

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2000 - 3643

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **03.10.2000**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **04.10.1999**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1999/411104**

(33) Země priority: **US**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **17.04.2002**
(Věstník č. 4/2002)

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷:

C 22 C 19/05

B 23 K 35/30

(71) Přihlašovatel:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY, Schenectady,
NY, US;**

(72) Původce:

**Mukira Charles Gitahi, Clifton Park, NY, US;
Jackson Melvin Robert, Niskayuna, NY, US;
Frost Aaron Todd, Ballston Spa, NY, US;
Beltran Adrian Maurice, Ballston Spa, NY, US;**

(74) Zástupce:

Švorčík Otakar JUDr., Hálkova 2, Praha 2, 12000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Vysoce legovaná navařovací slitina a opravená
součástka turbíny**

(57) Anotace:

Vysoce legovaná navařovací slitina, zpevněná vytvořením pevného roztoku, obsahuje od 10 do 15 hmotn. % Co, od 18 do 22 hmotn. % Cr, od 0,5 do 1,3 hmotn. % Al, od 3,5 do 4,5 hmotn. % Ta, od 1 do 2 hmotn. % Mo, od 13,5 do 17,0 hmotn. % W, až 0,08 hmotn. % C, až 0,06 hmotn. % Zr, až 0,015 hmotn. % B, od 0,4 do 1,2 hmotn. % Mn, od 0,1 do 0,3 hmotn. % Si a zbytek tvoří nikl. Řešení se dále týká opravené součástky turbíny, obsahující nedotčenou část a opravenou část, přičemž opravená část v podstatě sestává z výše uvedené slitiny.

CZ 2000 - 3643 A3

Vysoce legovaná navařovací slitina a opravená součástka turbíny

Oblast techniky

Vynález se týká součástí turbin. Zejména se týká vysoce legované navařovací slitiny a opravené součástky turbíny, používající vysoce legovanou navařovací slitinu.

Dosavadní stav techniky

Účinnost plynových turbin závisí zčásti na míře úniku spalin netěsnostmi mezi lopatkami a přilehlou věncovou nebo bandážovou částí turbíny na statoru. Pro minimalizování mezery jsou konce lopatek zpravidla podrobovány přesnému obrábění. Vzhledem k tolerancím obrábění, rozdílům mezi součástkami vyplývajících z tepelné roztažnosti, a dynamickým účinkům, dochází v typickém případě k určitému tření mezi konci lopatek a věncovou nebo bandážovou částí turbíny na statoru.

Vzhledem k třecímu dotyku, jako po prodloužené době provozu, je základní materiál lopatky obnažován, což zpravidla vede ke korozi a/nebo oxidaci lopatky. Prodloužená koroze a oxidace vede ke zvýšeným netěsnostem mezi lopatkou a přilehlou věncovou nebo bandážovou částí turbíny na statoru a k výsledné ztrátě účinnosti. Bylo až dosud běžné opotřebované součástky opravovat, a to jako nákladově efektivní alternativa vůči výměně, a to s ohledem na relativně vysoké náklady částí turbíny, jako jsou lopatky. Při běžných způsobech oprav se používá navařovací drát vytvořený ze svařitelné vysoce legované slitiny, v "rekonstrukčním" procesu obnovy lopatky do jejího geometrického tvaru, odpovídajícího původnímu tvaru nebo tvaru blízkého původnímu tvaru. Například

je možné použít navařovacího drátu z vysoce legované slitiny na bázi niklu v obloukovém navařovacím procesu s wolframovou elektrodou, a to násobnými průchody po oblasti konce lopatky z vysoce legované slitiny na bázi niklu. Po navařování se oblast konce obrábí.

I když existuje řada průmyslově dostupných navařovacích slitin pro opravy, existuje nadále poptávka po dalších zdokonalených navařovacích slitinách, zejména slitinách na bázi niklu pro součástky z vysoce legovaných slitin na bázi niklu. Z tohoto hlediska autoři zjistili potřebu vysoce legované slitiny na bázi niklu, která by měla zvýšenou tažnost za studena pro umožňování sváření při teplotě místnosti (t.j. bez předehřívání opravované součástky), dobrou odolnost proti oxidaci a vysokou pevnost v tahu při vysokých teplotách a odolnost proti tečení.

