



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2023 00371

(22) Data de depozit: 12/07/2023

(41) Data publicării cererii:  
29/11/2023 BOPI nr. 11/2023

(71) Solicitant:  
• COMAN TUDOR ADRIAN,  
STR. RĂSADNIȚEI NR. 121, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• COMAN TUDOR ADRIAN,  
STR. RĂSADNIȚEI NR. 121, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO

(54) PROCEDU ȘI INSTALAȚIE ELECTRO-METALURGICĂ  
METALOTERMICĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu și la o instalație electrometalurgică metalotermică pentru producerea ecologică a energiei termoelectrice și a produselor metalurgice cu diminuarea semnificativă a cantităților de deșeuri, utilizând energia chimică potențială existentă la nivel atomic din amestecurile metalotermice. Procedul conform invenției folosește energia chimică existentă în materiile prime precursori de reducători și de moderatori termici, alături de materiile prime oxidice provenite din minereuri și/sau din deșeuri oxidice metalice (țundere), spre a le transforma etapizat pe faze, în componente pulverulente de reactanți oxidici similari, de reducători metalici și de moderatori de reacții metalotermice secvențiale sau multisevențiale cu derulare continuă, în creuzete vidate parțial, la temperaturi cuprinse între 2100...2300°C, preluând căldura apărută în creuzet pentru valorificarea ei sau conversia ei în energie electrică, în proporție de minim 32% cât și prin preluarea produselor metalurgice rezultate cum sunt metalele, aliajele, zgurile și gazele de reacție. Instalația conform invenției este constituită dintr-o uzină (A) de preparare a materiilor prime dimensionată pe subansambluri, cu trei linii de procesare distincte, în vederea prelucrării minereurilor oxidice și/sau a țănderelor pentru a le transforma în reactanți oxidici cu granulații cuprinse între 200...1600 μm, cât și a precursorilor de reducători de tipul pulberilor sau a deșeurilor atomizate de Al pe care le transformă în reactanți oxidici cu granulații cuprinse între 150...500

μm și în moderatori de reacție cu granulații < 4000 μm, care sunt omogenizați în buncărele Convertizorului Electrometalurgic Metalotermic organizat în Modulul B, dozatoarele (D) și creuzetul (CM) termorezistent vidat parțial la 0,1 mbari.

Revendicări: 2  
Figuri: 16

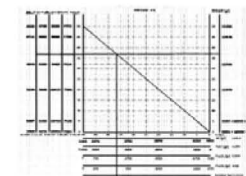
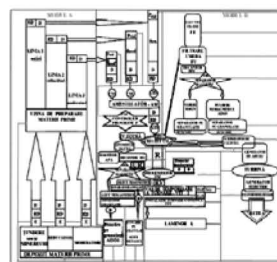


Fig. 3

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).



**PROCEDEU ȘI INSTALAȚIE ELECTRO-METALURGICĂ METALOTERMICĂ****1.0 - DESCRIEREA INVENȚIEI**

Domeniu tehnic la care se referă invenția este obținerea ecologică de energie termoelectrică și de produse metalurgice.

Cererea de brevet (mai departe - CBI) propune ca sursă primară de energie, energia chimică potențială existentă la nivel atomic. Aceasta, are o pondere ridicată în amestecurile metalotermice formate din reactanți metalotermici (unii oxizi metalici și reducătorii adecvați), plus moderatori de reacție (materiale de aliere, inhibitori de reacție și fondanți)

Unele amestecuri metalotermice (termituri) generează, prin reacții de oxido-reducere, cu derulare secvențială sau multisevențială cu derulare serială continuă, metale/aliaje, nemetale și căldură care, poate fi convertită prin metode clasice, în energie electrică.

Materiile prime, precursori ai reactanților metalotermici (termitici) sunt reprezentate de componentele oxidice din minereuri sau/și din ținere, în paralel cu o serie de precursori de reducători metalici (de exemplu – Aluminii sau compuși chimici cu Sodiu, Calciu, etc), alături de precursori ai moderatorilor de reacție constituiți din materiale de aliere (ex. feroaliaje), inhibitori de reacție (ex. floare de cuie) și fondanți (ex.  $\text{CaCO}_3$ ).

Stadiul tehnicii cunoaște diverse metode și instalații de producere a energiei termoelectrice folosind diverși combustibili (cărbune, gaze naturale, țiței, etc) și separat de elaborare secvențială sau continuă a unor produse metalurgice, folosind minereuri specifice sau ținere (deșeurii oxidice) dar, nu cunoaște procedee și instalații de procesare secvențială, cu derulare continuă, a minereurilor sau/și a deșeurilor oxidice (ținere) ale unor metale capabile ca, prin reacții de oxido-reducere specifice, să permită autoîntreținerea energetică a procesării, oferind spre utilizare plusul energetic disponibilizat.

