



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00126

(22) Data de depozit: 26/02/2019

(41) Data publicării cererii:  
28/08/2020 BOPI nr. 8/2020

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL PENTRU FIZICA  
LASERILOR, PLAȘMEI ȘI RADIAȚIEI -  
INELPR, STR. ATOMIȘȚILOR NR. 409,  
MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:  
• POPOVICI ERNEST, ALEEA REȘIȚA D  
NR. 7, BL. A 5, SC. B, ET. 3, AP. 26,  
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;  
• MIHĂILESCU ION, STR. FIZICIENILOR  
NR. 70, BL. M6, AP. 9, MĂGURELE, IF, RO;  
• RISTOSCU CARMEN-GEORGETA,  
STR. FIZICIENILOR 28, BL. O5, AP. 4,  
MĂGURELE, IF, RO;  
• MIHĂILESCU CRISTIAN,  
STR. FIZICIENILOR 10, BL. M6, AP. 9,  
MĂGURELE, IF, RO;  
• POPESCU PELIN GIANINA FLORENTINA,  
STR. BERBECULUI, NR. 5, MĂGURELE, IF,  
RO;

• BADICEANU MARIA, STR. PECINEAGA  
NR. 7, BL. 25, SC. 7, D2, AP. 8, SECTOR 5,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• IONIȚA ANTON, STR. DUZILOR NR. 127,  
MĂGURELE, IF, RO;  
• GAVRILA FLORESCU CARMEN LAVINIA,  
STR. MALCOCI NR. 2, BL. 36B, AP. 98,  
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;  
• NECSOIU TEODOR,  
ALEEA LT. AV. GHEORGHE STILPEANU  
NR. 1, BL. 1, SC. 1, ET. 10, AP. 37, SECTOR 1,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• POPOVICI IOAN RĂZVAN, ALEEA  
REȘIȚA D, NR. 7, BL. A5, SC. B, AP. 26,  
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;  
• CHIOIBAȘU DIANA, STR. CIREȘAR  
NR. 12, BL. 1, SC. A, ET. 2, AP. 20,  
BRAGADIRU, IF, RO;  
• POPESCU ANDREI, STR. FIZICIENILOR  
NR. 10, BL. M6, ET. 3, AP. 11, MĂGURELE, IF,  
RO

(54) CAP DE DEPNUNERE COAXIAL CONTINUĂ CU SINTEZA  
IN SITU DE NP

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un cap de depunere coaxial continuă, cu sinteză *in situ* de nanoparticule, care face posibilă alierea cu nanopulberi a depunerilor de pulberi micrometrice de nanoparticule de SiC, carbon sau nanotuburi de carbon, utilizând laserul de mare putere, invenția având aplicații în domeniul ingineriei aplicate, a ingineriei informațiilor, a ingineriei industriale, a ingineriei mecatronice, a nanoingineriei, a ingineriei sistemelor și a altor domenii asemenea. Capul de depunere conform invenției este constituit dintr-un modul (MF) de focalizare a fascicului laser, cu interfață electromecanică ce asigură modificarea/ajustarea distanței (Lf) de focalizare a fascicului laser colimat și, în același timp, poate executa și deplasarea în plan pe două direcții pentru alinierea/coaxializarea focarelor utilizate în fenomenul de depunere, luând ca referință muchia capului de depunere; un sistem optic a modului (MF) de focalizare este protejat de o fereastră (PG) de protecție, a cărei temperatură este controlată cu un senzor de temperatură, fiind spălat și protejat de un gaz neutru (PGO) aflat sub presiune, care, printr-o diafragmă (AF), ajunge în zona de proces; canalele de injecție a gazelor sunt determinate de componentele (A, B și C), prin fereastra (PG) de protecție putând fi observată alimentarea gazelor precursorare  $\text{SiH}_4/\text{C}_2\text{H}_2/\text{Ar}$  în canalele de scurgere, are o zonă (PWF) de alimentare cu pulbere micrometrică de depunere, un gaz (ArSH) protejează și izolează zona de proces, zona de sinteză a nanoparticulelor (NP) este determinată de focarul injecției de gaze precursorare de sinteză a nanoparticulelor (NP), iar

zona (ZD) de depunere este determinată de distanța dintre capul de depunere și materialul (MB) de bază.

