



Patentdirektoratet
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 2735/90

(51) Int.Cl.5

H 05 B 6/02

(22) Indleveringsdag: 16 nov 1990

C 23 C 16/54

(24) Løbedag: 11 maj 1989

(41) Alm. tilgængelig: 16 nov 1990

(44) Fremlagt: 30 mar 1992

(86) International ansøgning nr.: PCT/GB89/00505

(86) International indleveringsdag: 11 maj 1989

(85) Videreførelsesdag: 16 nov 1990

(30) Prioritet: 19 maj 1988 GB 8811893

(71) Ansøger: The *Secretary of State for Defence in her Britannic Majesty's Government of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland; Whitehall; London SW1A 2HB, GB

(72) Opfinder: Paulette Shafik *Sidky; GB, Michael Gwyn *Hocking; GB

(74) Fuldmægtig: Internationalt Patent-Bureau

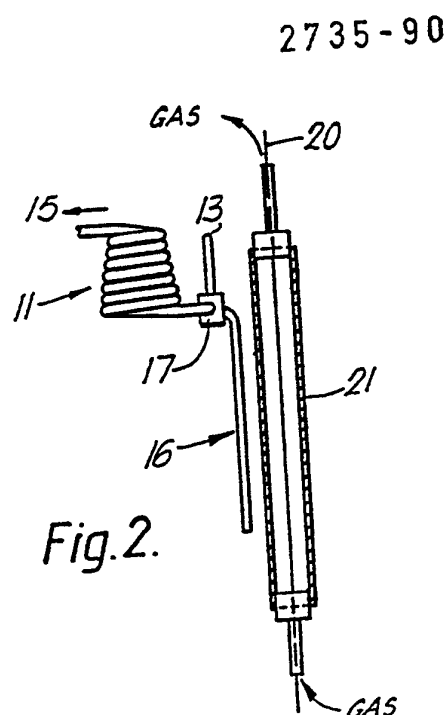
(54) Arrangement til kontaktløs opvarmning af tynde filamenter

(56) Fremdragne publikationer

(57) Sammendrag

2735-90

Arrangement til kontaktløs opvarmning af tynde filamenter indbefatter midler til lineær understøttelse af en længde filament (10), en induktionsspole (11) opstillet nær ved filamentet, med spolens akse parallelt med filamentlængden, en med spolen forbundet kilde (15) for vekselstrøm i HF- til UHF-båndet, og en ledende stav (16) forbundet med en endevinding af spolen (11) og opstillet i hovedsagen parallelt med filamentlængden. Arrangementet er således indrettet, at der sker opvarmning af filamentet nær ved den ledende stav. Filamentet (20) ledes igennem et vertikalt, cylindrisk kammer (21), hvori der opretholdes reducerende atmosfære. Spolen (11) har ikke-konstant diameter, idet diameteren er større i den ende (14), hvor staven (16) er monteret, medens den modstående ende (12) af spolen er jordsluttet (13). Staven (16) kan være formet således, at mellemrummet mellem staven og filamentet varierer over længden af staven, hvorved temperaturprofilen langs den opvarmede del af filamentet varierer. Der anvendes som vekselstrømkilde (15) en røroscillator i klasse C i induktionsovn. En sådan energikilde har mange harmoniske.



Opfindelsen angår opvarmning af tynde filamenter og navnlig opvarmning af tynde, elektrisk ledende filamenter, til eksempelvis kemisk damppåføring eller zonerrefinering, med henblik på opnåelse af forbedrede egenskaber.

Ved kemisk damppåføring kan der dannes ildfaste højstyrkefilamenter ved overtrækning af fine ildfaste filamenter med højstyrkematerialer såsom bor- og siliciumkarbid. Sådanne sammensatte filamenter udviser et højt styrke/vægt-forhold og er nyttige som forstærkningsmaterialer i plast, metaller eller keramik.

Den sædvanlige kemiske damppåføring går ud på at opvarme substratfilamentet til en tilstrækkelig høj temperatur til at bevirke reaktion og påføring af råmaterialer i dampfase. Et problem, man støder på ved modstandsopvarmning af substratfilamentet, er opretholdelsen af god elektrisk kontakt med filamentet for at undgå variationer i resistansen under den elektriske opvarmningsproces. Man kan holde korte længder af filament mellem carbonelektroder, men det er yderst vanskeligt at opretholde god elektrisk forbindelse med et filament, der er i bevægelse.

