
Octrooiraad



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **8201156**

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 **Werkwijze voor de vervaardiging van gasturbine-onderdelen door middel van plasmaspuiten.**
- ⑤1 Int.Cl³.: C23C 7/00, B21D 53/78.
- ⑦1 Aanvrager: General Electric Company te Schenectady, New York, Ver. St. v. Am.
- ⑦4 Gem.: Ir. G.H. Boelsma c.s.
Octrooibureau Polak & Charlouis
Laan Copes van Cattenburch 80
2585 GD 's-Gravenhage.

-
- ②1 Aanvraag Nr. 8201156.
- ②2 Ingediend 19 maart 1982.
- ③2 Voorrang vanaf 20 maart 1981.
- ③3 Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).
- ③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 246068 .
- ⑥2 - -

-
- ④3 Ter inzage gelegd 18 oktober 1982.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

Werkwijze voor de vervaardiging van gasturbine-onderdelen door middel van plasmaspuiten.

De uitvinding heeft betrekking op de vervaardiging van verschillende draagprofielvormige elementen zoals deze worden gebruikt in gasturbines, in het bijzonder stationaire gasturbines welke met hoge temperaturen werken.

5 In het kort omvat de uitvinding in het algemeen het aanbrengen van een koperlegering met hoog warmtegeleidingsvermogen, zoals door dispersie van oxyden versterkt koper (Glidden AL-60), onder gebruikmaking van een werkwijze voor het met hoge snelheid en lage druk (HS/LD) plasmaspuiten met
10 een vlamboog, op een samenstel dat een constructieframe omvat van een koperlegering of een superlegering op nikkelbasis, of een combinatie daarvan, ook over koelbuizen heen. De koperlegering wordt door plasmaspuiten aangebracht tot een bekledingsdikte die voldoende is om de koelbuizen geheel te bedek-
15 ken en om de koperlegering verspanend te kunnen bewerken voor het verkrijgen van een glad oppervlak met een dikte van 0,254 tot 3,81 mm of meer.

Daar de door het plasmaspuiten aangebrachte koperlaag geen continue poreusiteit heeft kan deze gemakkelijk worden
20 gebruikt voor het weerstaan van een drukverschil bij heet isostatisch persen, hetgeen gunstig is en waardoor de lagen aan de gehele constructie worden gehecht voor het versterken van de binding door diffusie in vaste toestand tussen de delen van de constructie. Hoewel de HS/LD-plasmaspuitwerkwijze
25 op zichzelf een uitstekende binding geeft zijn de daarop volgende warmtebehandeling en hechting gewenst voor het verder versterken van de onderlinge samenhang van de constructie.

Na het plasmaspuiten, het hechten door isostatisch persen en het verspanend bewerken wordt het samengestelde
30 onderdeel beschermd door middel van een corrosiebestendige legering die ook met bekende technieken kan worden aangebracht.

De plasmaspuitwerkwijze met vlamboog is reeds vele jaren gebruikt voor het aanbrengen van bekledingen op een groot aantal onderlagen, met het doel slijtweerstand en corrosieweerstand te geven. Het bekende plasmaspuiten wordt echter
35 gewoonlijk uitgevoerd in lucht met deeltjessnelheden van ongeveer 152 m/sec. Aldus aangebrachte bekledingen hebben als

kenmerk dat zij poreus zijn (bijvoorbeeld 5-25%) en een hoog oxydegehalte hebben.

Verder is plasmagieten tot veel grotere dikten gebruikt als middel voor het vervaardigen van vuurvaste metalen delen van complexe vorm, zoals beschreven in een artikel door Mash and Brown, "Structure and Properties of Plasma-Cast Materials" in Metals Engineering Quarterly, February 1964, blz.18-26. De door Mash and Brown beschreven werkwijze omvat het plasmagieten van een enkel materiaal (waarbij kan worden uitgegaan van een poedermengsel) op een doorn, die daarna wordt verwijderd. In tegenstelling daarmee wordt bij de werkwijze volgens de uitvinding materiaal neergeslagen op een onderlaag die niet wordt weggenomen.

Verschillende materialen worden gegoten in lagen voor het vormen van een samengesteld onderdeel, dat een straalbuis of schoep kan zijn, met inwendige waterkoelkanalen.