Revendicări: 1  
Figuri: 3

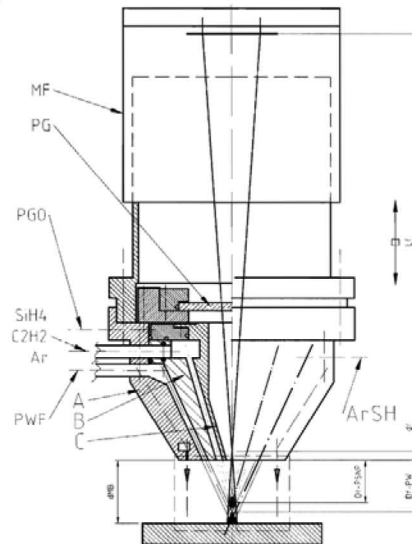
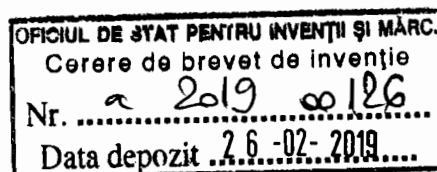


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, protecția conferită potrivit dispozițiilor art. 32 din Legea nr. 64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art. 23 alin. (1) - (3).





## DESCRIEREA INVENTIEI

### TITLUL INVENTIEI

#### CAP DE DEPUNERE COAXIAL CONTINUA CU SINTEZA IN SITU DE NP

### DOMENIUL TEHNIC AL INVENTIEI

Inventia face parte din domeniile tehnice al ingineriei si tehnologiei si se incadreaza in subdomeniile de inginerie mecanica, ingineria chimica, ingineria materialelor, nano tehnologie, inginerie electrica / inginerie optica / , inginerie electronica, inginerie informationala.

### STADIUL TEHNICII

Stadiul tehnicii de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente este caracterizat printr-un inalt nivel de interdisciplinaritate, US9289854, US20130248219, US20160144455:

- inginerie aplicata: sisteme de automatizare / control / mecatronica / robotica, desen si proiectare asistata de calculator (CADD) / electronica / grafica / nanotehnologia, ingineria informatiilor
- ingineria informatiilor: stiinta datelor / teoria controlului / procesare a semnalului / procesarea imaginii / teoria informatiilor / viziune pe calculator / robotica autonoma / robotica mobila
- inginerie industriala: inginerie de productie - instrumente, echipamente, procese / ingineria componentelor – asamblarea componentelor optime / ingineria sistemelor - logistica, coordonarea echipei, controlul echipamentelor / tehnici de siguranta - functionare sigura si moduri de avarii in siguranta / ingineria fiabilitatii / durabilitatea produsului
- inginerie mecatronica: robotica / ingineria instrumentelor / ingineria optomecatronica
- ingineria managementului: gestionarea proceselor de inginerie
- nano-inginerie / introducerea nanotehnologiei in domeniile de inginerie existente: ingineria nano - materialelor



- inginerie de proiect: inginerie mecanica, ingineria proceselor, inginerie de instrumentatie si control, inginerie structurala, inginerie electrica.
- ingineria sistemelor.

Domeniul de aplicare este foarte variat si poate fi caracterizat dupa multe criterii: materialele pieselor / materialul de baza - MB, cantitatea / numarul de bucati, complexitatea pieselor, marimea dimensionala, gabarit, masa, parametrii depunerii atat ca proces cat si geometric, control / verificare / atestare, etc.

Sunt elaborate sisteme complexe, automatizate destinate unor linii de productie de mare serie care justifica investitia financiara si sunt integrate in linii tehnologice complexe, exemplificat prin produsele companiilor din domeniu.

Depunere cu aliere cu nanoparticule – NP se poate executa in doi pasi, sau prin cap de depunere coaxial discontinua.

### PREZENTAREA PROBLEMEI TEHNICE PE CARE INVENTIA O REZOLVA

Inventia, cap de depunere coaxial continua cu sinteza in situ de NP, rezolva urmatoarele probleme raportate fata de stadiul tehnicii:

- Inventia face posibila aplicarea alierii prin LC la sisteme cu cap de depunere coaxiale continue alierea cu nanopulberi a depunerilor cu pulberi micrometrice prin sinteza in situ de nanoparticule: SiC, carbon, nanotuburi de carbon, etc.
- Face posibila alierea cu un raport mare de NP fata de sistemul de cap coaxial discontinua.
- Raportul de aliere cu nanoparticule / nanostructuri poate sa fie intre 2 – 5 / 50 % fata de pulberile micrometrice.
- Este adaptabil fata de injectie prin injectoare, prin schimbarea componentelor care determina canalele de injectie, la cerintele impuse fata de proces.
- Configurarea capului de depunere este prin personalizare pentru fiecare aplicatie.
- Se integreaza intr-un sistem tehnologic preexistent cu o infrastruktura tehnologica necesara pentru asigurarea calitatii si garantarea fiabilitatii componentelor procesate, vezi prima dotare, etc. exemplificat prin discurile de frana pe baza de Fc.
- Prezinta un grad mai mare de siguranta fata de injectoarele multiple, cu referire la materiale toxice si / sau periculoase procesate, vezi SiH<sub>4</sub>, etc.
- Eficientizarea economica a costurilor de componente auto, exemplificat prin cazul discurilor de frana, inclusiv cu referire la performantele tehnice:
  - posibilitatea de depunere de materiale compozite



