



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **323992**

(13) **B1**

NORGE

(51) Int Cl.

F02K 1/82 (2006.01)

F23R 3/00 (2006.01)

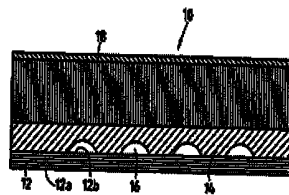
Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20003477	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1999.11.05 PCT/FR99/02708
(22)	Inng.dag	2000.07.05	(85)	Videreføringsdag	2000.07.05
(24)	Løpedag	1999.11.05	(30)	Prioritet	1998.11.05, FR, 9813923
(41)	Alm.tilgj	2000.09.04			
(45)	Meddelt	2007.07.30			
(73)	Innehaver	Société Nationale d'Etude et de Construction de Moteurs d'Aviation (SNECMA), 2, boulevard du Général Martial Valin, F-75724 Paris Cédex 15, FR			
(72)	Oppfinner	Jean-Pierre Vidal, Saint Aubin-de-Médoc, FR Jean-Michel Larrieu, Macau, FR Jean-Pierre Ciais, Blanquefort, FR			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO			

(54)	Benevnelse	Varmeveksler i komposittmateriale og fremgangsmåte for dens fremstilling
(56)	Anførte publikasjoner	GB-2279734 US-4488920 US-4832999 US-4838031 US-5174368 US-5352529 US-5583895

(57) Sammendrag

Oppfinnelsen gjelder varmeveksler i komposittmateriale og fremgangsmåter for dens fremstilling. Varmeveksleren omfatter et mellomparti (14) av ildfast komposittmateriale, f.eks. C/C-komposittmateriale, og hvori det er dannet fluidsirkulasjonskanaler (16), og som er anbrakt mellom en del av ildfast komposittmateriale, f.eks. med en keramikkmatrise, slik som C/SiC-komposittmateriale, og som da danner et varmeskjold (12), samt en del fremstilt i termostrukturelt komposittmateriale, f.eks. C/C-komposittmateriale, og som utgjør en bærestruktur (18) for varmeveksleren, idet disse komponentdeler av varmeveksleren sammenføres ved hjelp av hardlodding. Varmeveksleren kan anvendes som veggelement som utsettes for intens varmetilførsel, spesielt i en kjernereaktor av fusjonstype eller i et ramjetforbrenningskammer.



Oppfinnelsen gjelder en varmeveksler som benytter varmevekslingsutstyr basert på et sirkulerende fluid og som er utført for å fungere i vanskelige temperaturomgivelser.

Spesielle, men ikke begrensende, anvendelsesområder for oppfinnelsen er utstyr for å omforme materialer, f.eks. kjernereaktorer av fusjonstype, samt fremdriftsutstyr, særlig veggelementer for forbrenningskamre i jetmotorer, og særlig i ramjetmaskiner.

Varmevekslere som benyttes i slike anvendelser er vanligvis utført i metall, i det minste delvis. De termiske og mekaniske egenskaper for metaller og metalllegeringer begrenser imidlertid deres anvendelsesområde, samt også deres bestandighet og sikkerhet. Videre er varmevekslere av metall tunge og omfangsrike, hvilket gjør deres bruk besværlig, i det minste innenfor noen anvendelsesområder.

Det har blitt foreslått å bruke ildfaste komposittmaterialer alene eller i kombinasjon med metall for å fremstille varmevekslere som er beregnet på å anvendes under vanskelige temperaturforhold, spesielt i vegger for en kjernereaktor av fusjonstype. Patentsøknad WO 98/03297 beskriver således fremstilling av en slik varmeveksler ved å hardlodde arbeidsstykker av karbon-karbon (C/C-) komposittmaterial på et metallisk (kopper) substrat som nedkjøles ved fluidsirkulasjon. Dette innebærer imidlertid bruk av et metall. Også kjent er US patent 5.583.895 som beskriver en varmevekslerkonstruksjon for samme anvendelse i form av en C/C-komposittmaterialblokk hvori det er utformet fluidpassasjer. Veggene i disse passasjer er gjort lekkasjesikre ved hjelp av en metallforing, f.eks. utført i kopper, som da er hardloddet til C/C-komposittmateriale.

