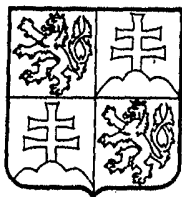


ČESKÁ A SLOVENSKÁ
FEDERATIVNÍ
REPUBLIKA
(19)



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU

K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

271 620

(21) PV 6567-88.U
(22) Přihlášeno 03 10 88

(40) Zveřejněno 12 02 90
(45) Vydáno 09 09 91

(11)

(13) B 1

(51) Int. Cl.⁵
C 22 F 1/10

(75) Autor vynálezu

FILIP PETER **ing.**, HAVÍŘOV
MAZANEC KAREL, **akademik**, OSTRAVA
PECH JOSEF **MUDr.**, HAVÍŘOV
PROKSA MILOSLAV **ing. CSc.**, BRATISLAVA

(54)

Způsob výroby dlah a fixačních prvků ze
slitiny titanu a niklu

(57)

Způsob výroby dlah a fixačních prvků ze slitiny titanu a niklu, která se taví v kelímcích ze spektrálně čistého grafitu, odlévá do formy ze spektrálně čistého grafitu, odlitky se žíhají při homogenizační teplotě 950 až 1050 °C po dobu alespoň 2krát více sekund než je maximální rozměr odlitku v mm, ochlazují při teplotě 400 až 600 °C rychlostí 100 až 300 °C . min⁻¹, kovájí při teplotě 800 až 850 °C, přičemž maximální rozdíl mezi výškami polotovaru je dán vztahem $t_n = K \cdot t_n^{-1}$, kde $K = 0,84 \cdot \exp(6,08^{-4} \cdot T)$, $T = 500$ až 800 °C a následně válcují s maximálním úběrem 50 % při doválcovací teplotě 800 °C na plech, přičemž poslední úběry jsou v rozsahu 20 až 30 % při doválcovací teplotě 500 až 800 °C, případně žíhají při teplotě 300 až 500 °C po dobu 600 až 7 200 s.

Dlahy a fixační prvky charakteristické projevy tvarové paměti lze využít v traumatologii, rehabilitaci, eventuálně ve stomatologii. Jejich vhodné únavové vlastnosti spojené s pseudoelastickým chováním vytvářejí předpoklady pro dlouhodobé a opakované využívání.

Vynález se týká způsobu výroby dlah a fixačních prvků ze slitiny titanu a niklu, při kterém se slitina taví v grafitových kelímcích, odlévá, kalí, žihá, ochlazuje, ohřívá na teplotu kování a ková na polotovary, které se válcují na plech, z nichž se stříhají výrobky.

Dosud se dlahy a fixační prvky vyrábějí převážně z nelegované nízkouhlíkové oceli, popřípadě z některé slitiny hliníku, běžným způsobem. Ocelové dlahy se zpravidla vyrábějí z taženého drátěného polotovaru nebo z válcovaných plechů a pásků v případě použití hliníkových slitin. Ve zcela speciálních případech jsou dlahy vyráběny z kovových materiálů s jinou kompozicí, například z mosazi. Pro fixační prvky určené pro implantaci jsou používány legované chromniklové austenitické oceli. Nevýhodou takto vyrobených dlah je nesnadná formovatelnost, pro jejich naformování je třeba dalších nástrojů a jsou vyrobeny pouze pro jedno použití.

Uvedené nedostatky podstatně snižují způsob výroby dlah a fixačních prvků ze slitiny titanu a niklu, při kterém se slitina taví v grafitových kelímcích, odlévá, kalí, žihá, ochlazuje, ohřívá na teplotu kování a ková na polotovary, které se válcují na plechy, ze kterých se stříhají výrobky, podle vynálezu. Jeho podstata spočívá v tom, že se slitina taví v kelímcích ze spektrálně čistého grafitu, odlévá do formy ze spektrálně čistého grafitu, odlitky se žihají při homogenizační teplotě 950 až 1 050 °C po dobu, alespoň 2krát více sekund než je maximální rozměr odlitku v mm, ochlazují při teplotě 400 až 600 °C rychlostí 100 až 300 °C.min⁻¹, kovájí při teplotě 800 až 850 °C, přičemž maximální rozdíl mezi výškami polotovaru je dán vztahem $t_n = K \cdot t_{n-1}$, kde $K = 0,84 \cdot \exp(6,08 \cdot 10^{-4} T)$, $T = 500$ až 800 °C, a následně válcují s maximálním úběrem 50 % při doválcovací teplotě 800 °C na plech, přičemž poslední úběry jsou v rozsahu 20 až 30 % při doválcovací teplotě 500 až 800 °C, popřípadě žihá při teplotě 300 až 500 °C po dobu 600 až 7 200 s. Při tepelném zpracování, po kterém následuje ochlazení na pokojovou teplotu se provádí odstranění okují ponořením do vodného roztoku kyseliny fluorovodíkové a dusičné v poměru 1 objemový díl kyseliny fluorovodíkové, 3 objemové díly kyseliny dusičné a 4 objemové díly vody. Části dlah a fixačních prvků se zpevňují válcováním nebo kovááním s maximální deformací 5 %.

