

SINTEZA

lucrării de cercetare pentru contractul de finanțare 105 / 01.10.2007,
cod CNCSIS 618, intitulat
“CERCETARI INTERDISCIPLINARE DE STABILIRE A LIMITELOR DE POTENTIAL ALE
ENERGIEI SOLARE IN CORPURI SOLIDE PE INTERVALUL INCALZIRE-TOPIRE”

Introducere

Cuptorul solar este destinat proceselor de utilizare a energiei solare in scopuri tehnologice. Aceasta instalatie face parte din categoria a instalatiilor termice. Avantajele instalațiilor termice bazate pe energie solara:

- In functie de sistemul de conversie se poate realiza concentrarea unei puternice surse termice într-un spațiu restrâns cu consecinta directa a obtinerii unor temperaturi ridicate (peste 2.000°C);
- Ca la orice instalatie de incalzire bazata pe energie electrica si instalatiile pe baza de celule solare au posibilitatea reglării precise și rapide a temperaturii;
- Sistemul electric folosit pentru conversia energiei solare in energie termica permite o automatizarea simplă cu fiabilitate în funcționare;
- Trecerea de la surse de energie clasice (combustibili solizi sau lichizi sau energie electrica obtinuta din arderea acestora) la surse alternative care pot sa reprezinte o alternativa de viitor ceruta de scumpirea surselor clasice si de poluarea puternica pe care acestea o produc.

Ca urmare a acestor avantaje instalațiilor electrotermice bazate pe surse de energie solara pot fi folosite la diferite procese industriale, și anume:

- elaborarea oțelurilor și aliajelor speciale, topirea pentru turnare a fontelor, oțelurilor și metalelor neferoase;
- încălzirea metalelor în vederea tratamentelor termice (călire și revenire, recoacere, îmbătrânire, cementare, nitro-carburare) și a prelucrărilor la cald prin deformare;
- producerea de materiale abrazive, a carburii de calciu, a electrografitului;
- sudarea metalelor și maselor plastice;
- topirea și tratamentul termic al sticlei și al produselor ceramice;
- uscarea, prepararea și sterilizarea produselor alimentare.

Vizitele de documentare-cercetare efectuate de Conf. dr. ing. P. Vizureanu la Instituto de Soldadura e Qualidade, Lisabona, in perioada 22-29 martie 2008 si la Ecole Européenne d'Ingénieurs en Génie des Matériaux, Nancy, in perioada 11-23 mai 2008, au deschis noi perspective de colaborare cu echipe reductibile din strainatate in vederea obtinerii de noi rezultate datorită experienței în acest domeniu a echipelor de cercetare întâlnite.

1. Analiza procesului de topire / ardere / purificare în cuptoare solare

Aceste obiective au constat în dezvoltarea unor formalisme matematice care sa permita o mai buna valorificare a avantajelor oferite desfășurarea procesului de

topire / ardere / purificare în cuptoare solare. In elaborarea acestor formalisme a fost util si stagiul de documentare de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Spania, precum si discutiile pe acesta temă avute cu Prof. Agustin Santana Lopez.

1.1. Modelul matematic al procesului de topire / ardere / purificare in incinta de lucru a unui cuptor solar

Randamentul termic η_t al unei instalații electrotermice bazată pe energie solara este dat de raportul

$$\eta_t = \frac{Q_u}{Q_u + Q_p + Q_a}$$

- Q_u este cantitatea de **căldură utilă** necesară încălzirii materialului;
- Q_p reprezintă **pierderile de căldură** datorate ale instalației de încălzire;
- Q_a este cantitatea de căldură necesară încălzirii componentelor auxiliare ale instalatiei;

Cuptorul va avea posibilitatea sa se incadreze in aceste clase de temperaturi de lucru care sunt considerate criteriile de clasificare in tehnologia incalzirii:

- cuptor de joasă temperatură (intre 600-700°C);
- cuptoare de înaltă temperatură (până la 1600°C).

Pentru definirea modelului de calcul al cuptorului bazat pe energie solara este necesar să fie definite urmatoarele **date de intrare**:

- materialul ce urmează a fi încălzit cu toate datele sale termice si electrice;
- forma și dimensiunile încărcăturii;
- regimul tehnologic care cuprinde:
 - timpul de încălzire până la atingerea temperaturii solidus,
 - temperatura de încălzire,
 - timpul de supra-încalzire pentru generalizarea starii lichide în întreaga masă a încărcaturii,
 - temperatura de supra-încalzire,
 - timpul de menținere la temperatura de turnare necesar pentru eventualele alieri în stare lichida;
 - condiții tehnologice speciale (atmosfera de protecție, vid etc.);
 - productivitatea cuptorului.