Et formål for oppfinnelsen er å angi en varmeveksler som kan anvendes i krevende temperaturomgivelser.

Et annet formål for oppfinnelsen er å frembringe en varmeveksler hvori de forskjellige termiske og strukturelle funksjoner kan optimaliseres, slik at masse, materialmengder og omkostninger reduseres i så høy grad som mulig.

Et ytterligere formål for oppfinnelsen er å frembringe en varmeveksler som er lett å fremstille.

Et annet formål for oppfinnelsen er å angi en fremgangsmåte for fremstilling av en slik varmeveksler.

En varmeveksler i henhold til oppfinnelsen er kjennetegnet ved at den omfatter et mellomparti av ildfast komposittmateriale hvori fluidsirkuleringskanaler er

utformet, og hvor dette mellomliggende parti er innlagt mellom et legeme av ildfast komposittmateriale som danner et varmeskjold og en komponent av termostrukturelt komposittmateriale som danner en bærestruktur for varmeveksleren, idet de forskjellige deler som utgjør varmeveksleren forenes innbyrdes ved hjelp av hardlodding.

Termostrukturell komposittmateriale er et komposittmateriale med mekaniske egenskaper som gjør det egnet for å utgjøre konstruksjonselementer og som bibeholder disse egenskaper opptil høye temperaturer. Slike termostrukturelle komposittmaterialer er vanligvis komposittmaterialer med fiberarmering i form av ildfaste fibere, slik som karbonfibere eller keramiske fibere, som sammenholdes av en ildfast matrise, slik som en karbonmatrise eller en keramisk matrise. Eksempler på termostrukturelle komposittmaterialer er karbon/karbon (C/C-) komposittmaterialer med forsterkningsfibere og en matrise utført i karbon, samt komposittmaterialer med keramisk matrise (CMC), f.eks. slike som har en matrise av silisiumkarbid (SiC).

Med fordel kan det termostrukturelle komposittmateriale som danner varmevekslerens bærestruktur et C/C-komposittmateriale. Det kan foreligge i bikubeform eller utgjøres av et komposittmateriale hvor fiberarmeringen utgjøres av overlagrede sjikt av fibere som er sammenføydd av fibere som strekker seg på tvers av disse lag, slik det kan oppnås ved nålkombinasjon, slik som ved teppeproduksjon og som f.eks. er beskrevet i US patentskrift 4.790.052. Materialet i det mellomliggende parti kan også med fordel være et C/C-komposittmateriale som i dette tilfellet i høyere grad anvendes for sine ildfaste egenskaper enn for sine konstruksjonsegenskaper.

Det er mulig å fremstille den delen som utgjør bærestrukturen og det mellomliggende parti som en enkelt blokk av C/C-komposittmateriale, som da den del som utgjør varmeskjoldet hardloddet til.

Materialet i den del som utgjør varmeskjoldet kan også med fordel være et materiale av CMC-type, f.eks. et SiC eller SiC/SiC-komposittmateriale (hvilket vil si et materiale med armeringsfibere av karbon eller av silisiumkarbid og som sammenholdes av en silisiumkarbidmatrise), og disse materialer er da bedre egnet enn C/C-komposittmaterialer for å utsettes for intens varmepåkjønning, særlig i en oksiderende atmosfære. En fordel ved varmeveksleren i henhold til oppfinnelsen ligger i muligheten for å velge de materialer som er best egnet for å utføre ved-

kommende termiske funksjoner, samt for å yte en varmevekslers mekaniske funksjoner, slik at det blir mulig å optimalisere fremstillingen av varmeveksleren med henblikk på ytelse og omfang.

I henhold til enda et annet særtrekk ved varmeveksleren i henhold til oppfinnelsen, er fluidsirkulasjonskanalene utformet i den ene side av mellomstykket, f.eks. ved maskinbearbeiding, og disse forøvrig delvis dannes av den tilstøtende vegg for en av de øvrige to konstruksjonsdeler. Fluidsirkulasjonskanalene vil da være særlig enkle å fremstille.

