



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00421

(22) Data de depozit: 20/07/2020

(41) Data publicării cererii:
28/01/2022 BOPI nr. 1/2022

(71) Solicitant:

• APEL LASER S.R.L.,
STR. VINTILĂ MIHĂILESCU NR.15, BL.60,
SC.A, AP.12, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO;
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
MECATRONICĂ ȘI TEHNICA MĂSURĂRII -
INCDMT BUCUREȘTI,
ȘOS.PANTELIMON NR.6-8, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:

• SELAGEA MIHAI NICOLAE,
STR.MĂRGEANULUI, NR.20, BL.M36, SC.1,
ET.1, AP.2, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B,
RO;

• SAVENCU SILVIA ALEXANDRA,
STR.VIITORULUI, NR.12, BL.B1, SC.B,
ET.4, AP.17, TULCEA, TL, RO;
• UDREA RADU MIHAIL,
STR.VINTILĂ MIHĂILESCU, NR.15, BL.60,
SC.1, AP.12, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO;
• UDREA VIRGIL MIRCEA,
STR.VINTILĂ MIHĂILESCU, NR.15, BL.60,
SC.1, ET.1, AP.12, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;
• CIOBOATA DANIELA DOINA,
ȘOS. ȘTEFAN CEL MARE NR.35, BL.31,
SC.3, ET.2, AP.85, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO;
• STANCIU DĂNUȚ IULIAN, ȘOS. FUNDENI
NR. 237, BL. 112, SC. C, ET. 7, AP. 117,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
• LOGOFATU CRISTIAN CONSTANTIN,
STR.HATMANUL ARBORE, NR.3-7, BL.A,
ET.7, AP.43, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B,
RO

(54) INSTALAȚIE ȘI PROCEDEU DE CURĂȚARE DE SUPRAFEȚE METALICE CU LASER

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o instalație și la un procedeu de curățare a suprafețelor metalice cu laser. Instalația, conform invenției, este alcătuită dintr-un laser pe fibră (1), o sursă de alimentare și control al laserului (2) și un telescop (3) care mărește talia fasciculului laser și micșorează divergența fasciculului laser, care este direcționat către un divizor de fascicul (4) care deviază lumina către un fotodetector de țintă, și un scanner optogalvanic (5) format din două oglinzi plane care sunt acționate controlat cu ajutorul unui bloc de comandă și control (6), fasciculul fiind focalizat în continuare cu ajutorul unei lentile f-theta (7) pe suprafața (8) care trebuie curățată.

Revendicări: 2

Figuri: 2

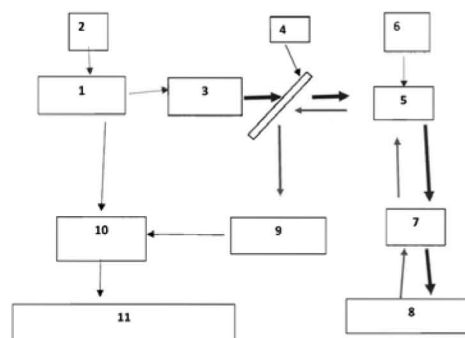
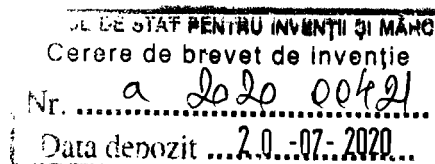


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, 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).





12.2. DESCRIERE

INSTALATIE SI PROCEDEU DE CURATARE DE SUPRAFETE METALICE CU LASER

Prezenta inventie se refera la o instalatie si un procedeu pentru optimizarea procesului de curatare cu laser a suprafetelor metalice.

Prezentare generala

Curatarea suprafetelor metalice este necesara pentru a se putea refolosi componentele respective, ori pentru a le pregati pentru procesari ulterioare (vopsire, tratamente termice, etc).

In prezent, se folosesc diferite metode pentru curatarea suprafetelor metalice. Cele mai raspandite metode sunt curatarea chimica, curatarea mecanica si curatarea cu fascicul laser.