Zoals is beschreven in het Amerikaanse octrooischrift 3.839.618 is onlangs een HS/LD-plasmaspuitwerkwijze met vlamboog ontwikkeld waarmee veel van de beperkingen van de eerdere werkwijzen zijn overwonnen. Door plasmaspuiten met deeltjessnelheden van 609-914 m/sec en in een atmosfeer van Argon of een ander inert gas bij lage druk (4 - 8 kPa) kunnen zeer dichte (98-100%) en vrijwel oxydevrije bekledingen worden neergeslagen. Naar de gehele inhoud van het genoemde Amerikaanse octrooischrift wordt hier speciaal verwezen voor de details van deze HS/LD-plasmaspuitwerkwijzen.

Hoewel, zoals hierboven is gezegd, de HS/LD-plasmaspuitwerkwijze bekend is, wordt gemeend dat deze werkwijze niet eerder is gebruikt voor het neerslaan van vrij dikke lagen (dikker dan 2,03 mm) van legeringen op koperbasis voor de in de aanhef genoemde toepassingen. In het bijzonder zijn er een aantal verschillen in de onderhavige toepassing van het HS/LD-proces vergeleken met eerdere toepassingen van de plasmaspuitwerkwijzen. Het door plasmaspuiten aangebrachte koper volgens de werkwijze van de uitvinding is een koperlegering met hoge sterkte die wordt gebruikt voor het verlagen van temperatuurgradiënten in het vervaardigde onderdeel (schoep of straalbuis). Daarom moet de koperlaag zeer dik zijn voor het verkrijgen van voldoende verlaging van de temperatuurs-

gradiënten. Het door plasmaspuiten aangebrachte kopermateriaal hecht aan koelbuizen (van ijzer, kobalt of op nikkelbasis) en aan een constructieschoor (van ijzer, kobalt of op nikkelbasis), die niet noodzakelijk dezelfde samenstelling hebben.

5 Een belangrijk kenmerk van de werking van deze onderdelen is dat het kopermateriaal warmte geleidt van het oppervlak van de straalbuis of de schoep naar de waterkoelbuizen en verder, een hoge dichtheid heeft en een laag gehalte aan oxyden/nitriden voor het handhaven van het hoge warmtegeleidings-
10 vermogen en voor het verschaffen van een geschikte vermoeiingslevensduur van het onderdeel bij trillingen met lage frequentie. De met plasmaspuiten verkregen laag moet zich hechten aan een onregelmatig gevormd oppervlak en moet schone hechtingen vormen met de koelbuizen en de schoor.

15 De uitvinding betreft in het bijzonder een werkwijze voor de vervaardiging van watergekoelde samengestelde onderdelen, bijvoorbeeld straalbuizen en schoepen, voor een gasturbine, welke werkwijze de stappen omvat van het verschaffen van een constructieframe in de vorm van een schoor, het
20 aanbrengen van een eerste niet-poreuze bekleding met groot soortelijk gewicht van een koperlegering met hoger warmtegeleidingsvermogen, op het constructieframe, door middel van lagedruk-plasmaspuiten met vlamboog, het plaatsen van buizen voor koelmiddel op het oppervlak van de eerste bekleding en
25 het daarna aanbrengen van een niet poreuze bekleding met groot soortelijk gewicht van een koperlegering met groot warmtegeleidingsvermogen op het frame door middel van lagedruk-plasmaspuiten met vlamboog met een dikte die ten minste voldoende is voor het bedekken van de koelmiddelbuizen en
30 voor het geven van een overmaat voor glad verspanend bewerken.

De werkwijze volgens de uitvinding omvat een verdere stap namelijk het heet isostatisch persen en daardoor binden van de bekledingen aan het constructieframe, waarbij het drukverschil kan worden weerstaan door de bekledingen
35 van in hoofdzaak niet-poreus koper met hoog warmtegeleidingsvermogen.

De uitvinding zal hieronder nader worden toegelicht aan de hand van de tekening, waarin toepassingsvoorbeelden van de werkwijze volgens de uitvinding zijn weergegeven.

Fig. 1 toont een aanzicht in perspectief van een samengestelde straalbuis van een gasturbine.

Fig. 2 is een dwarsdoorsnede door een gasturbineschoep.

Fig. 3 is een dwarsdoorsnede door een gasturbinestraal-
5 buis met een andere vorm van schoor.