Podstata vynálezu

Vynález přináší vysoce legovanou navařovací slitinu, zpevněnou vytvořením pevného roztoku, obsahující

- od okolo 10 do okolo 15 hmotn.% Co,
- od okolo 18 do okolo 22 hmotn.% Cr,
- od okolo 0,5 do okolo 1,3 hmotn.% Al,
- od okolo 3,5 do okolo 4,5 hmotn.% Ta,
- od okolo 1 do okolo 2 hmotn.% Mo,
- od okolo 13,5 do okolo 17,0 hmotn.% W,
- až okolo 0,08 hmotn.% C,
- až okolo 0,06 hmotn.% Zr,
- až okolo 0,015 hmotn.% B,
- od okolo 0,4 do okolo 1,2 hmotn.% Mn,
- od okolo 0,1 do okolo 0,3 hmotn.% Si

a zbytek niklu.

Vynález dále přináší opravenou součástku turbíny, obsahující opravenou část a nedotčenou část. Opravená část má výše uvedené složení.

Vynález navrhuje opravenou součástku turbíny a navařovací slitinu pro opravování takových součástek. Součástka turbíny je v typickém případě tvořena vysoce legovanou slitinou, známou odolností při vysokých teplotách v podobě například vysoké pevnosti v tahu, odolnosti proti tečení, odolnosti proti oxidaci a odolnosti proti korozi. Součástka z vysoce legované slitiny je v typickém případě tvořena slitinou na bázi niklu, přičemž nikl je jediný prvek ve vysoce legované slitině, který má výrazně nejvyšší hmotnostní podíl. Příkladné vysoce legované slitiny na bázi niklu obsahují nejméně okolo 40 hmotn.% Ni a nejméně jednu složku ze skupiny sestávající z kobaltu, chromu, hliníku, wolframu, molybdenu, titanu a železa. Příklady vysoce legovaných slitin na bázi niklu jsou označovány obchodními označeními Inconel^R, Nimonic^R, Rene^R (např. Rene^R80-, Rene^R95, Rene^R142 a Rene^RN5), a Udimet^R, a zahrnují směrově ztuhlé a jednokrystalové vysoce legované slitiny.

Tvar součástky turbíny může být různý a může se jednat o obložení spalovacích komor, klenby spalovacích komor, bandáže nebo věncové části, rotorové lopatky typu "blade" (angl.) a typu "bucket" (angl.), dýzy nebo statorové lopatky. Termíny "lopatky typu blade" a "lopatky typu bucket" se zde používají zaměnitelně. V typickém případě je "lopatka typu blade" otáčivý airfoil leteckého turbínového motoru

a "lopatka typu bucket" je otáčivý airfoil pozemní turbíny na vyvíjení výkonu. V případě rotorové lopatky je opravovanou částí v typickém případě koncová část, která se opotřebovává v důsledku třecího dotyku s okolní bandážovou nebo věncovou částí na statoru. V případě dýzy nebo statorové lopatky je opravovanou oblastí v typickém případě náběžný (přední) okraj, který je vystaven opotřebení v důsledku vystavení plynům o vysoké teplotě, proudících velkou rychlostí. Navařovací slitina pro opravy může být použita samotná, jako přídavný (výplňový) materiál, nebo v kombinaci s vložkou, jako je obrysově tvarovaná deska nebo deskovitý útvar, která je navařena na místo určení podél náběžné hrany dýzy nebo lopatky.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález je blíže vysvětlen v následujícím popisu na příkladech provedení s odvoláním na připojené výkresy, ve kterých znázorňuje obr.1 perspektivní pohled na opravenou turbínovou lopatku vysokotlakého stupně turbíny, obr.2 diagram znázorňující izotermní oxidaci různých slitin podle vynálezu a na trhu dostupné slitiny, při teplotě 1038°C (1900°F) a obr.3 diagram znázorňující izotermní oxidaci různých slitin podle vynálezu a na trhu dostupné slitiny, při teplotě 1093°C (2000°F).