Hvis nødvendig kan kanalene gjøres lekkasjesikre ved å påføre et belegg på deres vegger, f.eks. et tynt sjikt av metallbelegg. Et slikt belegg kan påføres over hele de tilvendte sider av de konstruksjonsdeler som skal sammenstilles, for derved å lette hardloddningen, slik at disse sjikt også utgjør vedheftningslag for hardloddingsformål.

Det skal nå henvises til de vedføyde tegninger, hvorpå:

- Fig. 1 viser et snitt gjennom et varmevekslerelement som utgjør en første utførelse av oppfinnelsen;

- Fig. 2 viser funksjonstrinnene i en fremgangsmåte for å fremstille varmevekslerelementet i fig. 1;

- Fig. 3 er en uttrukket skisse av en jetmotors forbrenningskammerelement som utgjør en varmeveksler som innebærer en andre utførelse av oppfinnelsen; og

- Fig. 4 viser sterkt skjematisk et ramjetkammer som detaljert viser et vegg-element i forbrenningskammeret som utgjør en varmeveksler i form av en tredje utførelse av oppfinnelsen.

Fig. 1 viser et snitt gjennom en enhetlig blokk 10 som utgjør et varmevekslerelement. Denne blokk 10 kan utgjøre et veggelement av et indre rom hvor det foreligger meget krevende termiske forhold, f.eks. et veggelement av et plasmainsluttende kammer i en kjemereaktor av fusjonstype.

Varmevekslerblokken 10 omfatter et varmeskjold 12 hvis utside 12a er ment å utsettes for en varmetilstrømning, et mellomliggende parti 14 med fluidsirkulasjonskanaler 16, samt en bærestruktur 18. Det mellomliggende parti er innlagt mellom varmeskjoldet 12 og bærestrukturen 18, og det er forbundet med disse ved hjelp av hardloddning. Fluidsirkulasjonskanalene 16 er maskinbearbeidet inn i den side av det mellomliggende parti som befinner seg inntil varmeskjoldet 12, og

er tildekket av innsiden 12b av varmeskjoldet, slik at denne innsiden 12b således utgjør en del av kanalene 16. Disse kanaler 16 er anordnet for tilslutning til en krets for sirkulering av kjølefluid.

Varmeskjoldet 12, som er utsatt for de mest krevende temperaturforhold, er utført i et ildfast komposittmateriale, fortrinnsvis et materiale i form av en keramikkmatrise (CMC), f.eks. et komposittmateriale av C/SiC-type hvilket vil si med en karbonfiberarmering innlagt i en matrise av silisiumkarbid.

Mellompartiet er også utført i et ildfast komposittmateriale, f.eks. et C/C-komposittmateriale med en karbonfiberarmering innlagt i en karbonmatrise.

Bærestrukturen er utført i et termostrukturelt komposittmateriale og er utført for å utgjøre den bærende del av blokken 10. En slik bærestruktur kan foreligge i form av en bikubestruktur av C/C-komposittmateriale. En fremgangsmåte for å fremstille en slik struktur er beskrevet i US patent 5.415.715. Det er også mulig å bruke en bærestruktur i form av et C/C-komposittmateriale hvor fiberarmeringen utgjøres av plane sjikt av fibernetverk som er sammenføydd ved hjelp av fibre som strekker seg på tvers av disse sjikt. Som eksempel kan disse sjikt utgjøres av vevet duk, ensrettede sjikt som er innbyrdes overlappet i forskjellige retninger, filt-sjikt, o.s.v., og disse er da fortrinnsvis sammenføydd ved hjelp av nålkombinasjon. En fremgangsmåte for fremstilling av slikt C/C-komposittmateriale er beskrevet i US patent 4.790.052.

Fig. 2 angir de forskjellige prosessstrinn i en fremgangsmåte for fremstilling av utvekslerblokken 10.