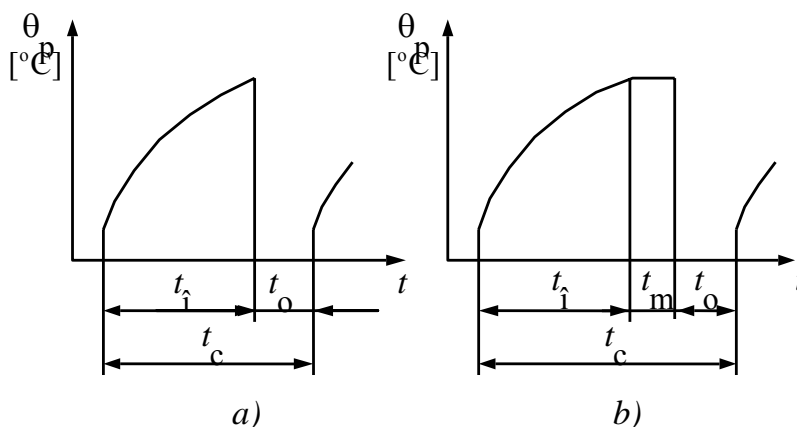


Figura 1. Diagrame de funcționare posibila a cuptorului solar.

- a) topire fără menținere la temperatură constantă; b) topire cu menținere la temperatură constantă;
 (t_c - durata unui ciclu complet; t_i - timpul de încălzire; t_m - timpul de menținere la temperatură constantă în cuptor; t_o - timpul de încărcare-descărcare).

S-a calculat consumul de căldură pornind de la *diagrama de funcționare a cuptorului* care este de fapt *diagrama de variație a temperaturii încărcăturii θ_p în funcție de timp*. Fiind vorba de un cuptor cu *funcționare intermitentă* sunt posibile *diagramele de funcționare prezentate în figura 1*.

1.2. Determinarea parametrilor tehnologici implicați în procesul de topire / ardere / purificare dintr-un cuptor solar

Controlul temperaturii. În interiorul cuptorului (figura 2 a) este introdus

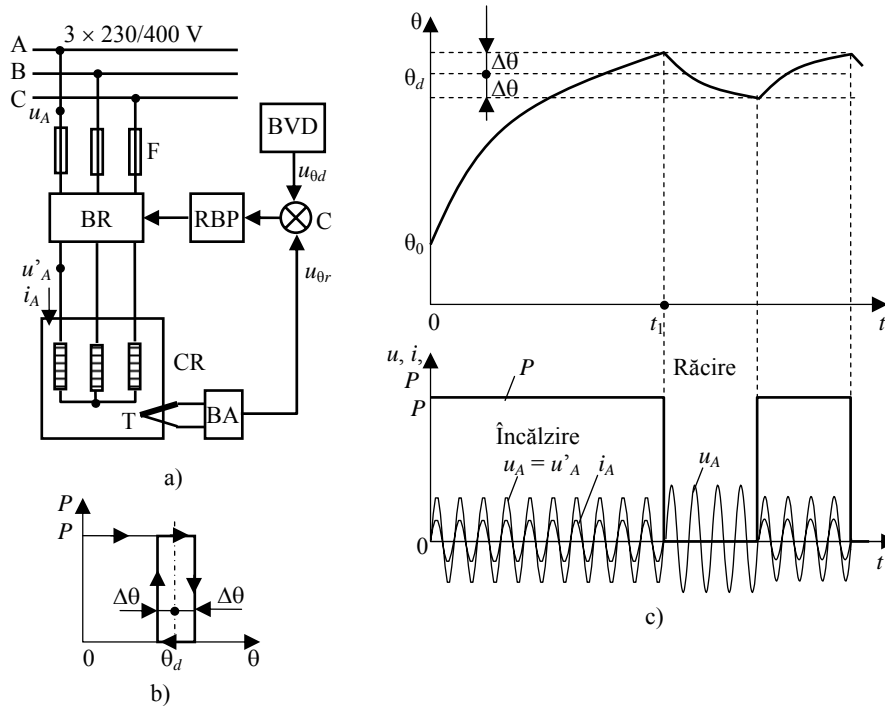


Figura 2. Reglajul bipozițional al temperaturii din cuptor.

traductorul termometric T care transmite informațiile privind temperatura din cuptor către blocul de adaptare BA. În comparatorul C, o tensiune proporțională cu valoarea dorită θ_d a temperaturii, stabilită pe baza programului impus de procesul tehnologic și controlată de blocul valorilor dorite BVD, este comparată cu o tensiune proporțională cu valoarea reală θ_r a temperaturii în cuptor. Dacă $\theta_r < \theta_d$, regulatorul bipozițional RBP transmite comanda de anclanșare la blocul de reglaj (întreruptorul de conectare la sursa de alimentare) iar cuptorul absoarbe puterea P. Dacă $\theta_r > \theta_d$ se transmite comanda de deconectare a întreruptorului. Reglajul se face cu o zonă de insensibilitate $\Delta\theta$ care este dată de caracteristica regulatorului (figura 2 b).