Curatarea chimica este metoda prin care se folosesc solventi pentru eliminarea resturile organice sau anorganice de pe suprafetele metalice. Metoda este foarte poluanta pentru mediul inconjurator, timpul necesar este indelungat, costul este mare. Solventul se amesteca cu produsele dizolvate si rezulta o poluare suplimentara a mediului inconjurator.

Curatarea pur mecanica se poate face prin sablare, procedeu dificil, se poate deforma suprafata ce se doreste a fi numai curatata, nu si deformata, polueaza fonic, nisipul se amesteca cu resturile, polueaza fonic si fizic mediul inconjurator.

Curățarea cu gheata carbonica (dry ice) este o metoda relativ noua (din 1987), implicând tot o metodă de curățare mecanică folosind particule de gheață carbonică, dioxid de carbon in stare solidă. Particulele de gheață carbonică sfârșesc prin a se evapora in mediul înconjurător. Metoda este eficientă, rapidă (ceea ce se face prin curățare chimică în 8 ore, durează o jumătate de oră prin curățare cu gheata carbonica), echipamentul este relativ ieftin. Procesul in sine este o curățare mecanică, însă de o mai mare finețe, folosind microparticule de gheață carbonică. Particulele de gheață carbonică sunt trimise de un jet de aer sub presiune către suprafața care trebuie curățată. Gheata carbonică se poate procura din comerț sub forma de particule (de exemplu, Linde Gaz comercializează cu cca 3.5 EUR/kg particule cu diametrul de 1.5 mm sau 3 mm). Aceste particule sunt folosite si in alte aplicații (refrigerare alimente, răcire instantanee de băuturi, producere de ceata pentru jocuri de lumini, etc) astfel încât aprovizionarea nu ar fi un impediment. Temperatura gheții carbonice este mult mai scăzută decât temperatura gheții provenite din apă, respectiv -78.5 °C față de 0°C. De subliniat faptul că prin sublimarea particulelor de gheață carbonică (trecerea directă din faza solidă in faza gazoasă) nu se produc consecințe neplăcute asupra mediului înconjurător, aceasta metoda fiind nepoluanta. Sablarea cu gheață carbonică poate înlocui cu succes sablarea cu nisip, jet de apă, abur sau solvenți.

Intr-un studiu recent (Applications of Solid Carbon Dioxide (Dry Ice) Pellet Blasting for Removal of Surface Contaminants, Rajiv Kohli, in Developments in Surface Contamination and Cleaning:

Applications of Cleaning Techniques, Science Direct, Elsevier, 2019) se prezintă avantajele curățării cu gheață carbonică cu particule de dimensiuni reduse, de 0.9 mm diametru. O altă abordare este un tratament hibrid, respectiv sablarea cu gheață carbonică urmată de expunerea la radiație puternică în ultraviolet.

Este de remarcat că o curățare într-un mod hibrid (iradiere laser urmată de sablare cu gheață carbonică) este mult mai eficientă decât aceste procedee aplicate separat, respectiv $1000 \text{ mm}^3/\text{min}$ față de $68 \text{ mm}^3/\text{min}$ (doar laser) și $144 \text{ mm}^3/\text{min}$ (doar gheață carbonică).

Dezavantajele folosirii gheții carbonice în procesul de curățare constau în costul relativ ridicat al materialelor consumabile (gheață carbonică, duze, aer sub presiune), zgomotul mare, dificultăți în aprovizionarea la timp cu gheață carbonică, precum și posibilitatea inducerii de efecte adverse asupra organismului uman cauzate de dioxidul de carbon. Concentrații ridicate de dioxid de carbon provoacă rapid insuficiență circulatorie. Simptomele sunt dureri de cap, amețeli, stări de vomă, putându-se ajunge și la pierderea cunoștinței. S-a descoperit că dioxidul de carbon are un important rol fiziologic, acționează sinergic asupra sistemului circulator și respirator prin stimularea producției de carboxi și methemoglobina.