Příklady provedení vynálezu

Obr.1 znázorňuje příklad opravovaného airfoilu, zejména rotorové lopatky typu "bucket" turbíny na vyvíjení výkonu. Lopatka obsahuje airfoilovou část 12 a nožkovou část 14 závěsu. Airfoilová část 12 má nedotčenou část 16 a opravovanou část 18. Před opravou se rotorová lopatka z turbíny vyjme

a vyčistí se běžným způsobem pro odstranění nanesených cizích materiálů, jakož i jakýchkoli produktů oxidace a koroze. V oblasti blízké konci lopatky se čištěním sejme čištěný povlak, a konec lopatky se obrousí do blízkosti dutiny konce lopatky obrousí, a po té se provede oprava navařovacím postupem. V typickém případě se použije obloukového navařování s ochranou inertním plynem a s wolframovou elektrodou (TIG/WIG), i když mohou být použity i jiné navařovací postupy, jako obloukové navařování kovovou elektrodou s plynovou ochranou, odporové navařování, navařování elektronovým paprskem, navařování plazmatem a laserové svařování. Při svařování TIG/WIG se vyvíjí teplo mezi zpracovávaným předmětem, t.j. koncem rotorové lopatky 10 typu "bucket" v daném příkladě, a wolframovou elektrodou. Navařovací drát ze slitiny bázi niklu, mající výše uvedené složení, se použije jako výplňový (přídavný) kov. Provede se více průchodů okolo obvodu konce lopatky, čímž se konec lopatky rekonstruuje do přibližně původní geometrie. Opravovací proces se dokončí přídavným obráběním, jakož i jakýmkoli povlakovacími procesy (např. povlaky ve formě vrstvy překrývající podklad, difuzním povlakováním, povlaky vytvářející tepelnou bariéru, atd.) pro další ochranu lopatky.

Podle prvního provedení vynálezu obsahuje vysoce legovaná navařovací slitina, zpevněná vytvořením pevného roz-
toku, od okolo 10 do okolo 15 hmotn.% Co, od okolo 18 do okolo 22 hmotn.% Cr, od okolo 0,5 do okolo 1,3 hmotn.% Al, od okolo 3,5 do okolo 4,5 hmotn.% Ta, od okolo 1 do okolo 2 hmotn.% Mo, od okolo 13,5 do okolo 17,0 hmotn.% W, až okolo 0,08 hmotn.% C, až okolo 0,06 hmotn.% Zr, až okolo 0,015 hmotn.% B, od okolo 0,4 do okolo 1,2 hmotn.% Mn, od okolo

0,1 do okolo 0,3 hmotn.% Si a zbytek niklu. V případě konkrétní slitiny je uhlík přítomný v množství ne menším než okolo 0,02 hmotn.%, zirkonium je přítomné v množství ne menším než okolo 0,01 hmotn.%, a bor je přítomný v množství menším než 0,005 hmotn.%. V přednostním provedení slitina obsahuje okolo 13,5 hmotn.% Co, okolo 20 hmotn.% Cr, okolo 0,8 hmotn.% Al, okolo 4 hmotn.% Ta, okolo 1,5 hmotn.% Mo, okolo 15,5 hmotn.% W, okolo 0,05 hmotn.% C, okolo 0,03 hmotn.% Zr, až okolo 0,01 hmotn.% B, okolo 0,7 hmotn.% Mn, okolo 0,2 hmotn.% Si a zbytek Ni. Slitina může obsahovat typické nečistoty.

Podle druhého provedení vynálezu obsahuje vysoce legovaná navařovací slitina, zpevněná vytvořením pevného roztočtu, až okolo 10 hmotn.% Co, od okolo 18 do okolo 22 hmotn.% Cr, od okolo 0,2 do okolo 0,7 hmotn.% Al, od okolo 15 do okolo 28 hmotn.% souhrnu žárovzdorných prvků, až okolo 0,09 hmotn.% C, až okolo 0,06 hmotn.% Zr, až okolo 0,015 hmotn.% B, od okolo 0,4 do okolo 1,2 hmotn.% Mn, od okolo 0,2 do okolo 0,45 hmotn.% Si, a zbytek Ni. Žárovzdorné prvky se zpravidla volí ze skupiny Ta, Mo a W. V jednom příkladě zahrnují žárovzdorné prvky Mo a W, přičemž souhrn Mo a W je v rozmezí přibližně 16-20 hmotn.%. V přednostním provedení jsou žárovzdorné prvky tvořeny jen wolframem, přítomným v množství 17 až 19 hmotn.%. Podobně jako u prvního provedení obsahuje jeden konkrétní příklad druhého provedení uhlík v množství ne menším než okolo 0,02 hmotn.%, zirkonium v množství ne menším než okolo 0,01 hmotn.% a bor v množství ne menším než okolo 0,005 hmotn.%. Slitina může obsahovat typické nečistoty.