Varmeskjoldet av CMC-materiale, f.eks. fremstilt i C/SiC-komposittmateriale, mellompartiet av C/C-komposittmateriale og bærestrukturen av C/C-komposittmateriale fremstilles alle hver for seg (trinnene 20, 22, 24). Fremgangsmåter for fremstilling av konstruksjonsdeler av komposittmateriale av C/C eller C/SiC-type ved å danne en fiberarmering eller forform, og derpå innleire fiberarmeringen i en matrise er velkjent. Innleiringen kan utføres ved kjemisk dampinfiltrering eller ved impregnering under bruk av en forform for matrisen i flytende form og derpå fortette omformen ved hjelp av varmebehandling.

Kanalene 16 er maskinbearbeidet inn i en av sideflatene av mellompartiet 14 (trinn 26).

Deretter kan et metallbelegg påføres de sideflater av mellompartiet som henholdsvis er vendt mot varmeskjoldet og mot bærestrukturen, over hele sidefla-

tene (trinn 28). Dette metallbelegg er valgt påført for å forbedre fuktbarheten for den hardloddingslegering som derpå anvendes for sammenstilling av de forskjellige deler, og således for å forbedre hardloddingslegeringens vedheftning. Metallbelegget tjener også til å gjøre veggene i fluidsirkuleringskanalene sikre mot lekkasje. De C/C-komposittmaterialer eller de oppnådde CMC-materialer som er nevnt ovenfor oppviser uunngåelig gjenværende porøsitet som må lukkes på overflaten for å sørge for at kanalene blir lekkasjesikre.

Metallbelegget, som f.eks. kan være av titan, krum, zirkonium, hafnium eller beryllium, kan påføres ved kjemisk damp påføring eller ved katodeforstøvning i vakuum.

I tilfelle det vil være unødvendig å ha et metallbelegg for vedheftning av hardloddingslegeringen, vil belegget likevel være nødvendig for å lekkasjesikre veggene i kanalene 16. En slik lekkasjesikring kan da utføres ved å påføre et tetningslag på i det minste de maskinbearbeidede deler av mellompartiet og de tilvendte deler av den inntilliggende side av varmeskjoldet. Tetningssjiktet kan da være påført ved kjemisk dampavsetning. Sjiktet kan være metallisk eller ikke-metallisk, idet det f.eks. kan utgjøres av karbon eller keramikk.

Hardloddningen (trinn 29) utføres ved å påføre et lag av hardloddingslegering på vedkommende flater for sammenstilling av mellompartiet, varmeskjoldet og bærestrukturen, nemlig ved å holde denne sammenstilling sammen i en fikstur, og ved å heve dens temperatur til den korrekte loddetemperatur for den hardloddingslegering som anvendes. Denne legering er valgt fra de kjente legeringer for hardloddning av keramer eller ildfaste materialsammenstillinger til hverandre eller til metaller, f.eks. de legeringer som selges under handelsnavnet «TiCuSil» eller «Cu-ABA» av selskapet Wesgo, Inc. i USA. Det kan henvises til ovennevnte patentsøknad WO 98/03297 samt til en artikkel av A.G. Foley og D.J. Andrews, med tittelen «Active metal brazing for joining veramics to metals», GEC Alsthom Technical Review, nr. 13, februar 1994, Frankrike, sidene 49-64.

Fig. 3 viser i en uttrukket skisse en annen utførelse av en varmeveksler i henhold til oppfinnelsen og som utgjør et element 30 av en jetmotors forbrenningskammer. Varmeskjoldet 32 er et aksialsymmetrisk ringformet stykke med et sylinderformet fremre parti som går over i et bakre stumpkonisk parti. Varmeskjoldet 32 er utført i et eneste stykke av CMC-komposittmateriale, f.eks. av C/SiC-komposittmateriale. Fiberforsterkningen av dette komposittmateriale er utført ved

å vikle en fiberduk på en dor av passende form, og den resulterende armeringsform legges inn i en matrise av komposittmaterialet.