Als voorbeelden van gasturbine-onderdelen zijn weer-
gegeven een straalbuis (fig.1 en3) en een schoep (fig.2),
welke zijn uitgevoerd volgens de uitvinding. De constructie
van de straalbuizen en de schoepen is in hoofdzaak gelijk
10 voor zover de uitvinding betreft.

In fig.2 heeft het weergegeven onderdeel een construc-
tie-element in de vorm van een schoor 10, gevormd van een
superlegering op nikkelbasis of kobaltbasis, bijvoorbeeld
Inconel-718 (19 Cr, 19 Fe, 0,4 Al, 0,9 Ti, 3,0 Mo, 5,0 Cb,
15 0,04 C, rest Ni). Op de schoor 10 wordt een eerste niet-
poreuze bekleding 12 met grote dichtheid, van een koperlege-
ring met hoog warmte-geleidingsvermogen aangebracht door
middel van lagedruk-plasmaspuiten met vlamboog. Een geschikte
plasmaspuitinrichting voor HS/LD is gebleken te zijn de
20 inrichting vervaardigd door Electro-Plasma, Inc., I r v i n e,
Californië. Deze bepaalde inrichting heeft een 80 Kw plasma-
kanon en werkt normaal bij een druk van 4 - 8 kPa.

Vervolgens worden een aantal koelmiddelbuizen 14 op
het oppervlak van de eerste bekleding 12 geplaatst en op
25 hun plaats gehouden door middel van een geschikte mal of
door middel van hechtlassen nabij de einden. De koelbuizen 14
hebben een diameter van ongeveer 2,5 mm en bestaan bijvoorbeeld
uit roestvrij staal of een superlegering op nikkelbasis.

Vervolgens wordt een dichte niet-poreuze bekleding 16
30 van een koperlegering met hoog warmtegeleidingsvermogen aange-
bracht op het constructieframe door middel van hetzelfde
lagedruk-plasmaspuiten met een dikte die ten minste voldoende
is voor het bedekken van de koelbuizen 14 en om een overmaat
te hebben voor glad verspanend bewerken.

35 Hoewel de door plasmaspuiten aangebrachte koperbekle-
ding 16 goed hecht aan de onderliggende constructie 10 wordt
voor het versterken van de hechting een hechtwerkwijze
toegepast welke bekend staat als heet isostatisch persen,
waartoe de te hechten onderdelen worden geplaatst in een

gesloten retort_vat, dat onder een druk wordt gebracht van ongeveer $69-103 \text{ MN/m}^2$ met een inert gas zoals Argon, waarna wordt verhit tot een temperatuur van ongeveer $926-1010^\circ\text{C}$ gedurende 2-4 uren.

5 Vervolgens wordt het oppervlak van de bekledingslaag 16 verspanend bewerkt tot de gewenste gladheid en het gewenste profiel en wordt een geschikte huid 18 van een corrosiebestendige legering aangebracht, hetgeen een gebruikelijke bekleding kan zijn of een door plasmaspuiten aangebrachte laag.

10 In fig. 2 is de onderliggende constructieschoor 10, zoals hierboven is gezegd, een vrij groot onderdeel dat ongeveer de vorm heeft van de voltooide schoep.

 In tegenstelling daarmee toont fig.3 een andere
15 uitvoeringsvorm waarbij de basisconstructie bestaat uit een aantal schoorstaven 20, in dit geval vier, terwijl een groot deel van het volume 22 dat de schoorstaven 20 omgeeft bestaat uit een door HS/LD-plasmaspuiten verkregen koper. Hierdoor worden dus zeer dikke delen van koper, tot 25mm dik, gespoten
20 rondom het constructieframe dat wordt bepaald door de schoren.

 Aan het begin van deze bijzondere werkwijze verloopt een vrij dunne plaat 24 van koper aanvankelijk tussen de schoorstaven 20 en aan deze plaat 24 evenals aan de schoorstaven 20 zelf hecht het door plasmaspuiten aangebrachte
25 koper.

 De koelbuizen 14 worden op hun plaatsen aangebracht op een geschikt ogenblik tijdens het spuitproces en komen ten slotte geheel ingebed te liggen binnen het lichaam 22 van plasmagespoten koper.