Curățarea cu laser este cel mai nou procedeu de curățare a suprafețelor metalice. Curățarea se poate realiza cu laseri de diferite lungimi de undă. Pentru fiecare material se folosește lungimea de undă potrivită, lungimea de undă cel mai bine absorbită de către materialul respectiv. Bineînțeles, laserele trebuie să aibă putere foarte mare la lungimea aceea de undă și să funcționeze în impulsuri (energie mare pe o durată scurtă și frecvență de repetiție mare). Parametrii laser obișnuiți sunt o putere medie de peste 100 W, durata impulsului de câteva zeci de nanosecunde și frecvența de repetiție de ordinul zecilor de kHz, sute de kHz. Lungimile de undă uzuale sunt cele caracteristice laserilor pe fibra ($1.06 \mu\text{m}$) și armonicile respective: 532 nm (verde, armonica a doua), 355 nm (UV, armonica a treia) și 266 nm (UV, armonica a patra). Prin focalizarea fasciculului laser pe suprafața materialului ce trebuie curățat se obține o densitate de putere (W/cm^2) mare și are loc un proces de ablație (evaporare de material din țintă, formarea unei plasme care este supusă unui recul pe direcția și cu sensul către fasciculul laser incident).

În cadrul experimentelor noastre am folosit un laser pe fibră, cu lungimea de undă de $1.06 \mu\text{m}$, putere medie maximă de 100 W, durată impuls de 20 nanosecunde, frecvența de repetiție a impulsurilor până la 100 kHz. Pentru curățarea unor suprafețe mai mari se folosește un sistem de baleiere realizat cu ajutorul unui scanner opto-galvanic și al unei lentile f-theta care asigură focalizarea fasciculului laser pe suprafața procesată.

Prin focalizarea fasciculului laser de mare putere în impulsuri pe suprafața respectivă se produce evaporarea resturilor de oxizi sau de substanțe organice care trebuie eliminate. Pentru realizarea procesului de evaporare este necesară o densitate de putere laser care trebuie menținută constantă în timpul procesului de curățare. Densitatea de putere poate varia semnificativ ca urmare a variației nedorite a distanței dintre capul de iradiere și suprafața țintă. Această distanță poate varia datorită formei variabile a suprafeței de iradiat sau datorită variației aleatoare a distanței dintre lentila de focalizare și această suprafață în cazul în care capul laser este manevrat de către un operator uman.

DESCRIEREA INVENTIEI

Prezenta invenție se referă la o instalație și un procedeu nou pentru curățarea de suprafețe metalice folosind un laser în impulsuri de mare putere dotat cu un sistem de compensare a variației nedorite a distanței dintre capul laser de procesare și suprafața de curățat. Fasciculul laser este trecut printr-un telescop care mărește talia fasciculului laser pe de o parte și de micșorează divergența fasciculului laser pe de alta parte. Pentru baleierea unei suprafețe mai mari fasciculul laser este direcționat cu ajutorul unui scanner opto-galvanic către o lentilă f-theta care poate focaliza fasciculul laser în mod controlat într-un anumit punct pe o suprafață de 160 mm x 160 mm cu o viteză de scanare de cca 2m/s. Se poate realiza o scanare 2D sau se poate folosi scannerul pe o singură direcție ca un generator de linie laser. Principiul de funcționare al scannerului opto-galvanic cuplat cu o lentila f-theta este exemplificat în Fig.1. Se observă că fasciculul laser este focalizat în planul suprafeței care se procesează chiar dacă este o diferență de drum între poziții.