- performante de uzura, coeficient de frecare marit, anticoroziv, etc.
- piese de schimb, nu sunt accesibile sau nu sunt pe piata, in acest caz tot ansamblul este comprorriis.  
In acest caz instalatia hibrid de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente are o eficienta economica maxima si se pune valoarea ansamblului recuperat.
- piese de schimb, exista si se compara costurile de achizitie / de recuperare.

### EXPUNEREA INVENTIEI

Obiectul inventiei, cap de depunere coaxial continua cu sinteza in situ de NP constituie solutia tehnica a problemei de integrare a LC si a nanotehnologiei in conditii tehnico – financiare justificate in industrie cu participare de componente noi de prima dotare, de schimb omologate de producator si de reparare prin alierea depunerii cu NP.

In domeniul de recuperare de componente prin depunere cu LC se poate realiza o calitate a componentelor procesate ca cea originala sau mai buna si cu debit marit de MD – material de depunere cu un raport de aliere care poate sa depaseasca limita de 5 % masic. Capul de depunere coaxial continua cu sinteza in situ de NP asigura desfasurarea de fenomene de natura mecanica, fizica, chimica, de transfer de energie care are ca efect obtinerea sau modificarea unui produs prin depunere de materiale rezistente mecanic, la coroziune, la uzura, cu coeficient de frecare mic / mare, etc.

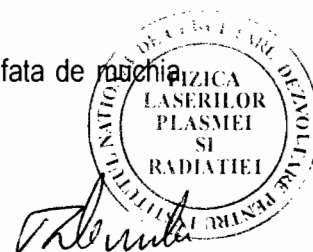
Inventia este o etapa de dezvoltare a aplicatiei LC in industrie, vezi A/00123/01.03.2017, A/00667/18.09.2017, A/00943/16.11.2017, RO131728, RO131729, A/00081/11.02.2019, A/00845/26.10.2018, etc.

Capul de depunere coaxial continua cu sinteza in situ de NP, este configurat conform schemei principale de configurare a capului de depunere coaxial continua cu sinteza in situ de NP, vezi Fig. 1, cu interfata mecanica posibila cu orice module comerciale functie de nevoi / necesitati identificate in procesul de recuperare componente uzate sau integrarea in tehnologia componentelor / ansamblelor noi.

Fig. 1 este ilustrativ atat in ceea ce priveste functionalitatea cat si constructia capului de depunere coaxial continua cu sinteza in situ de NP.

MF – modulul de focalizare a fasciculului laser poate fi comercial cu interfata electro / mecanica care asigura modificarea / ajustarea distantei de focalizare - Lf a fasciculului laser colimat. In acelasi timp poate executa si deplasare in plan pe doua directii pentru alinierea / coaxializarea focarelor implicate in fenomenul de depunere, referinta fiind muchia capului de depunere. Cele trei focare emergente in fenomenul / procesul de depunere sunt:

- a. focarul fasciculului laser, determinat de Lf, df – distanta focarului fasciculului fata de muchia capului de depunere,



b. focarul sintezei in situ de NP, care este determinat de reglajele canalelor de injectie a gazelor precursoare,

c. focarul fluxului de amestec de gaz purtator cu particulele micrometrice de MD.

In cazul pulberii nanostructurate de SiC, folosit pentru exemplificare, sunt compuse din  $\text{SiH}_4$  /  $\text{C}_2\text{H}_2$  / Ar. Aceasta compozitie determina cantitatea de NP care intra in alierea MD. Raportul acestor gaze precursoare determina atat conditiile fizice din zona de sinteza sub aspect fizic a curgerii, vezi viteza, temperatura, cat si puritatea rezultatului, a NP. In cazul in care  $\text{SiH}_4$  este prevalent poate sa apara Si liber sau cand  $\text{C}_2\text{H}_2$  este prevalent poate sa contina nanopulberea de SiC carbon liber. Aparitia impuritatilor sunt determinate si de necoordonarea vitezii de curgere a gazelor cu ceilalti parametri care participa la fenomenul / procesul de depunere.

