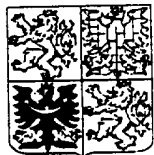


(19)

ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **1970-93**

(22) Přihlášeno: **22. 09. 93**

(30) Právo přednosti:
02. 10. 92 EP 92/92116876

(40) Zveřejněno: **13. 04. 94**
(Věstník č. 4/94)

(47) Uděleno: **20. 03. 97**

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: **14. 05. 97**
(Věstník č. 5/97)

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.⁶:

B 23 K 35/00

B 23 K 20/12

F 01 D 5/02

(73) Majitel patentu:

Asea Brown Boveri AG, Baden, CH;

(72) Původce vynálezu:

Brogle Erwin, Klettgau, DE;

Gaussmann Dieter, Weilheim, DE;

Staubli Markus, Dottikon, CH;

Nazmy Mohamed Y. dr., Fislisbach, CH;

(74) Zástupce:

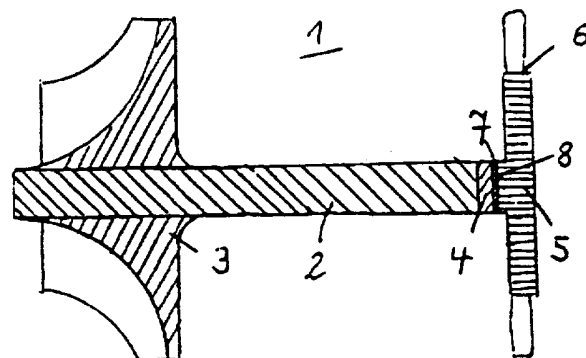
Hořejš Milan JUDr. ing. advokát, Národní
32, Praha 1, 11000;

(54) Název vynálezu:

Konstrukční prvek a způsob jeho výroby

(57) Anotace:

Konstrukční prvek sestává z tělesa (5) ze slitiny na bázi aluminidu titanu gama, ocelového tělesa (2) a mezikusu (4) ze slitiny na bázi niklu s obsahem niklu menším než 65 procent hmotnosti. Mezikusem (4) jsou navzájem spojeny těleso (5) a ocelové těleso (2). Spojení mezi ocelovým tělesem (2) a mezikusem (4) se provede svařováním třením. Spojení mezi tělesem (5) z aluminidu titanu gama a mezikusem se provede následně rovněž svařováním třením, přičemž se nejprve otáčejí proti sobě těleso (5) a mezikus (4) při třecím přítlaku, který nepřekročí první mezní hodnotu a potom se těleso (5) a mezikus (4) v relativním klidu k sobě přivaří při pýchovacím tlaku, který nepřekročí druhou mezní hodnotu, za současného vytvoření difuzní vrstvy (7) obsahující alespoň titan a hliník.



Konstrukční prvek a způsob jeho výroby

Oblast techniky

5

10

Vynález se týká konstrukčního prvku, sestávajícího z tělesa ze slitiny na bázi aluminidu titanu gama, z ocelového tělesa a mezikusu ze slitiny na bázi niklu, kde mezikusem jsou těleso z aluminidu titanu gama a ocelové těleso navzájem pevně spojeny, přičemž spojení mezi tělesem z aluminidu titanu gama a mezikusem je provedeno svařováním třením. Vynález se dále týká způsobu výroby tohoto konstrukčního prvku.

Dosavadní stav techniky

15

20

25

Konstrukční prvek uvedeného druhu, vytvořený jako rotor turbokompresoru, a způsob výroby tohoto rotoru jsou popsány v článku autorů Y. Nishiyamy a kol. o názvu "Development of Titanium Aluminide Turbocharger Rotors" v publikaci High Temperature Aluminides and Intermetallics, vydané S. H. Whangem a kol. v nakladatelství The Minerals, Metals & Materials Society, 1990. Tento známý rotor obsahuje turbínové kolo z aluminidu titanu gama, který je přes mezikus ze slitiny na bázi niklu, s obsahem niklu nad 70 procent hmotnosti, spojen svařováním třením s ocelovým hřídelem. Tento rotor má pevnost ve smyku danou aluminidem titanu gama, protože slitina na bázi niklu působí jako nárazník nebo tlumič, a vytvořením plynulé difuzní vrstvy v místě spojení tělesa z aluminidu titanu gama a mezikusu je zabráněno tvoření křehkých fází, vznikajících jinak při přímém svařování třením aluminidu titanu gama a oceli. Vysoce legované slitiny na bázi niklu mají interval tavení při poměrně vysokých teplotách. Aby při svařování třením byly aktivovány vznikající difuzní pochody, je zapotřebí u takové slitiny poměrně velkého množství energie.

