



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

259475

(11) (B1)

(51) Int. Cl.⁴

C 22 F 1/04

(22) Přihlášeno 11 06 86

(21) PV 4315-86.V

(40) Zveřejněno 15 02 88

(45) Vydáno 14 04 89

(75)
Autor vynálezu

KOMÁREK VLADIMÍR ing. CSc., NEJEDLÝ VOJTĚCH ing. CSc., PRAHA,
PLÁČEK KAREL ing. CSc., DĚČÍN, SEDLÁČEK VLADIMÍR prof. dr. ing. DrSc.,
SUCHÁNEK VLADIMÍR ing., PRAHA

(54) Způsob výroby konstrukčních prvků průtlačně lisovaných ze slitiny hliníku

Způsob výroby konstrukčních prvků průtlačně lisovaných ze slitiny hliníku s obsahem v hmotnostních % 3,8 až 4,5 mědi, 1,2 až 1,7 hořčíku, 0,5 až 1,1 manganu a zbytek hliníku s maxim. obsahem příměsí 0,2 křemíku, 0,3 železa a 0,1 titanu. K výrobě je použito hliníku s nízkým obsahem železa do 0,15 a křemíku do 0,12 a legování manganem se provede tak, aby poměr křemíku:železu:manganu byl jako 10:12 až 18:50 až 90. Pro výrobu konstrukčních prvků se použije poloplynule odlitých čepů s výsledným obsahem vodíku pod 0,15 ml/100 g, jemnou strukturou definovanou velikostí dendritických buněk v závislosti na průměru čepu 190, resp. 260 mm 30 μm, resp. 80 μm a pórovitostí omezenou 5 póry na 1 cm². Čepy po vysokoteplotním žíhání 470 až 480 °C se lisují za teplot 380 až 450 °C přímým a nepřímým způsobem se slisovacím poměrem 10 až 120. Tepelné zpracování pozůstává z rozpouštěcího žíhání při teplotách 485 až 495 °C po dobu 10 až 60 min. ochlazením vodou teploty do 35 °C. Následuje úprava tvaru napnutím trvalou deformací v rozmezí 1 až 2 %. Konstrukční prvky mají při cyklickém namáhání únavový život 2 až 3násobný oproti prvkům z běžného materiálu.

Vynález se týká způsobu výroby konstrukčních prvků průtlačně lisovaných ze slitiny hliníku s obsahem hmotnostních % 3,8 až 4,5 mědi, 1,2 až 1,7 hořčíku, 0,5 až 1,1 manganu a zbytek hliníku s max. obsahem příměsí do 0,2 křemíku, do 0,3 železa a do 0,1 titanu, kterým se dosahuje zvýšení odolnosti proti vzniku a průběhu únavového poškození a tím výraznému zvýšení užitečných vlastností.

Konstrukční prvky pro letecké a jiné náročné konstrukce jsou vyráběny ze slitiny typu hliník-meď-hořčík, která vykazuje vlastnosti vhodné pro použití, tzn. relativně nízkou hmotnost a vysokou pevnost. Obdobné slitiny a z nich vyráběné konstrukční prvky jsou používány obecně u nás i v zahraničí. Konstrukční prvky z nich vyrobené mají určitou životnost a je v zájmu bezpečnosti leteckého provozu ji maximálně zvyšovat.

Životnost konstrukčních prvků je omezena tím, že v průběhu provozu dochází k postupnému vzniku únavových trhlin a k jejich dalšímu šíření. Výzkumem bylo ověřeno, že trhliny vznikají především v částicích intermetalických fází větších rozměrů bohatých železem a křemíkem a na hranicích těchto fází s hliníkovou maticí. Koheze těchto rozhraní je nepříznivě ovlivňována obsahem vodíku. Náchylnost ke vzniku a šíření únavových trhlin je dále ovlivňována základní strukturou slitiny, která je výslednicí parametrů průtlačného lisování, tepelného zpracování a závěrečné operace napínání.