Fluidsirkuleringskanalene 36 utformes i aksial retning ved maskinbearbeiding av en sidevegg av et mellomstykke 34 som er vendt mot varmeskjoldet 32. Mellomstykket 34 er utført i et C/C-komposittmateriale. Kjølefluidet er et brennstoff som oppvarmes ved passasje gjennom varmeveksleren før det innsprøytes i forbrenningskammeret. Fluidtilførselen og utløpsåpningene 33a og 33b er utformet gjennom varmeskjoldet 32 nær dets aksiale ytterender, samt i nivå med de utarbeidede omkretsspor, slik som 37 ved forenden og akterenden av mellomstykket, slik at de utgjør manifolder for fordeling av fluidet på kanalene 36 ved den ene ytterende og oppsamling av fluidet fra kanalene ved den annen ytterende.

Mellomstykket 34 er fastgjort til en bærestruktur 38 i form av en ringformet struktur av C/C-komposittmateriale. Dette er dannet ved å vikle overlagrede sjikt av et fibernetverk på en dor og ved å binde sjiktene sammen ved hjelp av fibre som strekker seg på tvers av disse sjikt, f.eks. ved nålkombinasjon, hvoretter den resulterende ringformede forform legges inn i en karbonmatrise. Fremgangsmåten for fremstilling av nålkombinerte ringformede forformer for å danne armering i konstruksjonsdeler utført i C/C-komposittmateriale er beskrevet i ovenfor nevnte US patentskrift 4 790 052.

Bærestrukturen 38 og mellomstykket kan fremstilles som to deler som sammenstilles ved hardlodning, eller de kan utføres som en enkelt del, slik som i det viste eksempel.

Varmeskjoldet 32 hardloddet til den side av mellomstykket som oppviser kanalene 36 og omkretssporene 37.

Hardlodningen utføres som beskrevet ovenfor under henvisning til fig. 1 og 2, eventuelt etter å ha påført et belegg av metall som hardloddingslegeringen kan hefte seg til, og i det minste etter å ha dannet av avtettingsbelegg på veggene av kanalene 36 og sporene 37.

Fig. 4 er meget skjematisk og viser en ramjetstruktur med en vegg 40 som utgjør en varmeveksler i henhold til oppfinnelsen.

Veggen 40 har en oppbygning som i sin struktur er analog med blokken 10 i fig. 1, og den er fremstilt på lignende måte. Varmeskjoldet 42 som befinner seg på innsiden av veggen, er utført i CMC-materiale, f.eks. av V/SiC. Den er hardloddet til et mellomparti 44 over en sidevegg med kanaler 46 som er maskinbearbeidet

inn i veggen, og hvor den side av mellompartier 44 som er utstyrt med kanalene er dekket av varmeskjoldet 42. Kanalene 46 fører et fluid som utgjøres av et brennstoff som sprøytes inn i forbrenningskammeret etter å ha blitt oppvarmet ved passasje gjennom veggen 40.

Mellompartiet 44 er utført i C/C-komposittmateriale og er slagloddet til en bærestruktur 48 som likeledes er fremstilt i C/C-komposittmateriale. En bærestruktur kan med fordel foreligge i form av en bikubestruktur for derved å gjøre sammenstillingen så lett som mulig. Hardloddningen, den eventuelle dannelse av et metallbelegg for vedheftning på de sidevegger som skal slagloddet sammen, samt dannelsen av et tetningsbelegg på veggene av fluidsirkulasjonskanalene utføres alle som beskrevet under heving til fig. 1 og 2.

Ovenfor er det forutsatt at fluidsirkulasjonskanalene er utformet i den sidevegg av mellompartiet som befinner seg inntil varmeskjoldet. Dette er en foretrukket anordning. Kanalene kan likevel være utformet i den sidevegg av mellomstykket som befinner seg inni til bærestrukturen.