Prin focalizarea fasciculului laser în impulsuri în focar are loc o ablație a materialului țintă. Ablația înseamnă că în focar materialul se încălzește rapid până la evaporare. Plasma creată este rejectată în fața țintei către fasciculul incident. Astfel în fața țintei se formează un nor de plasmă care emite lumina pe un spectru care depinde de materialul evaporat. Aceasta lumina este culeasă prin intermediul aceluiași sistem optic prin care se face iradierea. Lumina este direcționată către fotodetector. Procedura este asemănătoare celei folosite în microscopia confocală la care iradierea și radiația de fluorescență rezultată în urma iradierii unor substanțe folosește aceeași cale optică în sens direct și, respectiv, în sens invers. În cazul nostru lumina culeasă este direcționată de către un beamsplitter către un fotodetector. Fotodetectorul generează un semnal electric care este amplificat și prelucrat de un bloc electronic. Pentru creșterea sensibilității acestui sistem de detecție se folosește ca referință semnalul de comandă a impulsurilor laser.

Instalația și procedeul de curățare de suprafețe metalice cu laser, **conform invenției, prezintă următoarele avantaje:**

- folosirea unui sistem intrinsec de determinare a poziției optime a capului de curățare laser prin intermediul propriului sistem optic de focalizare
- Înlăturarea necesității măsurării distanței cu ajutorul unui sistem extern
- posibilitatea creșterii vitezei de curățare cu laser a suprafețelor metalice
- simplificarea manevrelor efectuate de către operator
- obținerea unei suprafețe curățate uniform, fiind distanta față de țintă fiind păstrată în permanență constantă
- operarea laserului la nivel de putere optim pentru o curățare eficientă
- economia de energie prin folosirea laserului la o putere mai mică prin controlul efectiv al procesului de curățare
- costul redus al soluției adoptate față de metodele cunoscute
- creșterea calității suprafeței curățate în comparație cu metodele cunoscute
- micsorarea timpului de lucru

EXEMPLU DE REALIZARE A INVENTIEI

Se prezintă în continuare un exemplu de realizare a invenției (Fig.1,2) care reprezintă instalația și procedeul de curățare a suprafețelor metalice cu laser și principiul de funcționare al scannerului opto-galvanic. Instalația (Fig.1) este compusă dintr-un laser pe fibra **1** care emite un fascicul laser în impulsuri la lungimea de undă de 1.06 microni, durată impuls 20 ns, frecvența de repetiție a impulsurilor 100 kHz, putere medie până la 100 W. Sursa de alimentare și control a laserului **2** asigură alimentarea electrică a laserului și comanda acestuia. Fasciculul laser este transmis prin telescopul **3** care are un rol dublu: mărește talia fasciculului laser diminuând astfel densitatea de putere pe care trebuie să o suporte componentele optice optice următoare și micșorează divergența fasciculului laser micșorând astfel diametrul spotului focal ceea ce are ca rezultat o mai mare densitate de putere în focar. În continuare fasciculul este direcționat către un beamsplitter **4** care ne va folosi pentru a deflecta lumina reflectată către un fotodetector de tinta emisă de către plasma produsă un scanner optogalvanic **5** format din două oglinzi plane care sunt acționate controlat cu ajutorul unui bloc de comandă și control **6**. Fasciculul laser este în continuare focalizat cu ajutorul lentilei f-theta **7** pe suprafața care trebuie curățată **8**. Prin focalizarea fasciculului laser pe tinta se formează o plasma care emite o lumină care parcurge drumul invers prin lentila f-theta **7** și oglinzile scannerului **5**. De data aceasta lumina care se reflectă pe beam splitterul **4** este trimisă către fotodetectorul **9** și sistemul de amplificare și prelucrare a semnalului **10**. În final dispozitivul **11** da comanda de acționare corespunzătoare sau semnalizează tipul de eroare (sus/jos) dacă este vorba de un operator uman. Cu ajutorul unor senzori de înclinare se poate ține seama și de acest parametru.

În fig.2 se prezintă schematic partea finală din traseul optic. Fasciculul laser **1** care este deflecat controlat cu ajutorul scannerului **2**. Este scos în evidență faptul că oglinda f-theta **3** figurată aici în două poziții diferite focalizează fasciculul laser în același plan focal, respectiv pe suprafața care trebuie curățată **4**. Focalizarea fasciculului laser intens duce la ablatia materialului și, respectiv la formarea unei plume **5** în fața tinte. Aceasta plume emite lumină care este transmisă înapoi prin sistemul optic și detectată cu ajutorul fotodetectorului obținându-se semnalul electric care este apoi prelucrat.