Der opstår vanskeligheder, når man anvender messing, carbon eller andre materialer til dannelse af kontakt med wolframfilamenter i bevægelse, når overtræk af f.eks. siliciumkarbid begynder at dannes. Dette skyldes tildels mangel på konduktivitet hos overtrukket af siliciumkarbid. Man har tidligere anvendt kviksølv, men der er stadigvæk vanskeligheder, når overtræk begynder at dannes, og ydermere den vanskelighed, der ligger i, at man skal arbejde med et stof, der afgiver toksiske dampe. Brugen af kviksølvkontakter har også den ulempe, at filamentet forurenes af kviksølvet. Normalt spoles filamentet fra et spolelegeme over til et andet spolelegeme og forsøg på af skabe elektrisk kontakt ved spolelegemerne i stedet for ved to punkter af

det i bevægelse værende filament har resulteret i temperaturfluktuationer på grund af de forekommende ændringer i filamentresistans.

Ifølge den gældende teori kan man ikke anvende
5 induktionsopvarmning med f.eks. kobberspoler i en induktionsovn til opvarmning af tynde filamenter, idet skineffekten begrænser det opvarmede volumen til et tyndt lag rundt om tråden. Dette lags tykkelse er omvendt proportional med induktionsovnens frekvens og er
10 større end filamentdiameteren for 60 μ -filamenter til HF-induktionsovne. Dette betyder, at der rundt om tråden ikke kan være netto-hvirvelstrøm til opvarmning af tråden. For induktionsovne med frekvenser på f.eks. 450 kHz, 13,5 MHz eller 430 MHz og for en wolframtråd på
15 1200°C vil der være tale om skindybde på hhv. ca. 0,05 cm, 0,01 cm og 0,0016 cm. For at opvarmningen kan lykkes, må tr addediameteren derfor være væsentlig større end skindybden. Dette udelukker derfor muligheden for at anvende de første to frekvenser til opvarmning af et 60
20 μ -wolframfilament. Et andet væsentligt problem er, at for en effektiv opvarmning, må mellemrummet mellem overfladen på filamentet og kobber-induktionsspolen være lille, men dette mellemrum er naturligvis meget stort mellem et tyndt filament og selv den mindste diameter af en vandkølet kobberspole. Dertil kommer, at i
25 det tilfælde, hvor der er tale om kemisk damp påføring i et reaktionskammer, der indeholder en reaktant i dampfase, er der behov for et stort mellemrum mellem filamentet og kobberspolen. Fra US-A-3 754 112 og US-A-3
30 811 940 er det kendt at anvende flere koaksiale, afstemte induktionskredse, der er fordelt over længden af en tråd eller et filament. Sådanne arrangementer er indviklede og kræver separat afstemning af de enkelte induktionskredse, sædvanligvis kvartbølgeafstemning, og
35 beror på vekselvirkningen mellem de frembragte elektriske felter til at skabe cirkulerende opvarmningsstrøm.

Opfindelsen giver anvisning på et arrangement til kontaktløs opvarmning af tynde filamenter, hvor de ovenfor nævnte vanskeligheder afhjælpes. Opfindelsen kan finde vidt forskellige anvendelser og dækker et
5 bredt spektrum af områder såsom kemisk damppåføring, keramiksintring, opvarmning af ledende og halvledende, filamentformede ekstrusionsprodukter.

Opfindelsen giver anvisning på et arrangement til kontaktløs opvarmning af tynde filamenter, og om-
10 fattende:

midler til understøttelse af en længde filament i lineær udstrækning,

en nær ved filamentet beliggende induktionsspole, hvis akse er parallel med denne filamentlængde,

15 en med spolen forbundet kilde for HF-, VHF- eller UHF-vekselstrøm, samt et ledende induktionselement, der er tilsluttet en ikke-jordsluttet ende af induktionsspolen, og er opstillet i hovedsagen parallel med filamentlængden,

20 hvorhos arrangementet er således indrettet, at opvarmningen af filamentet finder sted i nærheden af det ledende induktionselement.

I henhold til opfindelsen og til forskel fra de kendte arrangementer er det filament, der skal opvarmes, placeret uden for spolen, og det tilhørende induktionselement, der kan være udformet som en stav, der lige som spolen fortrinsvis består af kobber, er placeret i passende afstand fra filamentet, typisk ca. 2 cm, og længden af staven bestemmer længden af opvarmnings-
30 zonen. Typisk placeres staven parallelt med filamentet for i opvarmningszonen at opnå en ensartet opvarmning (op til det rødglødende temperaturinterval eller mere). Det har været uventet at kunne foretage opvarmning på denne måde og den præcise mekanisme, hvormed energien
35 overføres fra staven til filamentet er ikke klarlagt. Staven er fortrinsvis tilsluttet den sidste vinding af

spolen, men den kan også være tilsluttet en hosliggende vinding ved enden af spolen.