30

Úkolem vynálezu je vytvořit konstrukční prvek uvedeného druhu, který přes velkou mechanickou pevnost bude vyrobitelný jednoduše, a dále vytvořit způsob jeho výroby, kterým bude konstrukční prvek vyrobitelný levně.

Podstata vynálezu

35

40

Uvedený úkol splňuje konstrukční prvek, sestávající z tělesa ze slitiny na bázi aluminidu titanu gama, z ocelového tělesa a mezikusu ze slitiny na bázi niklu, kde mezikusem jsou těleso z aluminidu titanu gama a ocelové těleso navzájem pevně spojeny, přičemž spojení mezi tělesem z aluminidu titanu gama a mezikusem je provedeno svařováním třením, podle vynálezu, jehož podstatou je, že slitina na bázi niklu má obsah niklu menší než 65 procent hmotnosti a obsahuje 3 až 7 procent hmotnosti niobu.

45

Konstrukční prvek podle vynálezu má jak při pokojové teplotě, tak i při teplotách do 700 °C, vysokou mechanickou pevnost. Je to důsledkem vhodné volby materiálu pro mezikus. Poměrně nízkým podílem niklu se dosáhne toho, že spojení třecím svařováním tělesa z aluminidu titanu gama s mezikusem je možno provést při poměrně nízkých teplotách, takže při svařování třením se v tělese z aluminidu titanu gama, náchylnému ke zkřehnutí, nebezpečí tvoření trhlin značně sníží. Výhodné je, když mají mezikusy poměrně vysoký podíl železa, který podporuje svařování třením při nízkých teplotách.

50

Uvedený úkol dále splňuje způsob výroby konstrukčního prvku podle vynálezu, jehož podstatou je, že při svařování třením se nejprve otáčejí proti sobě těleso z aluminidu titanu gama a mezikus při třecím přitlaku, který nepřekročí první mezní hodnotu, a že potom se těleso z aluminidu titanu gama a mezikus v relativním klidu k sobě přivaří při pýchovacím tlaku, který nepřekročí druhou

mezní hodnotu, větší než první mezní hodnota, za současného vytvoření difuzní vrstvy, obsahující alespoň titan a hliník.

- 5 Způsob výroby konstrukčního prvku podle vynálezu je výhodný v tom, že se při něm spotřebuje méně energie a vyrobený konstrukční prvek není křehký ani tehdy, když výrobní parametry značně kolísají. Je proto velmi vhodný pro hromadnou výrobu.

10 Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude dále blíže objasněn na příkladu provedení podle přiloženého výkresu, na němž je na jediném obrázku znázorněn v axiálním řezu konstrukční prvek podle vynálezu, vytvořený jako rotor turbokompresoru.

15 Příklady provedení vynálezu

- Na obrázku je znázorněn rotor 1 turbokompresoru s válcovým ocelovým tělesem 2, použitým jako hřídel turbokompresoru. Jeden konec ocelového tělesa 2 nese oběžné kolo 3, provedené například ze slitiny hliníku, a jeho druhý konec je přes mezikus 4 pevně spojen s tělesem 5 z aluminidu titanu gama. Toto těleso 5 z aluminidu titanu gama představuje alespoň část turbínového kola 6 turbokompresoru, vystaveného působení odpadních plynů spalovacího motoru. Pevné spojení mezi mezikusem 4 a tělesem 5 z aluminidu titanu gama zajišťuje difuzní vrstva 7.