Orientarea sistemului fotovoltaic. Orientând sistemul la un unghi de înclinare optim se poate obține o creștere semnificativă a radiație ce poate fi utilizată, față de poziționarea panourilor pe orizontașă sau un unghi aleatoriu ales, în general latitudinea locului. Dacă se folosește un sistem de tip tracking se va obține o cantitate marită cu pana la 40%, vezi figura 3 în care sunt considerate și pierderile din sistem.

PV electricity generation for: Nominal power=1.0 kW, System losses=24.0%				
	Inclin.=37 deg., Orient.=0 deg.		2-axis tracking system	
Month	Production per month (kWh)	Production per day (kWh)	Production per month (kWh)	Production per day (kWh)
Jan	44	1.4	54	1.7
Feb	61	2.2	77	2.7
Mar	94	3.0	120	3.9
Apr	99	3.3	131	4.4
May	119	3.8	169	5.4
Jun	115	3.8	167	5.6
Jul	122	3.9	174	5.6
Aug	123	4.0	171	5.5
Sep	103	3.4	135	4.5
Oct	86	2.8	109	3.5
Nov	48	1.6	58	1.9
Dec	37	1.2	45	1.5
Yearly average	88	2.9	117	3.9
Total yearly production (kWh)		1050		1410

Figura 3. Comparatie între sistem fix la unghi optim de 37° și sistem tracking.

Utilizarea senzorilor pentru orientare poate conduce la situații delicate în cazul alternanțelor soare – nori dacă sistemul nu este calibrat corespunzător și la consumuri mai mari de energie.

Plecând de la aceste considerente s-a ales pentru realizarea solar tracker-ului varianta care utilizează pentru poziționare algoritmul matematic. Orientarea se va face după cele două direcții și anume E-V și S-N.

2. Caracterizarea procesului de încălzire a materialelor metalice în cuptoarele solare

Încălzirea materialelor din interiorul cuptorului. Ecuația de bilanț energetic pentru cuptor poate fi scrisă sub forma:

$$dQ_2 = dQ_u + dQ_a + dQ_{pd} + dQ_z$$

în care dQ_2 este cantitatea de căldură elementară transmisă spre interiorul cuptorului de către elementul încălzitor:

$$dQ_2 = P_2 \cdot dt = \alpha \cdot A_1 \cdot (\theta - \theta_0) \cdot dt$$

dQ_u – cantitatea de căldură elementară care conduce la încălzirea materialului util din cuptor (căldura utilă):

$$dQ_u = c_u \cdot m_u \cdot d\theta$$

dQ_a – cantitatea de căldură care conduce la încălzirea pieselor anexe (etajere, scărițe, suporturi etc):

$$dQ_a = c_a \cdot m_a \cdot d\theta$$

dQ_{pd} – pierderi termice elementare prin pereții cuptorului, prin părțile deschise ale acestuia, pierderi prin neetanșevități etc;

dQ_z – cantitatea de căldură elementară care se acumulează în pereții cuptorului:

$$dQ_z = c_z \cdot m_z \cdot d\theta$$

s-a notat cu:

P_2 - puterea termică (fluxul termic) transmisă de sistemul fotovoltaic;

α - coeficientul superficial de schimb de căldură;

A_l - aria suprafeței laterale totale a elementelor încălzitoare;

θ - temperatura elementelor încălzitoare;

θ_0 - temperatura din interiorul cuptorului;

dt - intervalul elementar de timp.

c_u, c_a, c_z - căldurile masice (dependente de temperatură) ale materialelor supuse încălzirii, elementelor anexe și respectiv creuzetului,

m_u, m_a, m_z - masa pieselor supuse încălzirii, a elementelor anexe și respectiv masa creuzetului,

$d\theta$ - intervalul elementar de temperatură.

2.1. Realizarea unui algoritm de proiectare a unui cuptor solar utilizat la incalzirea materialelor metalice

Poziționarea panoului solar prin implementarea algoritmului matematic necesită introducerea considerațiilor astronomice.