Uvedené nedostatky odstraňuje způsob výroby konstrukčních prvků průtlačně lisovaných ze slitiny hliníku s obsahem v hmotnostních % 3,8 až 4,5 mědi, 1,2 až 1,7 hořčíku, 0,5 až 1,1 manganu, zbytek hliníku s max. obsahem příměsí 0,2 křemíku, 0,3 železa a 0,1 titanu podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že k přípravě slitiny se použije hliníku s obsahem do 0,12 křemíku a do 0,15 železa a obsah manganu se leguje tak, aby poměr křemíku : železu : manganu je 10:12 až 18:50 až 90, čímž se dosahuje příznivé velikosti a rozložení částic intermetalických fází a současně se vhodně potlačuje schopnost matrice k rekrytalizaci.

Další podmínkou je omezení obsahu vodíku rafinací min. pod obsah 0,15 ml/100 g, čehož lze dosáhnout přípravou vsázkového materiálu, tavením v mírně oxidační atmosféře, aplikací krycích solí a hlavně odvodňováním v tavicí peci, následným ustátím a rafinací v plynovém reaktoru nebo vakuovacím mixéru.

Z poloplynule odlitých čepů lze pro další výroby použít jen čepy s rovnoměrnou jemnou lící strukturou. Kritérium přípustnosti je velikost dendritických buněk, která pro průměr čepu 190 mm může být do 30 μm , pro průměr 260 mm do 80 μm a dále i pórovitost, která podle vizuálního hodnocení makrovýbrusu nemá přesáhnout počet 5 pórů na 1 cm^2 . Póry mohou mít velikost 0,1 mm a jeden 0,2 mm.

Čepy vyhovující kvality se dále vysokoteplotně žíhají při teplotě 470 až 480 $^{\circ}\text{C}$ po dobu 4 až 8 hodin s následným ochlazením na vzduchu.

Čepy ohřáté na teplotu 370 až 450 $^{\circ}\text{C}$ se lisují při lisovacím poměru 10 až 120, s výhodou 15 až 80. Výhodnější je použití čepů menších rozměrů, u nichž je zajištěna menší velikost intermetalických částic.

Výlisky se dále žíhají na rozpouštění tak, aby matrice plně nerekrystalizovala, přednostně při teplotě 485 až 495 $^{\circ}\text{C}$ po dobu 10 až 60 min. s následným rychlým ochlazením vodou max. 35 $^{\circ}\text{C}$.

Následně, nejpozději do 8 hod. s výhodou však do 4 až 5 h se provede úprava tvaru a mechanických vlastností plastickou deformací v rozmezí 1 až 2 %, s výhodou však do 1,5 %.

Při dodržení zásad uvedeného způsobu výroby se docílí podstatného zvýšení únavové odolnosti tím, že se prodlouží doba do vzniku únavové trhliny a zpomalí se rychlost jejího růstu. Únavový život se prodlužuje jak v oblasti horní větve, tak i spodní větve únavové křivky.

Oproti běžné normální slitině je zvýšení únavového života 2 až 3násobné. Zvýšení únavového života konstrukčních prvků se pochopitelně přenáší i na konstrukce z nich sestavených, jejichž životnost se prodlužuje. Uvedený výrobní postup též zaručuje, že se plně využije tzv. "lisovacího účinku" ke zvýšení statické meze pevnosti a meze 0,2 a to i při vyšší metalurgické čistotě. Dosahuje se stejných hodnot jako u běžné slitiny, takže konstrukce vyrobené z těchto prvků mají stejnou statickou únosnost.