- 25 Ocelové těleso 2 má délku například 200 mm a průměr například 40 mm. Může být provedeno z nízkoaloyované oceli, například z oceli k zušlechtnění s obsahem uhlíku asi 0,4 procent hmotnosti, obsahem chromu asi 1 procento hmotnosti a poměrně malým obsahem molybdenu. Mezikus 4 je vytvořen jako kotouč s průměrem přizpůsobeným průměru ocelového tělesa 2, který činí například rovněž 45 mm, a tloušťkou například 10 až 30 mm, podporující tlumicí účinek mezi ocelovým tělesem 2 a tělesem 5 z aluminidu titanu gama, a sestává ze slitiny na bázi niklu s obsahem niklu menším než 65 procent hmotnosti. Tato slitina může být svařena jak s ocelovým tělesem 2, tak i s tělesem 5 z aluminidu titanu gama, aniž by při vysokých mechanických a tepelných namáháních při provozu turbokompresoru došlo k nalomení svařovaných míst nebo ke křehkému lomu rotoru 1, zejména v oblasti tělesa 5 z aluminidu titanu gama, které je oproti oceli a slitině na bázi niklu poměrně křehké. Zvláště výhodné je, když má slitina na bázi niklu obsah železa mezi 10 a 30, s výhodou mezi 15 a 25 procent hmotnosti, protože tato slitina má vedle dobrých mechanických vlastností navíc poměrně nízký interval tavení, zvláště výhodný při svařování za hlubokých teplot. Obsahem niobu od 3 do 7 procent hmotnosti mechanické vlastnosti svařovaných míst navíc vzrostou. Zvláště se osvědčilo následující složení slitiny na bázi niklu:

18 až 20	procent hmotnosti chromu,
18 až 22	procent hmotnosti železa,
2 až 4	procent hmotnosti molybdenu,
4 až 6	procent hmotnosti niobu,
do 1	procenta hmotnosti hliníku,
do 2	procent hmotnosti titanu,
do 0,4	procent hmotnosti křemíku,
do 0,4	procent hmotnosti manganu,
do 0,05	procent hmotnosti uhlíku,

- 45 zbytek neodstranitelné nečistoty a nikl. Tato slitina je známá například pod označením INCONEL 1718 a je na trh dodávána firmou INCO, vyrábějící slitiny na bázi niklu.