12.3. REVENDICARI

1. **Instalatie** de curatare de suprafete metalice cu laser in impulsuri caracterizata prin folosirea unui sistem optic confocal pentru colectarea luminii produse de plasma obtinuta prin focalizarea fasciculului laser pentru determinarea pozitiei optime de lucru
2. **Procedeu** de curatare cu laser in impulsuri folosind un sistem optic confocal de optimizare a pozitiei capului laser

12.4. DESENE

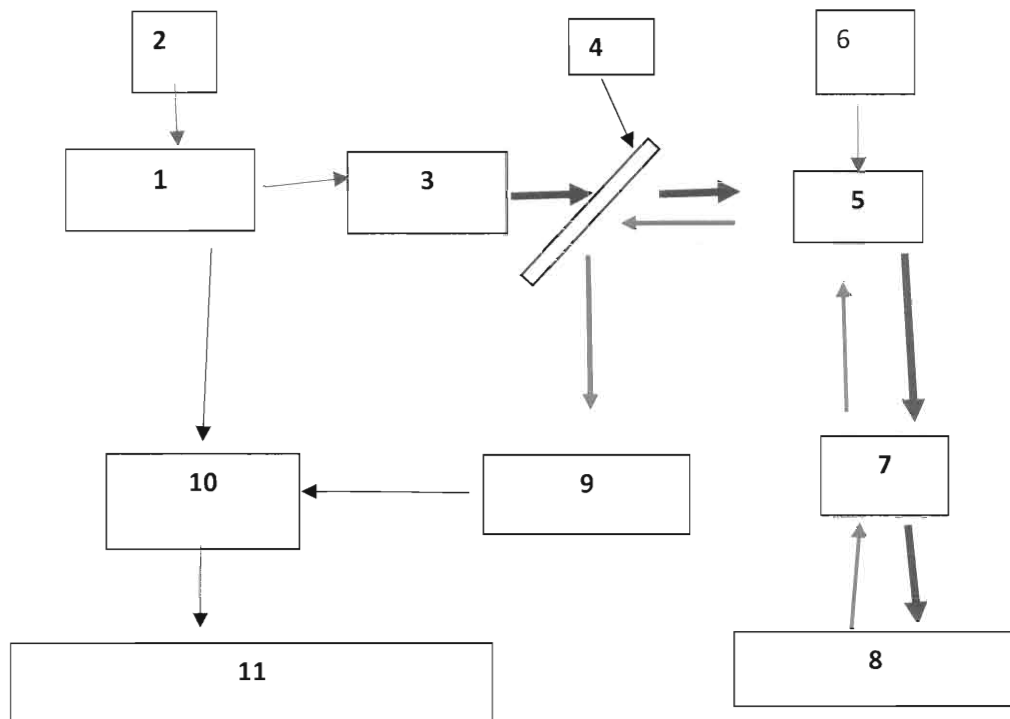


Fig.1 Schema instalatei de curatare de suprafete metalice cu laser

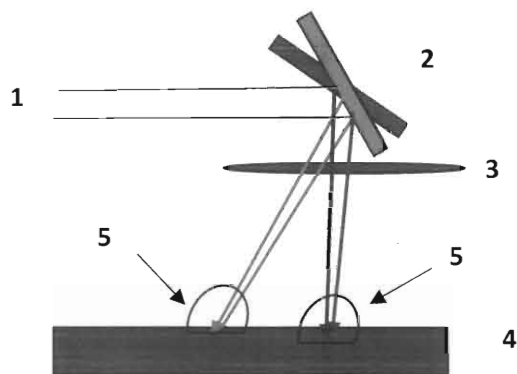


Fig.2 Schema de principiu a unui scanner opto-galvanic cuplat cu o lentila f-theta si formarea plasmei; fasciculul este focalizat in acelasi plan focal pentru toate pozitiile din planul foca (aici sunt reprezentate numai doua pozitii)