Sistemul optic a modulului de focalizare este protejat de o fereastră de protectie – PG, a carui temperatura este controlata cu un senzor de temperatura care indica gradul de impurificare a suprafetei de protectie. In parte catre proces PG este spalata si protejata de un gaz neutru PGO sub presiune, care prin diafragma AF curge in zona de proces.

In Fig. 1 se poate observa alimentarea gazelor in canalele de scurgere: PGO – de protectie fereastră,  $\text{SiH}_4$  /  $\text{C}_2\text{H}_2$  / Ar – gaze precursoare, PWF – de alimentare cu pulbere micrometrica de depunere, ArSH – gaz de protectie si de izolare a zonei de proces.

Canalele de injectie a gazelor sunt determinate de componentele A, B, C. Aceste componente sunt interschimbabile, prin crearea unei biblioteci se poate particulariza / personaliza pentru diferite procese asemanatoare.

Zona de proces este ilustrata in detaliul, vezi Fig. 2 Detaliu zona de depunere a capului de depunere coaxial continua cu sinteza in situ de NP. Zona de pulbere de MD focalizat – DPW formeaza o pata de depunere - BPW pe MB. Zona de sinteza de NP este determinat de focarul injectiei de gaze precursoare de sinteza de NP. Pata fascicului laser defocalizat este simbolizat BFL, iar pozitia cu pata pulberii este vizualizat in Fig. 2. Fluxul gazelor de protectie GP are orientare in asa fel incat sa influenteze cat mai putin depunerea topita. Zona de depunere este determinata de distanta – ZD dintre capul de depunere si MB. In Fig. 3 sunt prezentate cotele care determina sectiunile de injectie a gazelor din capul de depunere.

## PREZENTAREA FIGURILOR DIN DESENE

Fig. 1 Schema principiala de configurare a capului de depunere coaxial continua cu sinteza in situ de NP

Fig. 2 Detaliu zona de depunere a capului de depunere coaxial continua cu sinteza in situ de NP

Fig. 3. Diagrama de configurare a suprafetelor de injectie

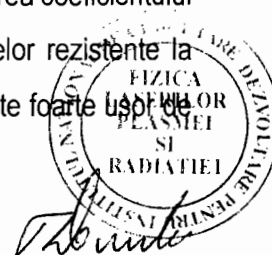


## PREZENTAREA IN DETALIU A UNUI MOD DE REALIZARE CU REFERIRE LA DESENE

Pe baza schemei principale de configurare a capului de depunere coaxial continua cu sinteza in situ de NP pentru recuperarea si / sau de crearea cu LC componente recuperate sau noi cu aliere cu NP / NS, vezi Fig.1, capul de depunere este integrat in metoda respectiv in instalatia de depunere cu LC. Aceasta inventie este conceput sa fie utilizat in cadrul unei aplicatii care utilizeaza aceasta metoda / conceptie de aliere cu NP / NS a materialelor depuse cu avantaje deosebite, si cu integrarea sa intr-un mediu de productie de unicate sau de serie mica / mare, dat fiind prin conceptie gradul inalt de adaptabilitate in mediul si facilitatile preexistente. Ceea mai importanta etapa in cazul realizarii industriale este definirea nevoilor / necesitatilor care determina atat costul investitiei eficiente economic cat si parametri si caracteristicile tehnice cerute. Realizarea tehnica pe baza desenului, vezi Fig. 1 este fezabila cu respectarea etapelor: stabilirea specificatiilor tehnice, studiu de fezabilitate / piata / marketing, realizarea unui proiect tehnic, modelul CAD, proiect de ansamblu, proiect de executie. Tehnologiile implicate sunt cele uzuale fara a necesita materiale deosebite. Aceste etape sunt obligatorii avand in vedere investitia in perspectiva. Realizarea / utilizarea acestui cap de depunere necesita o atentie deosebita in privinta ventilatiei si a protectiei si securitatii muncii si a mediului.