30 Speciale voorbeelden.

 Bij uitvoerbaarheidsstudies werden verschillende koperlegeringen door plasmaspuiten aangebracht op Inconel-718 (legering op nikkelbasis) en op zuurstofvrij koper met hoog geleidingsvermogen (Oxygen Free High Conductivity
35 = OFHC-koper) als onderlaag zowel in staafvorm als in plaatvorm. Daarna werden de resultaten beoordeeld, in het bijzonder de effecten van de variabelen van de plasmaspuitwerkwijze op de metallurgische eigenschappen van de op de onderlagen op nikkelbasis en van koper neergeslagen koper-

lagen.

Wijze van beproeving.

De onderlagen waren OFHC Cu en Inconel-718 met (19 Cr, 19 Fe, 0,4 Al, 0,9 Ti, 3,0 Mo, 5,0 Cb, 0,4 C, rest Ni). De
5 door plasmaspuiten aangebrachte bekledingslegeringen waren MZC Cu (0,04 Mg, 0,15 Zr, 0,6 Cr, rest Cu), verkregen van Alloy Metals, Inc., Troy, Michigan, en CuNiTi poeders verkregen van Udimet Powder Division, Special Metals, Ann Arbor, Michigan. Twee verschillende CuNiTi legeringen werden
10 gebruikt (5,0 Ni, 2,5 Ti, rest Cu) en (2,0 Ni, 1,2 Ti, rest Cu).

Alle poeders werden voor het gebruik gezeefd. De proeven werden gedaan met twee poederhoeveelheden van elke koperlegering, namelijk met een deeltjesgrootte van 37 μm
15 en van 37-44 μm .

Deze poeders werden gebruikt voor het neerslaan van bekledingen met een dikte van ongeveer 0,127 cm op platen van OFHC Cu en Inconel-718. Alle plasmagespoten neerslagen werden aangebracht met behulp van een lagedruk-plasmaspuit-
20 inrichting vervaardigd door Electro-Plasma, Inc., Irvine, Californië.

De gebruikte werkwijze-parameters waren : vermogen spuitkanon 1300 A bij 50 V; neerslagdruk 8 kPa; poedertoevoersnelheid 6 kg per uur en afstand van kanon tot onderlaag
25 33 cm. De onderlagen werden voorverwarmd met de hete gassen van het kanon tot ongeveer 700°C; tijdens het bekleden steeg de onderlaagtemperatuur tot ongeveer 800-900°C.

Daarna werden metallografische onderzoeken gedaan van elke bekleding in de toestanden als neergeslagen en na de
30 warmtebehandeling. De toegepaste warmtebehandeling duurde 2 uur bij 954°C in Argon, gevolgd door een verwarming gedurende 17 uur bij 454°C in Argon. Het metallografische onderzoek wees uit dat de bekledingen dicht waren en dat een goede hechting van de bekleding was verkregen op alle proefstuk-
35 ken.

Dichtheid van de bekleding.

Metingen over de bekledingsdichtheid werden gemaakt aan MZC Cu neergeslagen op een aambeeld dat was gebruikt voor de ondersteuning van de onderlagen. Deze gegevens zijn

8201156

opgenomen in de volgende tabel I.

Tabel I

<u>Dichtheid van plasmagespoten MZC Cu</u>				
5	<u>Als neer- geslagen</u>		<u>Warmtebehandeling 2 uur bij 954°C + 16 uur bij 454°C in Argon</u>	
	Poeder (deeltjes grootte)	Bekledingsdikte 1,27mm 3,81mm	Bekledingsdikte 1,27mm 3,81mm	
	37 µm	95,7% 98,3%	99,9%	99,6%
10	37-44µm	95,8% 99,0%	97,0%	99,7%

Uit de voorgaande tabel blijkt dat in neergeslagen
toestand de grovere poederbekledingen even dicht zijn als die
welke zijn gevormd met het fijne poeder. Ook is de dikkere
15 bekleding in het algemeen dichter dan de dunnere bekleding.
Koud-warm-proef.

Met MZC Cu beklede staven van Inconel-718 en OFHC Cu
werden beoordeeld in een eenvoudige laboratoriumproef. De
monsters werden verhit tot 954°C in Argon en daarna gekoeld
20 met perslucht. Deze cyclus werd 10 maal herhaald. Bij de
elfde cyclus werden de monsters ondergedompeld in water van
kamertemperatuur. Deze monsters, die de thermische cyclus
koud-warm hadden ondergaan, werden nauwkeurig macroscopisch
en microscopisch onderzocht. Er werden geen scheuren ge-
25 vonden.