PATENTKRAV

1. Varmeveksler av komposittmateriale,
karakterisert ved at den omfatter et mellomparti (14; 34; 44) av ildfast
komposittmateriale hvori det er utformet fluidsirkulasjonskanaler (16; 36; 46), og
5 dette mellomparti er innlagt mellom en del utført i ildfast komposittmateriale og
som danner et varmeskjold (12; 32; 42) og en del utført i termostrukturelt kompo-
sittmateriale og som danner en bærestruktur for varmeveksleren (18; 38; 48), idet
disse deler som utgjøre varmeveksleren er sammenstilt innbyrdes ved hjelp av
hardlodning.

10 2. Varmeveksler som angitt i krav 1,
karakterisert ved at mellompartiet (14; 34; 44) er av C/C-kompositt-
materiale.

15 3. Varmeveksler som angitt i krav 1 eller 2,
karakterisert ved at det parti som danner et varmeskjold (12; 32; 42) er
av keramikkmatrisekomposittmateriale.

20 4. Varmeveksler som angitt i krav 3,
karakterisert ved at den del som danner et varmeskjold (12; 32; 42) er
utført i C/SiC- komposittmateriale.

25 5. Varmeveksler som angitt i ett av kravene 1 til 4,
karakterisert ved at den del som danner en bærestruktur (18; 38; 48) er
utført i C/C-komposittmateriale.

30 6. Varmeveksler som angitt i ett av kravene 1 til 5,
karakterisert ved at fluidsirkulasjonskanalene (16; 36; 46) er utformet i
en sideflate av mellompartiet (14; 34; 44) og utgjøres delvis av den tilstøtende
vegg av en av de øvrige to bestanddeler.

7. Varmeveksler som angitt i ett av kravene 1 til 6, karakterisert ved at fluidsirkulasjonskanalene (16; 36; 46) er påført et lekkasjesikringsbelegg.

5 8. Varmeveksler som angitt i ett av kravene 1 til 7, karakterisert ved at den del som danner en bærestruktur har en bikubeoppbygning

9. Varmeveksler som angitt i ett av kravene 1 til 7, karakterisert ved at den del som danner en bærestruktur (18; 38; 48) er av et komposittmateriale som omfatter en fiberarmering med flere overlagrede fibersjikt som er sammenføyd av fibre som forløper på tvers av disse sjikt.

10 10. Veggelement (30; 40) for forbrenningskammer for en ramjet, karakterisert ved at det omfatter en varmeveksler i samsvar med hvilke som helst av kravene 1 til 8.

11. Fremgangsmåte for fremstilling av en varmeveksler av komposittmateriale, hvor fremgangsmåten er karakterisert ved at den omfatter:

- 20 - fremstilling av et mellomparti av ildfast komposittmateriale og utstyrt med fluidsirkulasjonskanaler;
- fremstilling av et varmeskjoldparti av ildfast komposittmateriale;
 - fremstilling av et bæreparti fra termostrukturelt komposittmateriale; og
 - sammenstilling av de forskjellige partier ved hjelp av hardlodding, (idet det
- 25 mellomliggende parti anordnes mellom varmeskjoldpartiet og bærepartet.

12. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, karakterisert ved at fluidsirkulasjonskanalene dannes ved maskinbearbeiding på en sideflate av mellompartiet.

30 13. Fremgangsmåte som angitt i krav 11 eller 12, karakterisert ved at mellompartiet utføres i C/C-komposittmateriale.

14. Fremgangsmåte som angitt i krav 11 eller 13, karakterisert ved at lekkasjesikringsbelegg påføres på veggene av fluidsirkulasjonskanalene.

5 15. Fremgangsmåte som angitt i krav 14, karakterisert ved at lekkasjesikringsbelegget dannes ved at det påføres et metallsjikt.

10 16. Fremgangsmåte som angitt i ett av kravene 11 til 15, karakterisert ved at varmeskjoldpartiet utføres i keramikkmatrisekomposittmateriale.

15 17. Fremgangsmåte som angitt i ett av kravene 11 til 16, karakterisert ved at bærerpartiet utføres i C/C-komposittmateriale.

18. Fremgangsmåte som angitt i ett av kravene 11 til 17, karakterisert ved at det fremstilles et parti med bikubestruktur.