Hlavní výhodou způsobu výroby dlah a fixačních prvků podle vynálezu spočívá v snadné deformovatelnosti a přizpůsobení dlah a fixačních prvků do požadovaných tvarů. Tepelně mechanickým zpracováním lze modifikovat substrukturní charakteristiky a v kombinaci s legováním vytvořit podmínky pro tvarově paměťové projevy v požadovaných teplotních rozsazích a při vhodných silových nárocích. V oblasti fixace se ukázalo jako velice perspektivní využití pseudoelastických vlastností těchto materiálů. V případě pseudoelastického projevu je materiál, zatížený při dané konstantní teplotě, schopen bezprostředně po odtížení nabýt svůj výchozí tvar, přičemž velikost realizované deformace může dosahovat hodnot 10 %. Tento jev souvisí s realizací napěťově indukované martenzitické fázové přeměny, která je vzhledem k nestabilitě nízkoteplotní fáze při dané teplotě vratná bezprostředně po odstranění působícího napětí. Velikost síly potřebné pro indukovanou fázovou přeměnu je závislá na stavu vysokoteplotní matrice, především potom na hustotě dislokací, velikosti krytalitů a množství koherentních precipitátů. V kombinaci se změnou nosného průřezu lze účelně dozovat velikost sil, které působí na poraněné části, což vytváří základní předpoklady pro tak zvanou fyziologickou fixaci.

Nutnou podmínkou pro využití fixačních prvků je požadavek poměrně snadné deformovatelnosti bez nebezpečí, aby naformovaný tvar byl deformován zbytkovou flexí fixované části. Výchozí struktura dlah nebo fixačních prvků musí proto obsahovat optimální množství martenzitu s vhodnou hustotou dislokací v matici. Nízké napětí potřebné pro přeorientaci martenzitu umožní poměrně snadnou deformaci a přizpůsobení fixačních elementů do požadovaných tvarů. Optimální hustota dislokací v matici na jedné straně modifikuje rozvoj při-

tomných martenzitických desek a v kombinaci se změnou průřezu brání nežádoucí zbytkové flexi, na straně druhé ovlivňuje rozvoj napěťové indukované fázové přeměny a tedy pnutí potřebná pro deformaci. Obdobnou roli ve struktuře sehrává také velikost krystalitů a množství koherentně vyloučených precipitátů. Dosažení vhodných parametrů je u jednotlivých chemických složení závislé na stupni deformace, teplotě tváření a teplotě a době případného následného žíhání.

Způsob výroby dlah a fixačních prvků způsobuje jejich pseudoelastické vlastnosti. Pseudoelastický jev souvisí s napěťově indukovanou martenzitickou fázovou přeměnou, která je vyvolána vnější aplikovanou silou. Bezprostředně po odtížení je tato přeměna následována, při konstantní teplotě, krystalograficky vratnou transformací, přičemž dochází ke znovuvobnovení výchozího tvaru. Toto chování je částečnou analogií pružné deformace gumy, proto bývá někdy v literatuře označováno jako "gumové chování". Rozsah vratné deformace dosahuje až 10 %.

Vhodné únavové vlastnosti, spojené s pseudoelastickým chováním, vytvářejí předpoklady pro dlouhodobé a opakované používání fixačních prvků z těchto materiálů. Při zatížení $R/R_m = 0,6$, kde R_m je mez pevnosti materiálu a R je aplikované pnutí, přesahuje únavová životnost vysoko konvenčně smlouvenou hodnotu 10^7 cyklů.

Způsob výroby dlah a fixačních prvků je blíže vysvětlen v následujících příkladech.