P ř í k l a d

Byla připravena tavba o chemickém složení v % hmotnostních 4,33 mědi, 1,55 hořčíku, 0,91 manganu, zbytek hliník s příměsí 0,22 železa a 0,15 křemíku. Tavení se uskutečnilo v mazutové peci při kontrole spalovacího procesu; tavenina byla postupně rafinována hexachlorethanem v tavicí peci, ustátím v ustalovací peci a v konečné fázi v plynovém rafinačním reaktoru čistým dusíkem na konečný obsah vodíku 0,10 ml/100 g. Poloplynulým litím do krátké kokily byly odlity čepy o průměru 190 mm při teplotě taveniny 700 °C rychlostí 90 mm/min. Průměrná velikost dendritických buněk byla 27,7 mikrometrů a porozita menší než 4 póry na 1 cm², což bylo kontrolováno dle etanolu. Vysokoteplotní žíhání se uskutečnilo ve vzdušné peci při teplotě 480 °C podobu 6 h na teplotě.

Po apretaci čepů byly vylisovány kruhové tyče o průměru 38 mm se slisovacím poměrem 40 s indukčním ohřevem před lisováním na teploty 410 až 425 °C. Po rozpouštěcím žíhání při teplotě 490 °C s prodlevou na teplotě 30 minut se tyče ochladily ve vodě cca 30 °C teple a byly napnuty do 8 h o cca 2 %.

po vystárnutí se dosáhlo následujících vlastností:

mez pevnosti R_m	585 až 593 MPa
mez kluzu $R_{p0,2}$	492 až 499 MPa
tažnost A_5	12,3 až 13,0 %

Únavová spolehlivost se zkoušela míjivým zatížením na kruhových tyčích s válcovým příčným otvorem se součinitelem vrubu 2,36. Při maximálním napětí 170 MPa byl střední únavový život dosud užívaného materiálu $2,2 \cdot 10^5$ cyklů a nového $8 \cdot 10^5$ cyklů, při napětí 200 MPa měl dosud užívaný materiál život $8 \cdot 10^4$ cyklů a nový materiál $2,5 \cdot 10^5$ cyklů, což znamená prodloužení únavového života více než trojnásobné. Dále byla odolnost proti únavovému porušení zkoušena na prizmatických plochých tyčích s centrálním otvorem se součinitelem vrubu $k_\alpha = 2,6$.

Tyče byly vyrobeny z 5 taveb v uvedeném rozmezí chemického složení. Prokázalo se, že lze počítat se zvýšením únavové životnosti cca 2,8krát oproti stávající slitině.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

Způsob výroby konstrukčních prvků průtlačně lisovaných ze slitiny hliníku s obsahem v hmotnostních % 3,8 až 4,5 mědi, 1,2 až 1,7 hořčíku, 0,5 až 1,1 manganu a zbytek hliník s max. obsahem příměsí 0,2 křemíku, 0,3 železa a 0,1 titanu vyznačený tím, že k přípravě slitiny se použije hliníku s obsahem křemíku do 0,12 % a železa do 0,15 %, přičemž se obsah manganu leguje tak, aby poměr křemíku:železu:manganu byl v poměru 10:12 až 18:50 až 90, načež se z této slitiny odlíjí poloplynulým způsobem kruhové čepy, z nichž se pro další výrobu použijí jen čepy z tavby s výsledným obsahem vodíku do 0,15 ml/100 g a se strukturou čepů, v níž dendritické buňky mají max. rozměr pro průměr čepů 190, resp. 260 mm 30, resp. 80 μm a počet pórů nepřesahuje 5 na 1 cm², z nichž jeden může být velikosti 0,2 mm a ostatní 0,1 mm a takto vybrané čepy se podrobí vysokoteplotnímu žíhání po dobu 4 až 8 h při teplotě 470 až 480 °C a následně se průtlačně lisují se slisovacím poměrem 10 až 120 při teplotách 420 až 450 °C při přímém a 380 až 420 °C při nepřímém způsobu, výlisek se podrobí rozpouštěcímu žíhání při teplotě 485 až 495 °C po dobu 10 až 60 min. na teplotě s následným rychlým ochlazením do vody o teploty do 35 °C a nejpozději do 8 h se napnou pro úpravu tvaru s trvalou deformací 1 až 2 %.