## MODUL IN CARE SE POATE APLICA INDUSTRIAL

Una din aplicatiile industriale se refera la recuperarea discurilor de frana uzate in limitele prescrise de fabricanti. O frana de disc este un tip de frana care utilizeaza etriere pentru a strange perechi de placi pe un disc pentru a crea frecare prin care rotatia unui arbore este incetinit, sau sa o tina in stationare. Energia miscarii este transformata in caldura dispersata in mediu. Prin definirea unor parametri a aplicatiei se defineste echipamentul pilot care va fi utilizat la procesarea in conformitate cu metoda elaborata. Gabaritul definit dimensional in limitele de  $d$  280 si  $h$  44 permit utilizarea si procesarea cu facilitatile disponibile uzual atat a componentei procesate cat si realizarea de piese noi atat prin introducerea tehnologiei de LC la componente noi cat si recuperarea prin inginerie inversa a componentele uzate. Recuperarea componentelor uzate este mai complicata intrucat trebuie sa existe o baza de date cu tipurile diferite aflate in circulatie, pentru asigurarea unui proces de recuperare nediscriminatoriu. Interesul este asigurat prin parametri mai performanti a componentelor recuperate. Examinarea prin Rx a componentelor recuperate este obligatorie pentru fiecare unitate. O alta aplicatie este depunerea directa a straturilor de uzura de calitate mai buna direct din faza de productie noua. Avantajele sunt evidente prin cresterea coeficientului de frecare la franare, cresterea durabilitatii discurilor de frana si utilizarea compozitelor rezistente la coroziune si oxidare. Pe aceasta aplicatie calculul de eficienta economico financiara este foarte usor de



demonstrat datorita faptului ca exista date financiare publice pentru oricare aplicatie si exista si date privind costurile de depunere cu laser, pe de alta parte este o aplicatie tehnologic usor de implementat. Calculul eficientei economice tine cont de costul unei noi componente, costul estimat de reparatie, economia pe fiecare componenta, componente reparate pe an, economii anuale. Aceasta tehnologie este la interferenta tehnologiei laser cu nanotehnologia si cu productia industrială de mare serie. Numai in acest domeniu se pot gasi o multime de aplicatii fezabile.

## REFERINTE

1. Kihong Ku, Spiro N. Pollalis, Martin A. Fischer, Dennis R. Sheldon, 3D Model-based collaboration in design development and construction of complex shaped buildings, ITcon Vol. 13 (2008), Ku et al; pg. 458
2. Toms Torims, Guntis Pikurs, Andris Ratkus, Andris Logins, Janis Vilcans, Stepans Sklariks, Development of Technological Equipment to Laboratory Test In-Situ Laser Cladding for Marine Engine Crankshaft Renovation, doi: 10.1016/j.proeng.2015.01.405
3. U.S. 5,961,862
4. US2006006565
5. US 2012/0145769
6. AK390TC Series 20KW Parabolic 3-Way Cladding Head, <https://www.raytools.net/?p=1136>
7. B. Valsecchia, B. Previtali, Design and realisation of a triple gas cladding head for high-power active fibre lasers, doi: 10.1016/j.procir.2013.09.033
8. Christel Dartigues, Parisa Ghodous, Michael Gruninger, Denis Pallez, Ram Sriram: CAD/CAPP integration using feature ontology, DOI: 10.1177/1063293X07079312
9. ALAS, Adaptive Laser cladding System with variable spot sizes, 315614
10. Frank Gäbler, Coherent Inc., Laser Cladding Strengthens Industrial Components
11. nukon-bulgaria-2015-laser-cutting-machines-18-638
12. US06564457
13. US20060065650
14. T. Pérezza, M. Á. Montealegre, J.L. Arias, G. Castro, P. Rey, M. González, F. Bouzada, Laser Cladding of Nickel Alloy with Ceramic Nanopowder on Steel as Coating in Corrosive Media, Laser Cladding of Nickel Alloy with Ceramic Nanopowder on Steel as Coating in Corrosive Media, <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.706-709.2552>
15. Innovative method to protect metal coatings by laser cladding worked out in MEPhI, <https://mephi.ru/eng/content/news/1812/105168/>
16. <http://www.nanomaterialstore.com/nano-carbides.php>
17. Zhengui Yao, Jacob J. Stiglich and T. S. Sudarshan, Nano-grained Tungsten Carbide-Cobalt (WC/Co), Materials Modification, Inc., 2929 Eskridge Road, P-1, Fairfax, VA 22031
18. J. Babu Rao, G. J. Catherin, I. Narasimha Murthy, D. Venkata Rao and B. Nooka Raju, Production of nano structured silicon carbide by high energy ball milling, IJEST, Vol. 3, No. 4, 2011, pp. 82-88
19. <http://www.gunze.co.jp/e/sic/products/powder.html>