Pentru a putea determina poziția reală a soarelui pe bolta cerească importante sunt următoarele unghiuri θ_z - unghiul zenit și γ_s unghiul azimut solar, vezi figura 4.

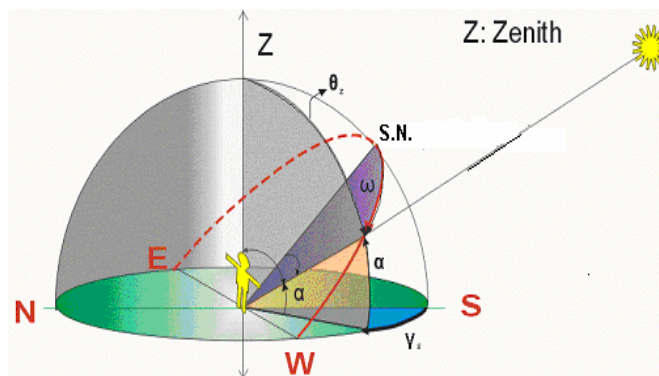


Figura 4. Traiectoria soarelui pe bolta cerească. Unghiuri importante.

Calcularea acestor unghiuri se face utilizând formule matematice. Formula de calcul pentru unghiul zenit este dată de relația:

$$\cos \theta_z = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \omega$$

unde ϕ reprezintă latitudinea care este o constantă pentru locul în care este poziționat solar tracker-ul, de exemplu pentru Brașov este de $45^{\circ}39'$, δ este declinația, iar ω este unghiul orar.

2.2. Proiectare virtuală a unui cuptor solar de incalzire

Pentru determinarea dimensiunilor minime ale panoului solar s-a luat în considerare o oglindă concavă poziționată ca în figura 5. Calculele iau în considerare intervalele de umbrire, precum și optimul de iluminare al oglinzii pentru crearea fluxului termic maxim către creuzetul cuptorului.

Determinarea dimensiunii minime a panoului solar.

$AC = \Phi$ oglindă concavă

$$\hat{C} = 90 - 21,34 = 68,26$$

$$AC = \sin \hat{B} \cdot BC \rightarrow BC = \frac{AC}{\sin \hat{B}} \rightarrow BC = \frac{AC}{0,363}$$

$$AB = \sin \hat{C} \cdot BC \rightarrow AB =$$

$$0,928 \frac{AC}{0,363} \rightarrow AB = 2,558 \cdot AC \text{ (AB minim)}$$

$$BD = AC$$

$$BD = BE \cdot \sin \hat{E}$$

$$BE = \frac{BD}{\sin \hat{E}} = \frac{AC}{0,98} = AC \cdot 1,0183$$

$$BE_{\max(45^\circ)} = AC \cdot \sqrt{2} \cdot 1,15; 1,15 = \text{const.}$$

$$BE_{\min} = AC \cdot 1,0183$$

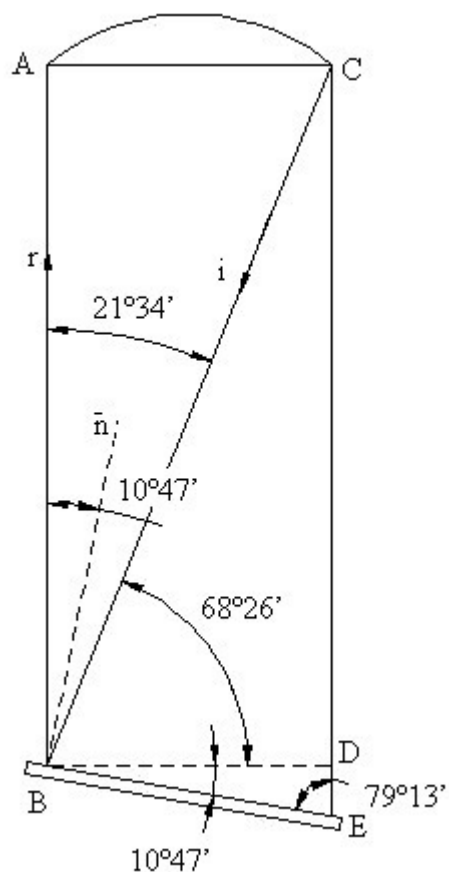


Figura 5.