- Těleso 5 z aluminidu titanu gama je opatřeno válcovým nástavcem 8, s průměrem přizpůsobeným průměru mezikusu 4, to jest například rovněž 45 mm, a tvořeným intermetalickou sloučeninou na bázi dotovaného aluminidu titanu gama. Jako dotovací látky se s výhodou používají především bór nebo křemík a navíc alespoň jedna kovová dotovací látka, jako zejména chrom, hafnium, mangan, molybden, niob, tantal, vanad a/nebo wolfram. Zvlášť 5 dobrých mechanických vlastností lze dosáhnout u aluminidu titanu gama s obsahem hliníku od asi 28 do 33 procent hmotnosti, obsahem wolframu od 5 do 15 procent hmotnosti, obsahem křemíku od 0,3 do 3 procent hmotnosti, zbytek neodstranitelné nečistoty a titan.
- 10 Rotor 1 byl vyroben z jednotlivých komponent následujícím způsobem: nejprve se provedlo třecím svařováním, prováděným podle programu, spojení mezikusu 4 s ocelovým tělesem 2. Potom se provedlo spojení tělesa 5 z aluminidu titanu gama s tělesem vytvořeným z mezikusu 4 a ocelového tělesa 2. Přitom bylo nutno dbát zejména na to, aby těleso 5 z aluminidu titanu gama a mezikus 4 na sebe dosedly rovně ve směru společné osy ocelového tělesa 2 a tělesa 5 15 z aluminidu titanu gama. Po příslušném vyrovnání mezikusu 4 navařeného na ocelovém tělese 2 a tělesa 5 z aluminidu titanu gama se provedlo spojení těchto obou dílů svařením třením. Za tím účelem byly ocelové těleso 2 a s ním mezikus 4 a těleso 5 z aluminidu titanu gama uvedeny na stroji pro svařování třením do otáčení proti sobě frekvencí otáčení například 500 min^{-1} za současného působení třecího přitlaku, který nepřekročil předem stanovenou první mezní 20 hodnotu. Přitom bylo do místa svařování přiváděno množství energie, dostatečné pro vlastní svařování. Potom se provedlo svaření tělesa 5 z aluminidu titanu gama a mezikusu 4 při relativním klidu jejich přitlačováním k sobě pýchovacím tlakem, který nepřekročil druhou mezní hodnotu, vyšší než první mezní hodnota, při současném vytvoření difuzní vrstvy 7. Tato difuzní vrstva 7 se vytvořila převážně na straně mezikusu 4 dosedající na těleso 5 z aluminidu titanu 25 gama, a to v tloušťce do $100 \mu\text{m}$ a obsahovala především titan a hliník, rovněž však i přídavné dotovací látky, obsažené v tělese 5 z aluminidu titanu gama. Přitom je zvlášť výhodné, že svařování třením bylo provedeno vzhledem k poměrně nízké tavitelnému materiálu mezikusu 4 již po poměrně krátké době a za podmínek zvlášť výhodných pro relativně křehké těleso 5 z aluminidu titanu gama.
- 30 Vhodným stanovením doby, rychlosti otáčení a třecího přitlaku při tření, jakož i vhodným dimenzováním pýchovacího tlaku při svařování, bylo zabráněno zkřehnutí a tvoření trhlin v tělese 5 z aluminidu titanu gama. Zvlášť příznivé výsledky byly při poměrně krátkých výrobních časech dosaženy tehdy, když třecí přitlak při tření činil asi 200 N/mm^2 a pýchovací 35 tlak při svařování činil u těles v klidu asi 300 N/mm^2 .
- Zvláště se osvědčilo zvyšování třecího přitlaku při tření při otáčení tělesa 5 z aluminidu titanu gama a mezikusu 4 proti sobě stupňovitě až k první mezní hodnotě, protože za těchto podmínek mohlo být provedeno svařování materiálů zvlášť šetrně. Třecí přitlak přitom činil v prvním 40 stupni až 150 N/mm^2 .
- Doba třecího postupu činila v prvním stupni nejvýše 60 s, s výhodou 40 s. Celková doba třecího postupu činila nejvýše 120 s, s výhodou 60 až 80 s.
- 45 Rotor 1, vyrobený svařováním třením, byl potom podroben ohřevu rychlostí asi 150°C za hodinu na teplotu asi 600°C , na této teplotě byla provedena několikahodinová prodleva a potom bylo provedeno ochlazování rychlostí asi 50°C za hodinu. Tím byly odstraněny napěťové stavy, eventuálně vzniklé při svařování třením v ocelovém tělese 2, a způsobující jeho zkřehnutí.
- 50 Pevnostní hodnoty takto vytvořeného a takto vyrobeného konstrukčního prvku, zjištěné při zkouškách na tah, byly při pokojové teplotě převážně na hodnotě asi 500 MPa, přičemž k poruše došlo buď v difuzní vrstvě 7, nebo v tělese 5 z aluminidu titanu gama. Tyto vysoké pevnostní hodnoty jsou pro četná použití konstrukčního prvku podle vynálezu, zejména jako rotoru

turbokompresoru, zcela postačující.