V konkrétním případě druhého provedení slitina obsahuje okolo 21 hmotn.% Cr, okolo 0,4 hmotn.% Al, okolo 18 hmotn.% W, okolo 0,07 hmotn.% C, okolo 0,03 hmotn.% Zr, až okolo 0,01 hmotn.% B, okolo 0,7 hmotn.% Mn, okolo 0,35 hmotn.% Si a zbytek Ni. Druhé provedení zpravidla neobsahuje žádný lanthan, neboť tento prvek byl shledán jako ovlivňující nežádoucím způsobem vlastnosti slitiny. Slitiny podle druhého provedení tak zpravidla sestávají z výše uvedených složek, a jsou bez lanthanu.

Porovnání slitiny (A) podle prvního provedení vynálezu, několika slitin (B-H a J-M) podle druhého provedení vynálezu, a na trhu dostupné slitiny IN 625(X), je uvedeno v následující tabulce. Slitiny J-M se liší od slitin B-H dalšími obměnami obsahu Co a Mn.

TABULKA

Vzorek	Ni	Co	Cr	Al	Ti	Ta	Nb
A	43,89	13,55	19,68	0,83		4,16	
B	57,51	0,00	20,75	0,41		6,67	
D	59,06	0,00	21,05	0,41		0,00	
E	52,73	0,00	19,98	0,41		6,42	
F	57,40	0,00	20,82	0,42		3,34	
G	54,37	0,00	20,13	0,41		6,47	
H	55,76	0,00	20,59	0,41		6,61	
X	62,95		21,50	0,20	0,20		3,60
J	51,09	9,34	21,60	0,42			
K	60,42	0,00	21,61	0,42			
L	51,43	9,34	21,60	0,42			

M	60,75	0,00	21,61	0,42				
Vzorek	Mo	W	Fe	C	Zr	B	Mn	Si
A	1,47	15,50		0,05	0,03	0,01	0,67	0,17
B	0,00	13,55		0,06	0,03	0,01	0,67	0,35
D	0,00	18,33		0,07	0,03	0,01	0,70	0,35
E	1,98	17,39		0,06	0,03	0,01	0,65	0,35
F	1,03	15,85		0,06	0,03	0,01	0,70	0,35
G	0,00	17,52		0,06	0,03	0,01	0,66	0,35
H	2,05	13,44		0,06	0,03	0,01	0,70	0,35
X	9,00		2,50	0,05				
J		16,03		0,07	0,03	0,01	1,05	0,36
K		16,04		0,07	0,03	0,01	1,05	0,36
L		16,03		0,07	0,03	0,01	0,72	0,36
M		16,03		0,07	0,03	0,01	0,72	0,36

Navářovací slitiny podle provedení vynálezu jsou buď odlévány, s podrobením směrovému tuhnutí (DS-directionally solidified), do obdélníkových ingotů o velikosti 15 cm x 3 cm x 1 cm, nebo se protlačují za tepla na tyče o průměru okolo 2 cm. Po té se vytvoří elektrojiskrovým obráběním (EDM-electro discharge machining) oxidační trny a podrobí se izotermnímu oxidačnímu zpracování. Výsledky pro vybrané slitiny jsou uvedeny na obr.2 a 3. Osa y, na níž je vynesena změna hmotnosti, představuje míru oxidace. Hmotnosti vzorků byly pravidelně měřeny v průběhu zpracování (přibližně jednou denně). Jak je zřetelně patrné z grafů, vykazují slitiny podle provedení dle vynálezu ve srovnání s běžně dostupnou slitinou X zřetelně vyšší odolnost proti oxidaci. Při vystavení teplotě 1038°C (1900°F) pro dobu 600 hodin ztrácejí

slitiny A a D méně než 40 mg/cm^2 , konkrétněji méně než 30 mg/cm^2 v důsledku oxidace. Konkrétně ztrácí slitina D méně než 10 mg/cm^2 při stejných podmínkách.