Hensigtsmæssigt har spolen en ikke-konstant diameter, idet diameteren er større ved den ende, hvor staven er fastgjort. Det er hensigtsmæssigt at jordslutte den nederste ende af filamentet et sted fjernt fra spolen, hvorved den fornødne effekt til opvarmning af filamentet reduceres og opvarmningszonen gøres længere. Hensigtsmæssigt udgøres spolen af udgangsspolen i en induktionsovn, og den afstemmes, og vekselspændingen øges op til den fornødne effekt til "brænding", dvs. tråden opvarmes. Når denne værdi er kendt kan ovnen slukkes og tændes til næsten øjeblikkelig opvarmning. Temperaturer op over det rødglødende temperaturområde kan ændres ved ændring af effekten. I lavtemperaturområdet har opvarmningen karakter af en vibrerende, aflang, dråbeformet zone. Hvis temperaturen nedsættes yderligere er der slukning. Ved modsat at øge temperaturen får man en mere ensartet opvarmning. Oxydering eller overtrækning af tråden fører også til mere ensartet opvarmning. Ved at ændre lidt på positionen af staven eller på stavens form kan man også styre temperaturvariationerne langs det tynde filament (rødglødende eller varmere). For staven kan der anvendes andre materialer end kobber. Staven kan også udgøres af et rør. Typisk er spolen lavet af et kobberrør i diameter på 0,63 cm, med ni vindinger med inderdiameter på 3,5 cm, voksende op til 5,2 cm ved den ikke-jordsluttede ende (dette er dog ikke kritisk), og spolen har en længde på 8 cm. Hensigtsmæssigt udgøres effektkilden af et klasse C-oscillatorrør i induktionsovnen. Denne oscillatortype har mange harmoniske, der forventes at bidrage til den konstaterede opvarmning. På én spole kan der opstilles flere ledende stave til opvarmning af flere filamenter.

Opfindelsen forklares nærmere i det følgende under henvisning til den skematiske tegning, hvor

fig. 1 illustrerer princippet for opfindelsen,
fig. 2 er et sidebillede af en del af et arrangement i henhold til opfindelsen, og

fig. 3 viser en induktionsovn's udgangstrin til
5 forsyning af spolen i henhold til opfindelsen.

Fig. 1 viser et vertikalt opstillet filament
10, der skal opvarmes og som eksempelvis består af wolfram. En induktionsspole 11 af kobber er placeret
nær ved filamentet 10, med i hovedsagen vertikal
10 spoletakse. Spolen 11 er således udformet, at dens
øverste tre vindinger har voksende diameter og indbyrdes
afstand, hvilket dog ikke er kritisk. Den ende 12,
hvor spolediameteren er mindst, er jordsluttet ved 13,
medens den ende 14, hvor den har større diameter, er
15 tilsluttet en resonansoscillator 15, der arbejder i
HF- til UHF-båndet. En klemme 17 holder en kobberstav
16 fast på den sidste, brede vinding ved spolens ende
14. Kobberstaven 16 er udformet med en retliniet part
AB, der er parallel med filamentet 10, og en buet part
20 BC i indgreb med klemmen 17. Den lige part AB af kobberstaven
bestemmer den længde af filamentet, dvs. den
zone 18 heraf, der opvarmes, når spolen 11 får tilført
vekselstrøm. Kobberstaven 16 kan typisk være
placeret ca. 2 cm fra filamentet 10.

25 Fig. 2 viser et sidebillede af en del af et
praktisk arrangement, hvori et tyndt filament 20 kan
føres igennem et cylindrisk rør 21, der indeholder en
reducerende gasblanding af argon og hydrogen under atmosfærisk tryk. Når man ønsker kemisk damppåføring,
30 bringes de passende gasarter til at cirkulere gennem
det cylindriske rør 21. I dette arrangement anvendes
der kobberrør både for spolen 11 og den lige stavpart
16. Filamentet 20 ledes opad gennem det cylindriske
rør 21 fra et spoletegeme og det behandlede filament
35 opspoles på et oven over røret placeret spoletegeme af
træ. På de steder hvor filamentet træder ind i røret

21 og forlader dette rør er det hensigtsmæssigt at anvende gastætninger, som holder reaktionsgassen tilbage i røret 21, men tillader friktionsløs bevægelse af filamentet og forhindrer gasser og dampe i udefra at trænge ind i røret. Hensigtsmæssigt kan afspolingslegemet være jordforbundet, medens opspolingslegemet består af træ (eller andet ikke-ledende materiale) for herved at undgå jordforbindelse eller kapacitiv jordtilslutning, som kunne bevirke en uønsket RF-opvarmning af tråden, når den kommer ud i luften mellem glasapparatet og opspolingslegemet.