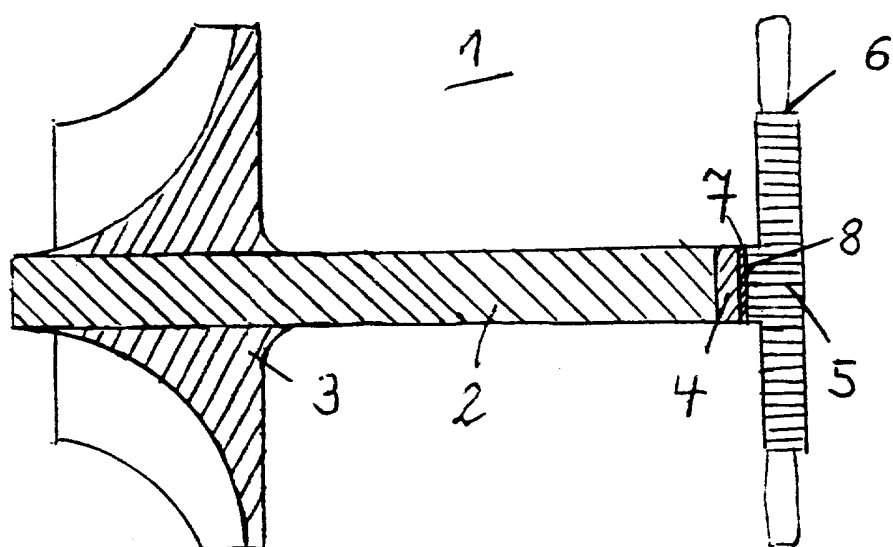
5

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Konstrukční prvek, sestávající z tělesa (5) ze slitiny na bázi aluminidu titanu gama, z ocelového tělesa (2) a mezikusu (4) ze slitiny na bázi niklu, kde mezikusem (4) jsou těleso (5) z aluminidu titanu gama a ocelové těleso (2) navzájem pevně spojeny, přičemž spojení mezi tělesem (5) z aluminidu titanu gama a mezikusem (4) je provedeno svařováním třením, **vyznačující se tím**, že slitina na bázi niklu má obsah niklu menší než 65 procent hmotnosti a obsahuje 3 až 7 procent hmotnosti niobu.
2. Konstrukční prvek podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že slitina na bázi niklu obsahuje 10 až 30 procent hmotnosti železa.
3. Konstrukční prvek podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že slitina na bázi niklu obsahuje 15 až 25 procent hmotnosti železa.
4. Konstrukční prvek podle jednoho z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že slitina na bázi niklu obsahuje

18 až 20	procent hmotnosti chromu,
18 až 22	procent hmotnosti železa,
2 až 4	procent hmotnosti molybdenu,
4 až 6	procent hmotnosti niobu,
do 1	procenta hmotnosti hliníku,
do 2	procent hmotnosti titanu,
do 0,4	procent hmotnosti křemíku,
do 0,4	procent hmotnosti manganu,
do 0,05	procent hmotnosti uhlíku
- a zbytek činí neodstranitelné nečistoty a nikl.
5. Konstrukční prvek podle jednoho z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že mezikus (4), vložený mezi tělesem (5) z aluminidu titanu gama a ocelovým tělesem (2), má tloušťku 10 až 30 mm.
6. Konstrukční prvek podle jednoho z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že je rotorem (1) turbokompresoru s tělesem (5) z aluminidu titanu gama, vytvořeným jako turbínové kolo, a ocelovým tělesem (2), vytvořeným jako hřídel.
7. Způsob výroby konstrukčního prvku podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že při svařování třením se nejprve otáčejí proti sobě těleso (5) z aluminidu titanu gama a mezikus (4) při třecím přítlaku, který nepřekročí první mezní hodnotu, a že potom se těleso (5) z aluminidu titanu gama a mezikus (4) v relativním klidu k sobě přivaří při pýchovacím tlaku, který nepřekročí druhou mezní hodnotu, větší než první mezní hodnota, za současného vytvoření difuzní vrstvy (7), obsahující alespoň titan a hliník.
8. Způsob podle nároku 7, **vyznačující se tím**, že třecí přítlak při otáčení tělesa (5) z aluminidu titanu gama a mezikusu (4) proti sobě se stupňovitě zvyšuje až na první mezní hodnotu.

9. Způsob podle nároku 8, **vyznačující se tím**, že třecí přítlak v prvním stupni činí až 150 N/mm^2 .
- 5 10. Způsob podle nároku 9, **vyznačující se tím**, že doba tření v prvním stupni činí nejvýše 60 s a celková doba tření činí nejvýše 120 s.
11. Způsob podle jednoho z nároků 7 až 10, **vyznačující se tím**, že první mezní hodnota činí asi 200 N/mm^2 a druhá mezní hodnota činí asi 300 N/mm^2 .
- 10 12. Způsob podle jednoho z nároků 7 až 11, **vyznačující se tím**, že spojení mezi ocelovým tělesem (2) a mezikusem (4) se provede svařováním třením před svařováním třením tělesa (5) z aluminidu titanu gama a mezikusu (4).
- 15 13. Způsob podle nároku 12, **vyznačující se tím**, že konstrukční prvek se ohřeje na teplotu asi 600°C a na této teplotě se udržuje několik hodin.



Konec dokumentu