Procedeele cunoscute sunt energofage și generatoare de gaze poluante ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  sau  $\text{H}_2\text{S}$ ).

Din punct de vedere metalurgic, stadiul tehnicii cunoaște procedee și tehnologii de reducere a unor oxizi metalici folosind carbonul, monoxidul de carbon sau/și hidrogenul. Spre exemplu pentru producerea de oțeluri sunt cunoscute trei tehnologii clasice care, procesează oxizii de fier existenți în minereuri folosind ca reducător monoxidul de carbon sau/și hidrogenul.

Cele trei tipuri de tehnologii folosite, în prezent, pentru producerea industrială de oțeluri, sunt prezentate schematic în figura 1, conform articolului “

Soluțiile siderurgice moderne, de tip DRI, folosesc preponderent fie combinații gazoase formate din monoxid de carbon (75%) și 25% hidrogen sau 100% hidrogen (tehnologii H-iron) dar acestea, nu sunt exergonice și în consecință nu permit punerea în valoare a vreunui excedent energetic generat de eliberarea energiei chimice potențiale, existentă la nivel atomic.

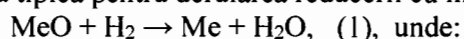
Dintre acestea, tehnologia H – IRON, de reducere cu hidrogen a oxizilor din minereurile de fier, în strat fluidizat, este cunoscută și aplicată frecvent pentru aplicații care urmăresc, mai ales, producerea de pulberi de fier cu purități ridicate (85 – 90%), iar mai nou, pentru producerea de oțeluri fără emisii de gaze cu efect de seră.

Cele trei soluții, prezentate anterior, pentru producerea ”mai curată” a oțelurilor nu sunt de tip continuu și, în plus, sunt mari consumatoare de energie.

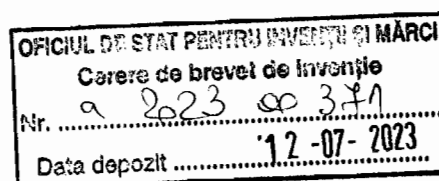
Mai mult, tehnologia H-iron este și relativ periculoasă deoarece, utilizează hidrogen sub presiune, aflat la temperaturi de circa  $650^\circ\text{C}$  (Mihai Cojocar – Pulberi Metalice, cap.2.1. Ed. Fair Partners. București 2009).

Cele mai promițătoare tehnologii metalurgice, de tip H- Iron, propun obținerea hidrogenului prin utilizarea energiei electrice ”verzi” care, însă, este scumpă.

Ecuția molară tipică pentru derularea reducerii cu hidrogen, a oxizilor metalici, este de tipul:



MeO este oxidul metalic și Me este metalul rezultat.



Producerea hidrogenului prin electroliza apei, cu utilizarea de "energie verde" reprezintă, încă o provocare tehnico-economică a cărei soluționare poate dura și după anii 2050. Atunci se preconizează că 18% din siderurgie se va baza pe hidrogen (conform Goldman Sachs).

În stadiul tehnicii sunt cunoscute și metode metalotermice continui sau discontinui, de reducere directă a oxizilor metalici (metode de tip DRI) folosind unele dintre metalele aflate la stânga fierului, în seria Beketov – Volta, ceea ce poate evita producerea gazelor cu efect de seră dar, nu oferă și soluții de furnizare a energiei electrice.

Astfel, este semnificativ că numai în ultimii 10 ani au apărut peste 200 de titluri de brevete de invenție care se referă la soluții metalotermice de reducere a oxizilor metalici fără a aborda și posibilitatea producerii de energie termoelectrică.

Materiile prime, precursori ai reactanților metalotermici (oxizi și reducători) sunt reprezentate de componentele oxidice din minereuri sau/și din țundere, în paralel cu o serie de precursori de reducători metalici (de exemplu – aluminiu, magneziu sau unii compuși chimici cu sodiu, calciu, etc) și cu unii precursori ai moderatorilor de reacție (materiale de aliere, inhibitori și fondanți).

Tehnologiile metalotermice se pot raporta la relațiile de tip stoichiometric, fără a se încadra între acestea, conform unor ecuații molare de tipul (2).



- MeO este oxidul metalic supus reducerii și R reprezintă reducătorul metalic utilizat;
- Me și RO reprezintă metalul și respectiv oxidul rezultat;
- Q- reprezintă cantitatea de căldură rezultată care, în cazul folosirii oxizilor de fier și a aluminiului ca reducător, poate reprezenta circa 850 Kcal/Kg amestec metalotermic.

Soluțiile metalotermice cunoscute nu-și propun procesarea unitară a minereurilor metalice sau/și a țunderelor și nici nu abordează producerea energiei electrice.