Fig. 3 viser et konventionelt udgangstrin på en klasse C-oscillator til en induktionsovn, til tilførsel af RF-vekselstrøm til terminaler 31, 32 på opvarmningsspolen 11. En højspændingskilde HT er tilsluttet anoden i et rør 33 af typen YD 1162 og en trimkondensator 34 med kapacitans på 15-45 pF tjener til afstemning. For wolframtråde med diameter på 40 og 60 μ er der behov for en effekt på ca. 500 W på anoden i røret til en klasse C-oscillator i induktionsovnen. En klasse C-oscillator afgiver et signal med mange harmoniske, som forventes at bidrage til opvarmningseffekten. Når ovnen er afstemt og den fornødne effekt til "brænding" (firing) af filamentet fundet konstaterer man, at brænding af filamentet næsten øjeblikkeligt kan aktiveres ON/OFF ved ON/OFF-aktivering af forsyningen. Der er en minimumstærskel under hvilken brænding ikke forekommer. De bedste resultater fås, når induktionsovnen er lidt forstemt. Under visse forhold kan der være aflang, dråbelignende opvarmningseffekt, som kan minimeres ved forstemning. Der kræves øget effekt for tråde af større diameter. Opvarmningen forventes at starte ved ca. 800°C, uden øvre grænse. Under ca. 900°C er opvarmningen lidt aflang, dråbelignende, og der er slukning under ca. 800°C. Af hensyn til beskyttelse mod udstråling bør hele arrangementet være anbragt i et kabinet af fint maskenet, der er jordforbundet.

Oscillatoren kan arbejde i HF- til UHF-båndet. Udover opvarmning af ledende filamenter af wolfram, når de f.eks. skal overtrækkes med siliciumkarbid, kan opfindelsen anvendes til opvarmning af sammensatte filamenter bestående af en kore af ledende materiale og et overtræk af halvledermateriale. Den stav eller det rørstykke, der er forbundet med spolen, kan formes således, at der langs filamentet fås en anden given temperaturprofil end den konstante temperatur, man opnår, når staven og filamentet er parallelle med hinanden. Det har vist sig, at filamentet kun opvarmes effektivt overfor staven, hvorfor opvarmningszonen er veldefineret. Til afstemning af induktionsovn er det nødvendigt at have i det mindste nogle få vindinger til resonans. Medens der kun er vist én enkelt opvarmningsstav, kan det være ønskeligt at have flere stave, der er fordelt rundt om filamentet. Staven kan være forbundet med en spolevinding nær ved endevindingen, men dette er dog ikke den foretrukne udførelsesform. Forsøgene har demonstreret, at opfindelsen virker for tråde med diameter på 40 til 500 μ . Hvis man med denne metode opvarmer carbonfibergarn viser det sig, at de mange, meget fine fiberender - diameter på ca. 5 μ - der findes på et sådant garn, hurtigt bliver hvidglødende under lav effekt, medens resten af garnet ikke når at blive rødglødende. Dette beviser, at metoden også virker yderst effektivt til opvarmning af fine filamenter med meget lille diameter på f.eks. 5 μ .

Det meste af arbejdet med opfindelsen har fundet sted under anvendelse af en 6 kW induktionsovn på arbejdsfrekvensen på 13,5 MHz (godkendt standardfrekvens) med et udgangsrør af typen YD 1162. Når der blev anvendt en induktionsovn med arbejdsfrekvens på ca. 500 kHz har det vist sig, at der under HF-båndets nedre grænse ikke forekom opvarmning af filamenter. Tilførsen af RF-energi til spolen og staven sker gennem ledende

stænger og disse kan kobles til et hvilket som helst punkt af den radiofrekvente udgangskreds. Der er ikke behov for lave gastrykværdier, da opfindelsen virker under atmosfæretryk. Opfindelsen har også vist sig at virke under tryk lavere end atmosfæretryk samt også i vakuum.