20 19. Fremgangsmåte som angitt i ett av kravene 11 til 17, karakterisert ved at bærepertiet utføres i et komposittmateriale med fiberarmering innlagt i en matrise, og denne fiberarmering fremstilles ved overlaging av flere fibersjikt og nålkombinasjon av disse.

25 20. Fremgangsmåte som angitt i ett av kravene 11 til 19, karakterisert ved at et metallsjikt for vedheftning av hardloddingslegering dannes på tilvendte sidevegger av de partier som skal sammenstilles ved hjelp av hardloddning.

30 21. Fremgangsmåte som angitt i krav 20, karakterisert ved at fluidsirkulasjonskanalene fremstilles ved å maskinbearbeide en sidevegg av mellompartiet, og som skal dekkes av en tilstøtende flate på et annet parti, idet metallsjiktet dannes på denne side av mellompartiet etter at kanalene er blitt dannet ved maskinbearbeiding, samt også på vedkom-

mende tilstøtende sideflate, på en slik måte at metallaget også utgjør et belegg for lekkasjesikring av veggene i fluïdsirkulasjonskanalene.

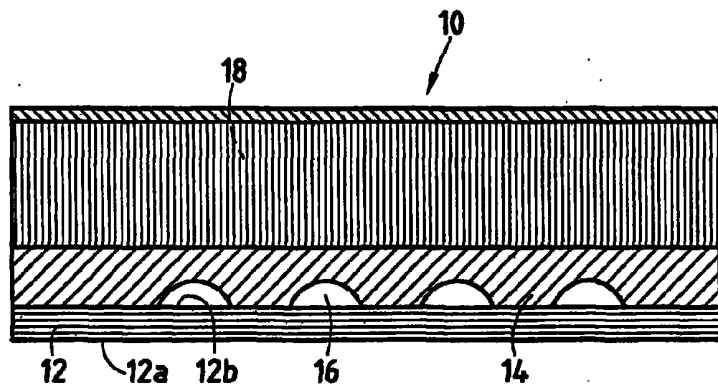


FIG.1

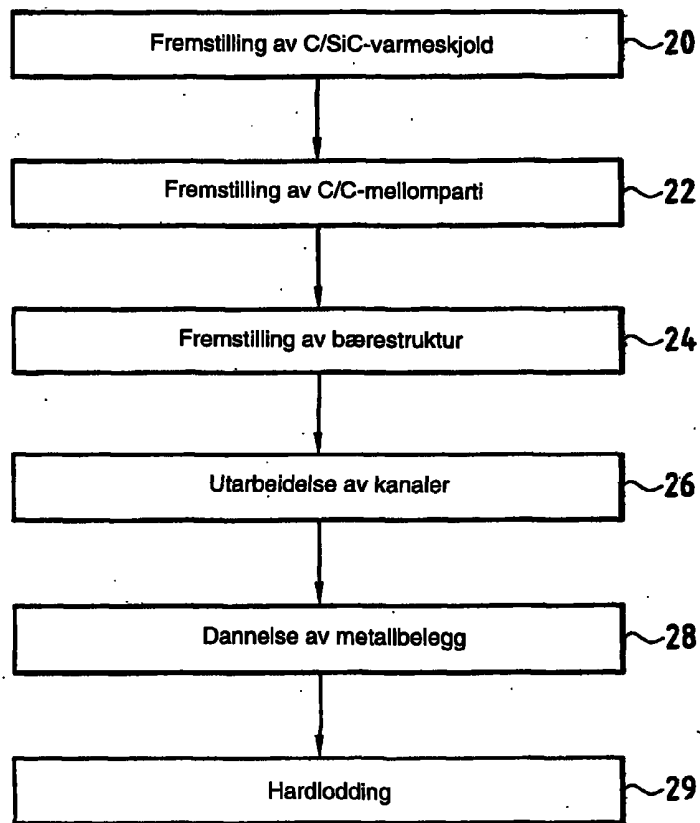


FIG.2