P ř í k l a d 1

Pro dynamickou fixaci přetržených šlach ruky byla připravena sada dlah ze slitiny titanu, niklu a chromu. Polotovár byl předkovan při teplotě 850°C na pásy s různou výškou (určenou výše uvedeným vztahem $t_n = k \cdot t_{n-1}$) v jednotlivých délkových úsecích. Tyto pásy byly dále válcovány za tepla a kaleny při doválcovacích teplotách 700°C do vody. Následně byly materiály válcovány za studena s úběry 5 %, přičemž konečná výška dlah byla 0,7 mm. takto připravené elementy byly dodatečně žíhány při teplotách 400 nebo 500°C po dobu 600 s a po přizpůsobení na požadovaný tvar byla výsledná síla v pružné části dlahy 12 N nebo 7 N v závislosti na použité teplotě žíhání. Rozsah vratné deformace byl 6,5 %.

P ř í k l a d 2

Pro léčení šlachového aparátu ruky byla vyrobena dlaha ze slitiny titanu a niklu, přičemž obsah niklu činil 50,5 mol %. Polotovár (plech) pro dlahu byl z doválcovací teploty 500°C zakalen do vody, přičemž poslední úběr činil 27 % a konečná síla dlahy byla 0,7 mm. Takto připravená dlaha působí na dynamicky fixovanou část silou 15 N při rozsahu deformace 8 %. Před aplikací, obdobně jako v předcházejícím nebo v dalších uvedených příkladech, může být dlaha přizpůsobena (namodelována) do požadovaného tvaru v rukou ošetřujícího personálu.

P ř í k l a d 3

Pro účely léčení poúrazové kontraktury byly připraveny dlahy ze slitiny titanu, niklu a železa. Plech pro dlahy byl válcován při 800°C a z této teploty byl ochlazen do vody a deformován za studena s úběry 5 %, přičemž konečná síla byla 0,7 mm. Po vyhotovení požadovaných tvarů byly dlahy dále žíhány při teplotách 400, 500 a 600°C po dobu 1 200 s s následným ochlazením do vody. Takto připravené fixační prvky tvoří sadu s různou velikostí síly působící na kontrakturu v různých fázích léčení (60 N, 45 N, 20 N pro jednotlivé výše uvedené teploty žíhání), přičemž rozsah vratné deformace činí 6 až 8 %.

P ř í k l a d 4

Pro léčení šlachového aparátu ruky byla vyrobena fixační dlahy ze slitiny titanu, niklu a mědi. Plech pro dlahy byl po dovalcování při teplotě 750 °C ochlazen do vody. Po následné pětiprocentní deformaci za studena byly polotovary pro dlahy žíhány při teplotách 500 °C po dobu 1 500 s. Velikost zpětné síly byla 25 N při rozsazích vratné deformace do 7 % a síle dlah 0,7 mm.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Způsob výroby dlah a fixačních prvků ze slitiny titanu a niklu, při kterém se slitina taví v grafitových kelímcích, odlévá, kalí, žíhá, ochlazuje, ohřívá na teplotu kování a ková na polotovary, které se válcují na plechy, ze kterých se stříhají výrobky, vyznačující se tím, že se slitina taví v kelímcích ze spektrálně čistého grafitu, odlévá do formy ze spektrálně čistého grafitu, odlitky se žíhají při homogenizační teplotě 950 až 1 050 °C po dobu alespoň 2krát více sekund než je maximální rozměr odlitku v mm, ochlazují při teplotě 400 až 600 °C rychlostí 100 až 300 °C.min⁻¹, kovájí při teplotě 800 až 850 °C, přičemž maximální rozdíl mezi výškami polotovaru je dán vztahem $t_n = K \cdot t_{n-1}$, kde $K = 0,84 \cdot \exp(6,08 \cdot 10^{-4} \cdot T)$, $T = 500$ až 800 °C a následně válcují s maximálním úběrem 50 % při dovalcovací teplotě 800 °C na plech, přičemž poslední úběry jsou v rozsahu 20 až 30 % při dovalcovací teplotě 500 až 800 °C a následně žíhá při teplotě 300 až 500 °C po dobu 600 až 7 200 s.
2. Způsob výroby dlah a fixačních prvků podle bodu 1, vyznačující se tím, že při tepelném zpracování, po kterém následuje ochlazení na pokojovou teplotu, se provádí odstranění okují ponořením do vodného roztoku kyseliny fluorovodíkové a dusičné v poměru 1 objemový díl kyseliny fluorovodíkové, 3 objemové díly kyseliny dusičné a 4 objemové díly vody.
3. Způsob výroby podle bodů 1 a 2, vyznačující se tím, že části dlah se zpevňují za studena válcováním nebo kovááním s maximální deformací 5 %.