20. <http://www.nanoamor.com/inc/sdetail/621>
21. Yu, S., Liu, Y., Ren, L. et al., Development of laser-cladding layers containing nano-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles for wear-resistance materials Meta II and Mat Trans A (2006) 37: 3639. doi:10.1007 /s11661-006-1058-y
22. JyotsnaDuttaMajumdar, AjeetKumar, Lin Li, Direct laser cladding of SiC dispersed AISI 316L stainless steel, doi:10.1016/j.triboint.2008.10.016
23. G5RD-CT-2001-00465, [http://cordis.europa.eu/result/rcn/41093\\_en.html](http://cordis.europa.eu/result/rcn/41093_en.html)
24. M.D. Wang, S.H. Shi, H.Y. Wang, C.F. Sun, X.B. Liu, Experimental Study on Single-layer Laser Cladding Feeding by Micro/nano Composite Powders, doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.562-565.958



## REVENDICARILE

Este revendicata orice cap de depunere coaxial continua cu sinteza in situ de NP de recuperare si / sau de creare cu depunere laser de componente cu aliere cu nanoparticule care permite alierea directa in situ, in zona de depunere, a materialului depus cu nanoparticule produse prin sinteza acestora cu laserul utilizat in procesul de depunere, este **caracterizata prin aceea ca**, sistemul modular asigura o combinatie flexibila a modulelor, constructia este asigurata pentru interfete electro / mecanice diferite, functie de adaptabilitate la precursori diferiti cu sinteza de NP / NS in gama larga, posibilitatea procesarii fasciculelor cu diferite forme de focalizare specifice aplicatiilor tintite, compatibilitatea cu module de focalizare cu interfete standard, alinierea electro - mecanica focarelor fasciculului / alimentarii cu pulbere / si a precursorilor sintezei de NP / NS, sinteza de nanoparticule este controlabil in procesul de aliere sub aspect masic si de structura, reconfigurarea canalelor de gaze eficient, structura si debitul masic de NP / NS este controlabila in timp real.