Trekproef op plasmagespoten CuNiTi-legeringen.

Platen met CuNiTi-legeringen met vrijwel volledige
dichtheid werden gemaakt door het spuiten van poeder met
37 µm deeltjesgrootte voor het opbouwen van lagen met een
30 dikte van ongeveer 0,25 cm. Na een tweetrapsbehandeling in
een oplossing plus warmtebehandeling voor veroudering bij
1060°C en 620°C werden plaatvormige trekproefmonsters
door verspanende bewerking vervaardigd uit de met plasma
bespoten lagen. Treksterktegegevens voor door plasma aange-
35 bracht legeringsmateriaal Cu - 5Ni - 2,5Ti zijn opgenomen
in de volgende tabel II.

Tabel II.

Trekeigenschappen van plasmagespoten Cu - 5Ni - 2,5 Ti
(Warmtebehandeling 1060°C + 620°C)

Proef- temp. °C	Breuksterkte MN/m ²	Rekgrens MN/m ²	RA %
Kamer temp.	510	448	28
149°	455	393	12
274°	358	317	10
10 399°	262	220	6
524°	124	110	10

De trekeigenschappen van het plasmagespoten Cu - 5Ni-
2,5Ti als opgenomen in de voorgaande tabel II zijn ongeveer
15 gelijk aan die voor plasmagespoten Cu - 2Ni - 1,2 Ti en
ongeveer 30-50% minder dan die voor gewalst Cu - 5Ni - 2,5Ti.
Hechtproeven.

De hechtsterkten werden gemeten voor Cu - 5 Ni - 2,5Ti,
door plasmaspuiten aangebracht op een gegoten plaat van
20 Inconel-718 met een buiging over 45° in het midden van de
plaat. Na het plasmaspuiten werden de plano's geslepen uit
het samengestelde materiaal met de buiging van 45° tussen
Inconel-718 en de koperlegering gelegen in het midden. Trek-
proefmonsters werden door verspanende bewerking vervaardigd
25 en ondergingen een warmtebehandeling. Schuifsterkten van
193 en 241 MN/m² werden gemeten nadat enige blijvende ver-
vorming was opgetreden. De schuifspanning op het punt waar
blijvende rek optreedt was 165 MN/m² voor de beide proef-
monsters. De bijbehorende trekspanningen in de monsters waren
30 234 MN/m² bij de rekgrens en 269 en 345 MN/m² bij breuk.
Deze proeven geven aan dat een zeer stevige verbinding kan
worden verkregen door middel van het neerslagproces door
plasmaspuiten.

Samenvatting.

35 Uit het bovenstaande blijkt dat het HS/LD-plasmaspuit-
proces goed geschikt is voor de vervaardiging van samenge-
stelde watergekoelde straalbuizen en schoepen voor een met
hoge temperatuur werkende gasturbine. Aangetoond is dat
bij de juiste besturing van de werkwijze sterk hechtende

lagen van verschillende legeringen op koperbasis kunnen worden neergeslagen op OFHC-koper en Inconel-718 als onderlaag op nikkelbasis. Deze vrijwel oxydevrije bekledingen hebben een dichtheid van bijna 100% en vormen een langdurige
5 metallurgische verbinding met de onderlaag, in het bijzonder na een geschikte warmtebehandeling.

- 10 -
C o n c l u s i e s

1. Werkwijze voor de vervaardiging van samengestelde onderdelen voor een gasturbine, bestaande uit straalbuis en schoep, gekenmerkt door de stappen van het vervaardigen van een constructieframe in de vorm van een schoor met 5 buizen voor koelmiddel nabij het oppervlak daarvan, en het aanbrengen van een dichte niet-poreuze bekleding van een koperlegering met hoog warmtegeleidingsvermogen op het constructieframe door middel van lagedruk-plasmaspuiten met vlamboog met een dikte die ten minste voldoende is voor 10 het bedekken van de koelmiddelbuizen en voor het verkrijgen van een overmaat voor glad verspanend bewerken.

2. Werkwijze volgens conclusie 1, gekenmerkt door de verdere stap van heet isostatisch persen voor bevordering van de hechting aan het constructieframe, waarbij het optre- 15 dende drukverschil wordt weerstaan door de bekleding van niet-poreus koper met hoog warmtegeleidingsvermogen.