Medens opfindelsen i det foregående er beskrevet i forbindelse med opvarmning af wolframtråde, er den også blevet demonstreret med en sølvpletteret platintråd med diameter på 5 μ . Til spolen og staven kan der udover kobber også anvendes messing eller aluminium. Rundstaven kan iøvrigt erstattes med en strimmel eller en folie. Strimlen eller folien kan være retliniet eller også være skrueviklet eller på anden måde foldet rundt om den cylindriske beholder eller om det rum, igennem hvilket tråden eller filamentet føres. Strimlen eller folien kan opstilles således, at den helt eller delvis omslutter filamentet. Hvis den helt omslutter filamentet, har man dog den ulempe, at man ikke længere kan iagttage filamentet.

En anden anvendelse af opfindelsen er påføringen af et isolerende overtræk på en ledende tråd. For eksempel kan man overtrække jern med aluminiumoxyd, hvorved tråden bliver inert og gøres velegnet som forstærkningsmateriale.

Medens opfindelsen er beskrevet under anvendelse af en kontinuert virkende RF-energikilde skal det bemærkes at man også kan anvende en impulsaktiveret RF-kilde.

30

P A T E N T K R A V

1. Arrangement til kontaktløs opvarmning af tynde filamenter (10) og af den art, der indbefatter midler til understøttelse af en længde filament i lineær udstrækning, k e n d e t e g n e t ved,

- at der nær ved filamentet findes en induktionsspole (11), hvis akse er parallel med denne filamentlængde,

- at der findes en med spolen forbundet kilde (15) for vekselstrøm i HF- til UHF-frekvensbåndet, og

- at et ledende induktionselement (16) er tilsluttet en ikke-jordsluttet ende (14) af induktionsspolen og opstillet i hovedsagen parallelt med filamentlængden, hvorhos arrangementet er således indrettet, at opvarmningen af filamentet finder sted i nærheden af det ledende induktionselement.

2. Arrangement ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at elementet (16) er forbundet med den sidste vinding af induktionsspolen.

3. Arrangement ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at spolen (11) ikke har konstant diameter, idet dens diameter er større ved den ende (14), som induktionselementet (16) er forbundet med.

4. Arrangement ifølge ethvert af kravene 1-3, k e n d e t e g n e t ved, at den ende (12) af spolen, der vender bort fra den ende heraf, der bærer induktionselementet, er jordforbundet.

5. Arrangement ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at filamentet (10) og spolen (11) befinder sig i en induktionsovn.

6. Arrangement ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at induktionselementet (11) er således udformet, at der er varierende adskillelse mellem induktionselementet og filamentet over induktionselementets længde, hvorved temperaturprofilen langs den opvarmede del af filamentet kan ændres.

7. Arrangement ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at induktionselementet (11) udgøres af en metalstav eller -tråd.

8. Arrangement ifølge ethvert af kravene 1-6, k e n d e t e g n e t ved, at spolen (11) og induktionselementet (11) udgøres af kobberrør.

9. Arrangement ifølge ethvert af kravene 4-7, k e n d e t e g n e t ved, at vekselstrømkilden (15) er en klasse C-røroscillator anbragt i induktionsovn.

10. Arrangement ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at frekvensen i hovedsagen er på 13,6 MHz.

5 11. Arrangement ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at filamentet (20) befinder sig i et cylindrisk kammer, der indeholder reducerende atmosfære, og at spolen (11) og induktionselementet (16) befinder sig nær ved kammeret.

Fig. 1.

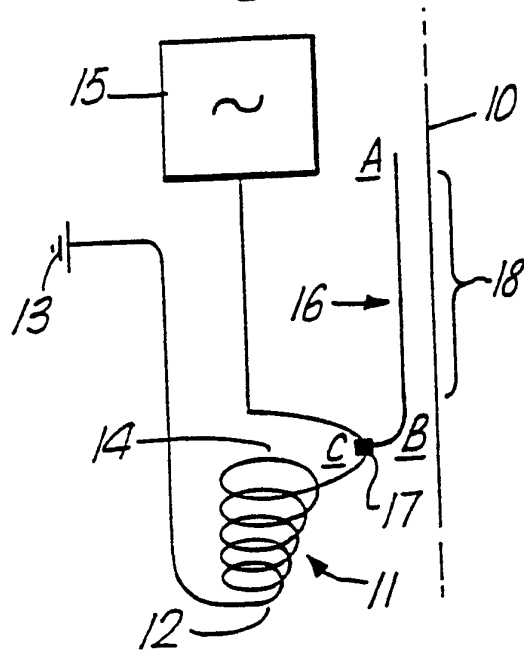


Fig. 2.