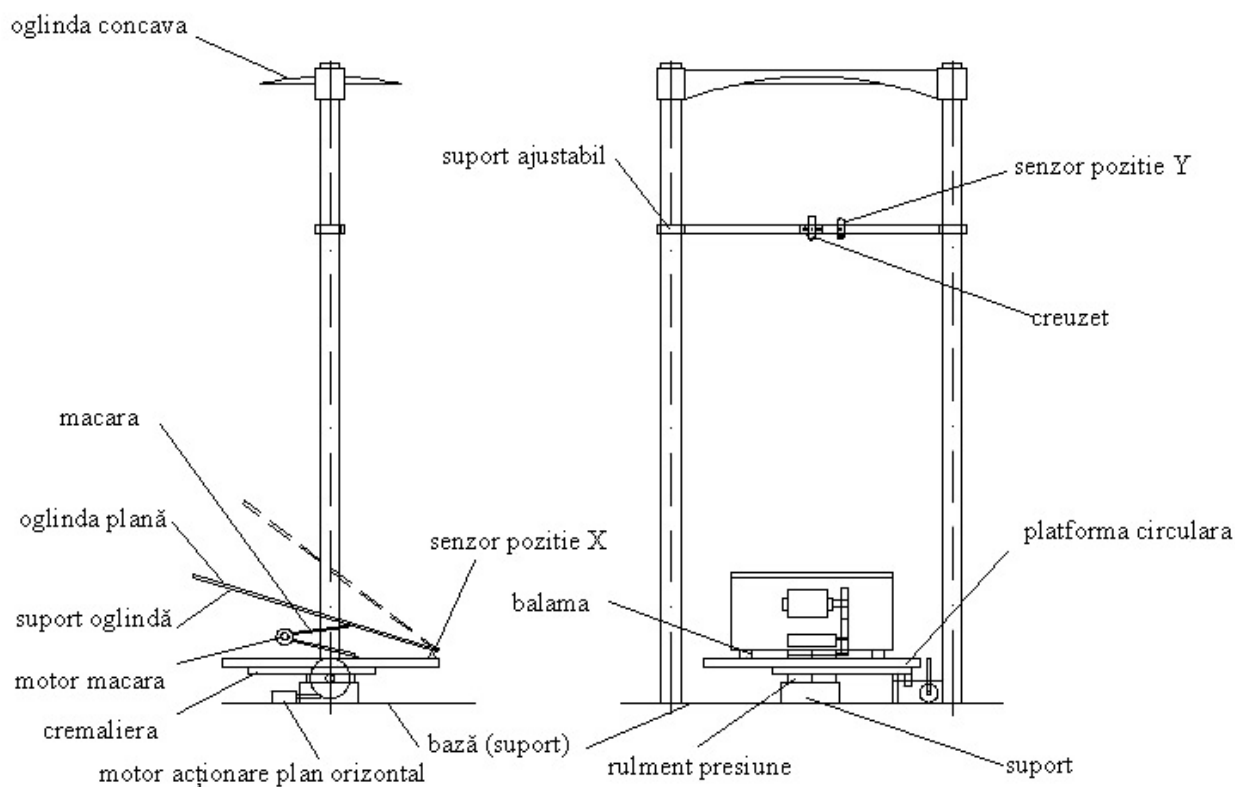


Figura 6.

Concluzii

Proiectul abordeaza o tematica dinamica, de interes atat prin consistenta problemelor, cat si prin aria larga de aplicatii. Rezultatele obtinute in aceasta etapa sunt sau vor fi valorificate prin cuprinderea lor in articole deja acceptate sau aflate in curs de publicare, in reviste indexate ISI sau in baze internationale de date, și comunicate la diferite conferinte naționale și internaționale, prezentate in Raportul de autoevaluare.

Obiectivele prevazute in aceasta etapa au fost atinse in totalitate.

Directorul de proiect a coordonat realizarea obiectivelor propuse pentru aceasta faza. Rezultatele deja obtinute in cadrul acestei etape sunt si rodul colaborarilor cu cercetatori de la prestigiosul institut de cercetare din Spania, Plataforma Solar de Almeria.

Îndeplinirea obiectivelor a presupus o ampla activitate de informare. A fost necesara o buna stapanire a unor metode matematice diverse si o cat mai buna informare referitor la cercetarile experimentale privind topirea / arderea / purificarea materialelor. Importanta si complexitatea acestei tematici fac necesara o cercetare amanuntita, interdisciplinara. Astfel, echipa cuprinde specialisti din domenii de varf ale cercetarii fundamentale actuale: stiinta materialelor si fizica. Lucrul in echipa a contribuit la incheierea unui nucleu de cercetare puternic. Rezultatele deja obtinute ca urmare a activitatii de cercetare din acest an deschid noi perspective de lucru pentru anii urmatori ani proiectului în tematica abordata.

Director de proiect,
Conf. dr. ing. Petrică VIZUREANU