Navářovací slitiny byly testovány na životnost do lomu u směrově ztuhlých vzorků. Směrové ztuhnutí bylo provedeno u některých slitin pro eliminaci účinku odlišných struktur zrn. Jiné byly deformovány za tepla pro vytvoření zdravých jemnozrnných stejnoosých struktur. Slitina A vykazovala přibližně trojnásobné zlepšení životnosti do lomu při teplotě 1093°C (2000°F), $206,6 \text{ MPa}$ (3 ksi). Slitina D vykazovala větší než čtyřnásobné zlepšení v životnosti do lomu vůči slitině X. Podobné výsledky byly vykazovány také u dalších slitin podle provedení vynálezu.

Některé navářovací slitiny podle provedení vynálezu byly také podrobeny zkoušce tupých svarů. V tomto případě byly slitiny použity jako přídatný materiál při svařování TIG/WIG mezi dvěma deskami z vysoce legované slitiny na bázi niklu. Srovnávací zkoušky ukázaly, že slitina A vykazovala přibližně 30% zvýšení životnosti do lomu vůči běžně dostupné slitině IN 617, při teplotě 1093°C (2000°F) a $20,68 \text{ MPa}$ (3 ksi), a zvýšení životnosti do lomu o 600% vzhledem ke slitině IN 617 při teplotě 1038°C (1900°F) a $34,47 \text{ MPa}$ (5 ksi). Podobně vykazovala slitina D přibližně 40%-ní zvýšení životnosti do lomu vůči slitině IN 617 při teplotě 1093°C (2000°F) a $20,68 \text{ MPa}$ (3 ksi), a 35%-ní zvýšení životnosti do lomu vůči slitině IN 617 při teplotě 1038°C (1900°F) a $34,47 \text{ MPa}$ (5 ksi). Výše uvedené výsledky demonstrují, že slitiny mají dostatečné vlastnosti z hlediska odolnosti proti tečení pro potřeby oprav konců lopatek.

Dále prokazují zkoušky pevnosti v tahu při teplotě místnosti, že slitiny mají dostatečnou mez kluzu, mez pevnosti v tahu a dostatečné vlastnosti z hlediska tažnosti, takže jsou snadno svařitelné při teplotě místnosti. To znamená, že slitiny vykazují potřebnou tažnost při teplotě místnosti. Slitiny mají zpravidla mez kluzu nejméně okolo 275,8 MPa (40 ksi) a mez pevnosti v tahu nejméně okolo 517,11 MPa (75 ksi), v typickém případě nejméně 551,82 MPa až 620,53 MPa (80 až 90 ksi). Dále ukazují zkoušky v tahu při vysokých teplotách, že slitiny mají dostatečnou pevnost v tahu pro účely použití pro opravu konců lopatek, přičemž slitiny vykazují pevnost v tahu přibližně 137,36 MPa až 172,37 MPa (20 až 25 ksi) při 982,2°C (1800°F).

Vynález tak přináší slitiny, zpevněné vytvořením pevného roztoku, které mají potřebnou svařitelnost při teplotě místnosti, pevnost při vysokých teplotách, dobré vlastnosti z hlediska lomu při tečení při vysokých teplotách a odolnost proti oxidaci při vysokých teplotách. I když byla popsána konkrétní provedení vynálezu, rozumí se, že odborníci v oboru mohou provést jejich obměny, které stále spadají do rozsahu připojených patentových nároků.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Vysoce legovaná navařovací slitina, zpevněná vytvořením pevného roztoku, obsahující
od okolo 10 do okolo 15 hmotn.% Co,
od okolo 18 do okolo 22 hmotn.% Cr,
od okolo 0,5 do okolo 1,3 hmotn.% Al,
od okolo 3,5 do okolo 4,5 hmotn.% Ta,
od okolo 1 do okolo 2 hmotn.% Mo,
od okolo 13,5 do okolo 17,0 hmotn.% W,
až okolo 0,08 hmotn.% C,
až okolo 0,06 hmotn.% Zr,
až okolo 0,015 hmotn.% B,
od okolo 0,4 do okolo 1,2 hmotn.% Mn,
od okolo 0,1 do okolo 0,3 hmotn.% Si
a zbytek niklu.