DESENELE EXPLICATIVE

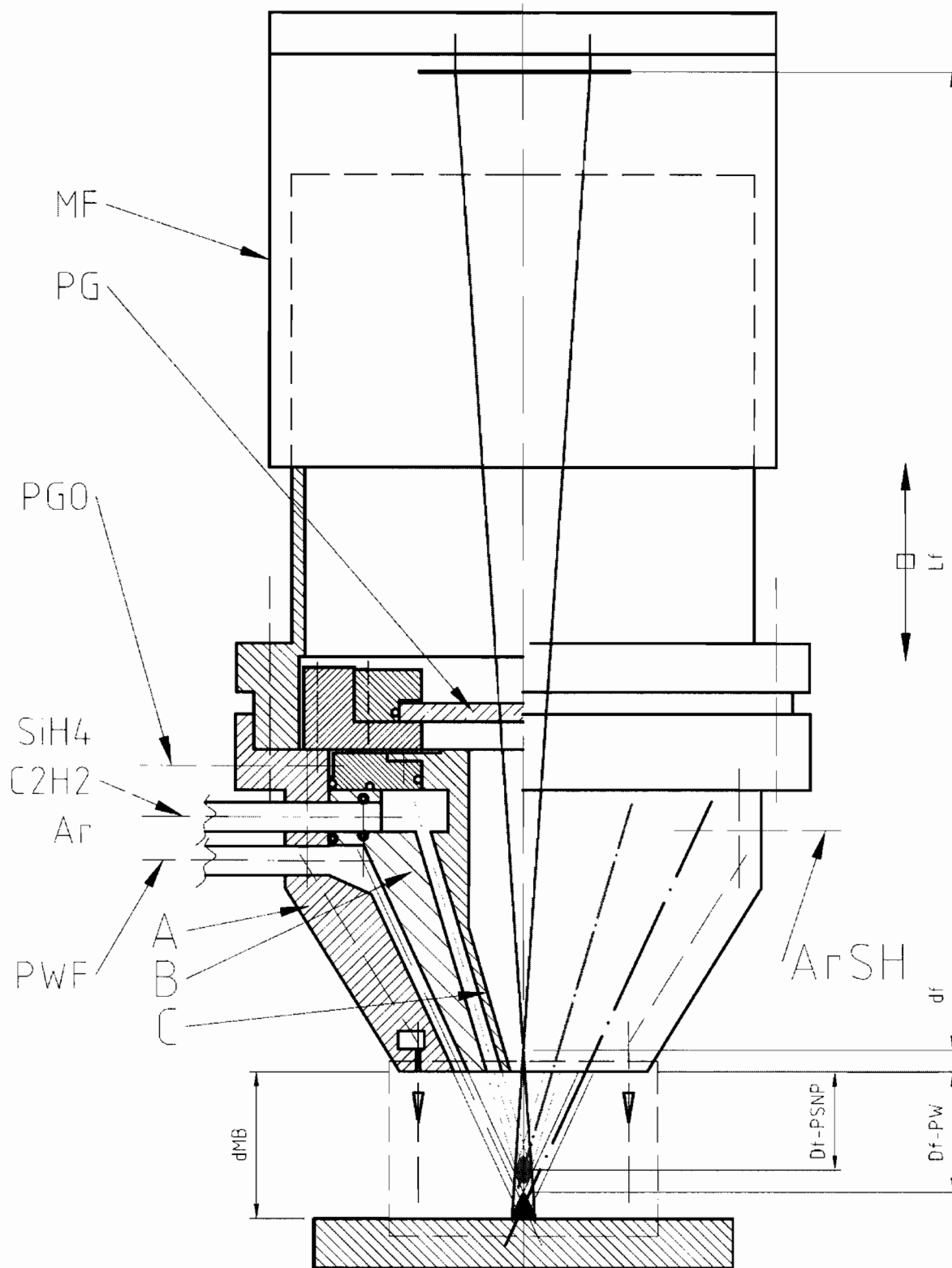


Fig. 1 Schema principala de configurare a capului de depunere coaxial continua cu sinteza in situ de NP



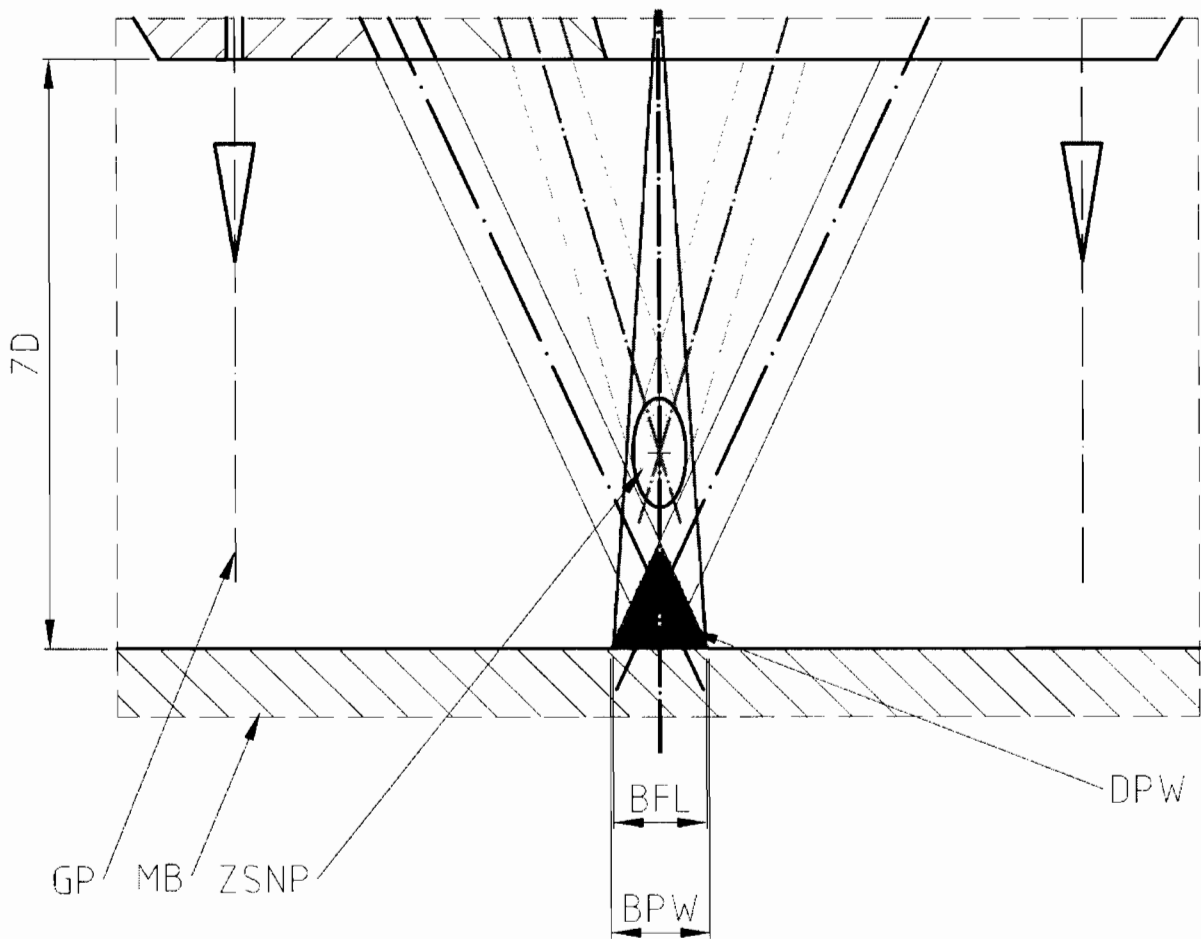


Fig. 2 Detaliu zona de depunere a capului de depunere coaxial continua cu sinteza in situ de NP



