, 0,12 % bóru a 0,01 % céru. Její vlastnosti byly porovnány se slitinou téhož chemického složení, avšak bez přísady zirkonu, bóru a céru. U slitiny dle vynálezu bylo vykázáno zlepšení Larson-Millerova parametru. Tento parametr slouží k hodnocení žárovečnosti slitin a uvádí vzájemnou závislost žárovečnosti, teploty zkoušky a doby do lomu slitiny. Při 980 °C a 200 MPa stoupá z hodnoty 25 500 na hodnotu 26 500 až 27 000, což představuje možnost zvýšení teploty využívání o cca 1,5 až 2 %, příp. prodloužení doby využívání o 50 až 100 %. Creepová tažnost se zlepšila ze 2 % na 4 až 4,5 %.

Příklad 2

Byla vyrobena slitina o hmotnostním složení 65 % niklu, 10 % chromu, 10 % kobaltu, 3 % molybdenu, 11 % hliníku + titanu, 0,02 % uhlíku, s přísadou 0,12 % bóru, 0,12 procent zirkonu a 0,02 % lanthanu, s příměsí nečistot 1,2 %. Bylo dosaženo zlepšení Larson-Millerova parametru při 980 °C a 200 MPa na 27 600 až 27 800. Při nízké měrné hmotnosti cca 7,7 g.cm⁻³ a úzkém intervalu tuhnutí do 20 °C se creepová tažnost zvýšila na 6 až 10 %.

Příklad 3

Byla vyrobena slitina o hmotnostním složení 58 % niklu, 10 % chromu, 10 % kobaltu, 10 % wolframu + molybdenu, 11 % titanu + hliníku + niobu + tantalu, 0,05 % uhlíku, 1,5 % železa, s přísadou 0,15 % bóru, 0,1 % zirkonu a 0,015 % směsného kovu. Bylo dosaženo zlepšení Larson-Millerova parametru při 980 °C a 200 MPa na 27 000 až 28 000 a creepová tažnost se zlepšila až na 8 %.

Slitinu dle vynálezu lze použít především pro výrobu turbinových lopatek, rozváděčů plynů a integrálních rotorů s lopatkováním pro letecké motory, pro plynové turbíny trakční i stacionární a pro výrobu součástí, které jsou v provozu za vysokých teplot a napětí.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Žáropevná vytvrditelná nikl-chromová slitina pro vysoké teploty a pro odlitky vyráběné metodou řízené krystalizace, sestávající v hmotnostní koncentraci z 55 až 70 % niklu, 6 až 23 % chromu, 0,4 až 15 % kobaltu, 0,4 až 15 % molybdenu a wolframu, 3 až 12% titanu, hliníku, niobu a tantalu,

0,01 až 0,05 % uhlíku, 0,01 až 5 % železa, 0,05 až 1,2 % manganu, křemíku, vápníku, hořčíku a mědi a 0,001 až 0,05 % fosforu a síry, vyznačená tím, že dále obsahuje v hmotnostní koncentraci 0,01 až 0,3 % bóru, 0,01 až 0,3 % zirkonu a 0,002 až 0,05 % lanthanu nebo céru nebo směsného kovu.