2. Slitina podle nároku 1, vyznačená tím, že uhlík je přítomný v množství ne menším než okolo 0,02 hmotn.%, zirkonium je přítomné v množství ne méně než okolo 0,01 hmotn.% a bor je přítomný v množství ne menším než okolo 0,005 hmotn.%.

3. Slitina podle nároku 2, vyznačená tím, že obsahuje přibližně 13,5 hmotn.% Co,
přibližně 20 hmotn.% Cr,
přibližně 0,8 hmotn.% Al,
přibližně 4 hmotn.% Ta,
přibližně 1,5 hmotn.% Mo,
přibližně 15,5 hmotn.% W,
přibližně 0,05 hmotn.% C,

přibližně 0,03 hmotn.% Zr,
až okolo 0,01 hmotn.% B,
přibližně 0,7 hmotn.% Si, a
zbytek Ni.

4. Vysoce legovaná navařovací slitina, zpevněná vytvořením pevného roztoku, sestávající v podstatě z
od okolo 10 do okolo 15 hmotn.% Co,
od okolo 18 do okolo 22 hmotn.% Cr,
od okolo 0,5 do okolo 1,3 hmotn.% Al,
od okolo 3,5 do okolo 4,5 hmotn.% Ta,
od okolo 1 do okolo 2 hmotn.% Mo,
od okolo 13,5 do okolo 17,0 hmotn.% W,
až okolo 0,08 hmotn.% C,
až okolo 0,06 hmotn.% Zr,
až okolo 0,015 hmotn.% B,
od okolo 0,4 do okolo 1,2 hmotn.% Mn,
od okolo 0,1 do okolo 0,3 hmotn.% Si,
a zbytek niklu a typických nečistot.

5. Opravená součástka turbíny, obsahující nedotčenou část a opravenou část, přičemž opravená část v podstatě sestává z
od okolo 10 do okolo 15 hmotn.% Co,
od okolo 18 do okolo 22 hmotn.% Cr,
od okolo 0,5 do okolo 1,3 hmotn.% Al,
od okolo 3,5 do okolo 4,5 hmotn.% Ta,
od okolo 1 do okolo 2 hmotn.% Mo,
od okolo 13,5 do okolo 17,0 hmotn.% W,
až okolo 0,08 hmotn.% C,
až okolo 0,06 hmotn.% Zr,

až okolo 0,015 hmotn.% B,
od okolo 0,4 do okolo 1,2 hmotn.% Mn,
od okolo 0,1 do okolo 0,3 hmotn.% Si,
a zbytek niklu a typických nečistot.

6. Součástka podle nároku 5, vyznačená tím, že součástka je airfoil, a opravená část je koncová část airfoilu.

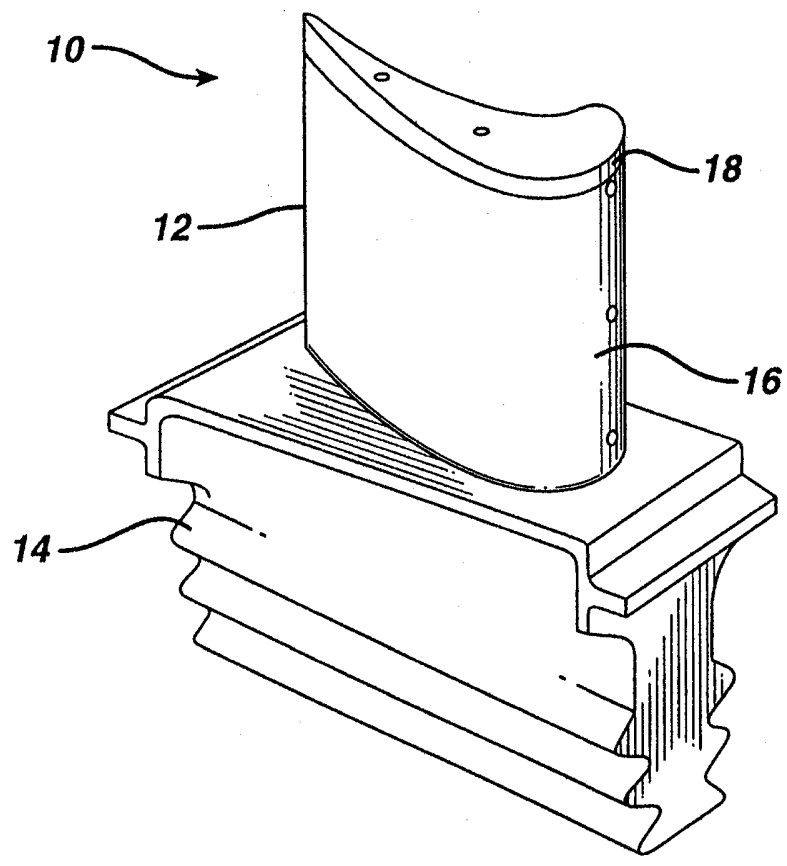
7. Součástka podle nároku 6, vyznačená tím, že airfoil je lopatka, typu bucket, turbíny zařízení na vyvíjení výkonu.