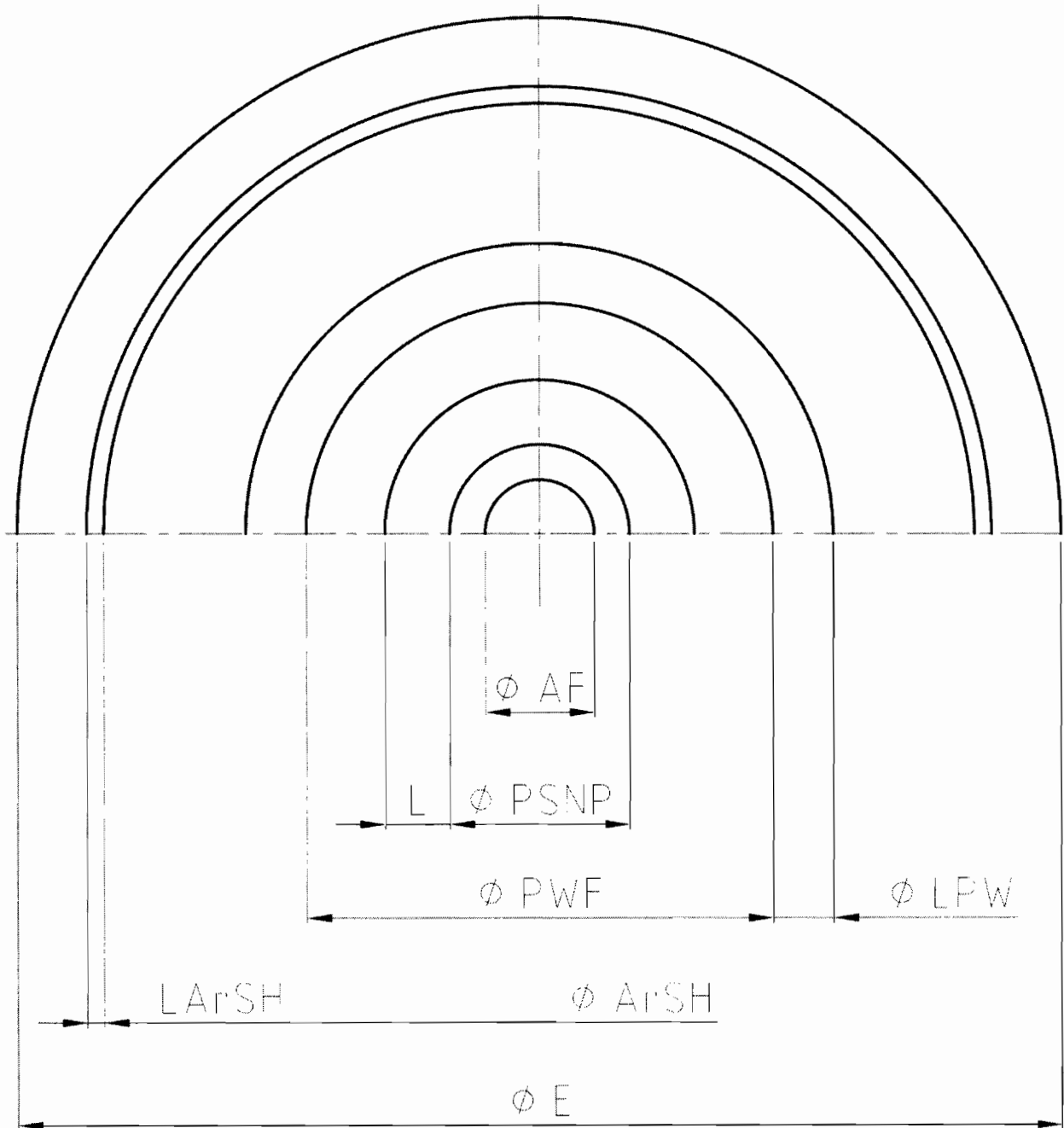


Fig. 3. Diagrama de configurare a suprafetelor de injectie