3. Werkwijze volgens conclusie 2, gekenmerkt door de verdere stap van het verspanend bewerken van de bekleding van koper met hoog warmtegeleidingsvermogen voor het ver- 20 krijgen van een glad oppervlak.

4. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de koperbekleding wordt aangebracht in een dikte in de grootteorde van ten minste 0,254 mm.

5. Werkwijze voor de vervaardiging van watergekoelde 25 samengestelde onderdelen voor een gasturbine, bestaande uit straalbuis en schoep, gekenmerkt door de stappen van het verschaffen van een constructieframe in de vorm van een schoor, het aanbrengen van een eerste dichte, niet poreuze bekleding van een koperlegering met hoog warmtegeleidings- 30 vermogen op het constructieframe door middel van lagedruk-plasmaspuiten met vlamboog, het plaatsen van koelmiddelbuizen langs het oppervlak van de eerste bekleding, en het aanbrengen van een dichte, niet poreuze bekleding van een koperlegering met hoog warmtegeleidingsvermogen op het 35 constructieframe door middel van lagedruk-plasmaspuiten met vlamboog met een dikte die ten minste voldoende is voor het bedekken van de koelmiddelbuizen en voor het verschaffen van een overmaat voor glad verspanend bewerken.

6. Werkwijze volgens conclusie 5, gekenmerkt door

8201156

de verdere stap van het heet isostatisch persen voor het hechten van de bekleding aan het constructieframe, waarbij het drukverschil wordt weerstaan door de bekledingen van niet-poreus koper met hoogwaardig geleidingsvermogen.

- 5 7. Werkwijze volgens conclusie 6, gekenmerkt door de verdere stap van het verspanend bewerken van de bekleding van koper met hoogwaardig geleidingsvermogen voor het verkrijgen van een glad oppervlak.

FIG. 1

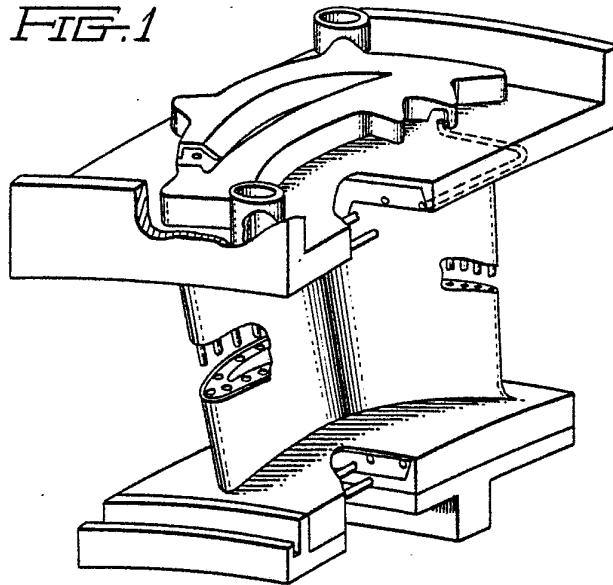


FIG. 2

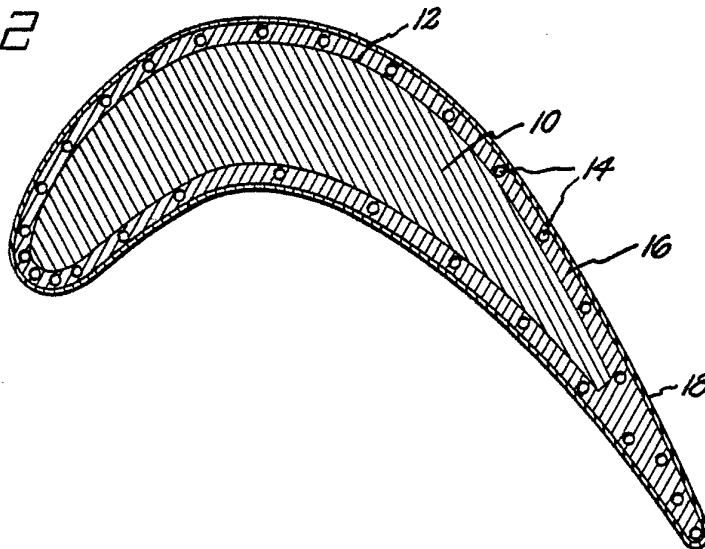


FIG. 3