8. Součástka podle nároku 7, vyznačená tím, že airfoil je lopatka, typu blade, turbíny leteckého motoru.

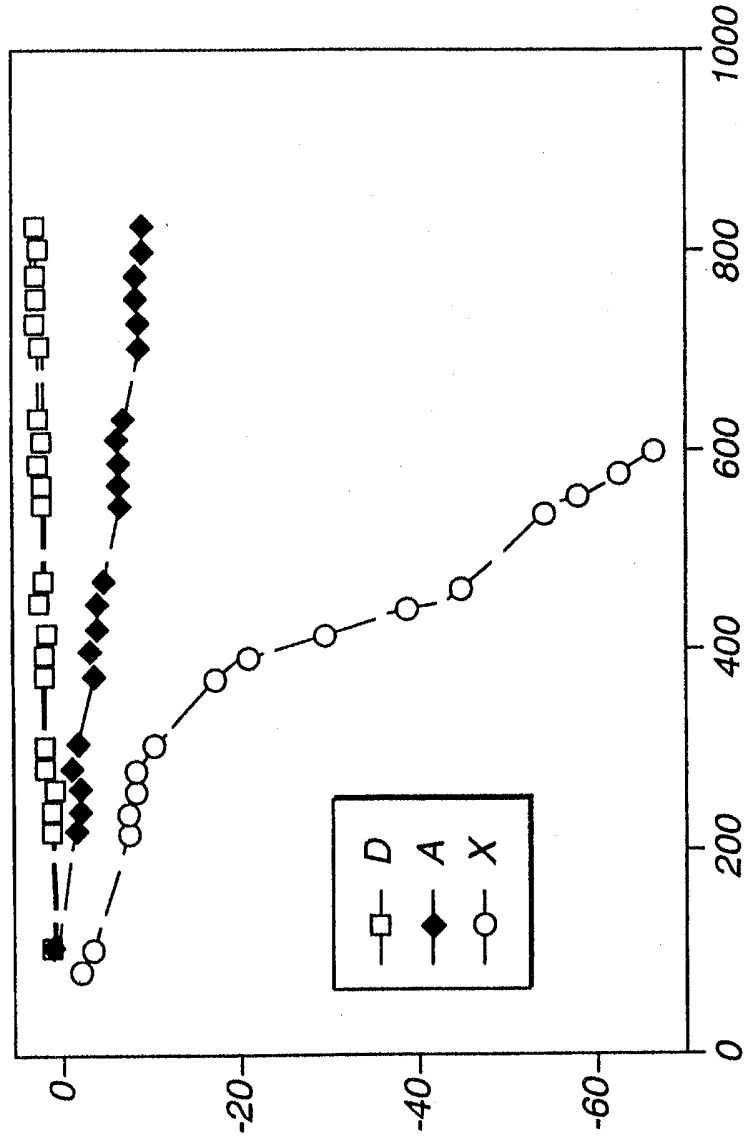
9. Součástka podle nároku 5, vyznačená tím, že součástka je dýza nebo statorová lopatka turbíny.

10. Součástka podle nároku 9, vyznačená tím, že opravená část je umístěna podél náběžné okrajové části dýzy nebo statorové lopatky.

obr. 1



obr. 2



obr. 3