Prezenta cerere de brevet (CBI) propune o tehnologie **metalotermică ecologizată**, definită prin diminuarea semnificativă a generării de gaze poluante (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, etc), compusă dintr-un procedeu și o instalație complementară folosite pentru eliberarea energiei chimice potențiale existente la nivel atomic și folosirea ei pentru obținerea de energie termoelectrică, simultan cu producerea de materiale metalurgice (metale, aliaje și unele materiale nemetalice).

Totodată prezenta cerere de brevet propune eficientizarea producerii de aliaje/ feroaliaje, zguri și pulberi specifice, prin eliminarea agenților reducători de tip C, CO și H<sub>2</sub>.

CBI urmărește valorificarea tuturor produselor rezultate din reacțiile metalotermice declanșate.

Concret, CBI urmărește valorificarea ecologică a energiei calorice eliberate, a metalelor și a nemetalelor rezultate prin procesarea unitară a unor oxizi metalici (existenți în minereuri și /sau în țundere), a precursorilor de reducătorilor metalici, indiferent că provin din minereuri (ex. bauxită) sau din unele deșeurii metalice procesate (ex. șpanuri de aluminiu), alături de precursori ai moderatorilor de reacție formați din marteriale de aliere (ex. feroaliaje), din inhibitori de reacție (ex. floare de cuie) și din fondanți (ex. CaCO<sub>3</sub>)

Pentru procesarea unitară a materiilor prime (ex. minereuri sau/și țundere), se propune folosirea unei Uzine de Preparare Materii Prime care permite transformarea lor în componente ale rețetelor termite (oxizi, reducători și moderatorii de reacție).

Uzina de Preparare a Materiilor Prime este concentratoare a unor procedee și a unor subsansambluri specializate, formate atât din componente necunoscute în stadiul tehnicii, cât și din componente cunoscute dar, utilizate astfel încât, împreună devin capabile să conducă la rezultate noi și neașteptate (producerea metalotermică de energie termoelectrică, concomitent și complementar cu producerea unor materiale metalice sau nemetalice).

Prezenta CBI se raportează la tehnologiile DRI cunoscute prin păstrarea avantajelor care le-au consacrat, urmărind totodată eliminarea/ diminuarea dezavantajelor care le însoțesc (mari consumuri energetice din resurse tradiționale, valorificarea inefficientă a energiei calorice disponibile, generarea de gaze nocive, procesarea neunitară a minereurilor și a deșeurilor oxidice, generarea de deșeurii poluante).

La aceste dezavantaje se adaugă folosirea de cocserii, furnale și oțelării tradiționale care, sunt scumpe, poluante și energofage, ceea ce, cumulativ mărește inutil prețul de cost al produselor rezultate.

Principalele avantaje care diferențiază propunerile CBI față de stadiul tehnicii sunt:

1. Eliminarea utilizării de resurse energetice tradiționale (hidraulice, eoliene, combustibili fosili, nucleari, fotovoltaici, etc).
  2. Producerea secvențială sau multisevențială cu derulare serială continuă și mai ecologică a unor metale/aliaje și a unor nemetale (materiale abrazive sau /și termorezistente), complementar cu disponibilizarea eficientă și nepoluantă de energie calorică care poate fi convertită clasic în energie termoelectrică ieftină.
  3. Prețurile de producție a materialelor metalice/aliajelor sau nemetalice rezultate, simultan cu obținerea "energiei calorice/electrice verzi" sunt mult mai mici, față de valorile cunoscute, deoarece se folosește o singură sursă primară de energie pentru a obține simultan două tipuri de produse - căldura și produse metalurgice.
  4. CBI propune soluții care se derulează serial sau/și paralel capabile să proceseze cu același procedeu și aceeași instalație, precursori oxidici (proveniți din deșeuri oxidice metalice (tundere) sau/și din diverse minereuri metalice fără compuși ai sulfului), precursori de reducători metalici (de exemplu, proveniți din deșeuri de aluminiu, din aluminiu atomizat sau din șlamuri uleioase de aluminiu) și precursori ai moderatorilor de reacție (feroaliaje, șpanuri de oțel) și fondanți, pe care îi transformă în reactanți termitici (oxizi și reducători) și respectiv în moderatori de reacție (materiale de aliere, inhibitori de reacție și fondanți). Aceștia, prin amestecare și omogenizare devin amestecuri metalotermice / termitice sau mai simplu- termituri capabile să se comporte ca veritabili "combustibili metalotermici" care permit producerea eficientă de energie termoelectrică și de produse metalurgice.
  5. Posibilitatea utilizării flexibile a unei diversități de rețete de amestecuri termitice ecologizate (combustibili metalotermici), de uz civil care, nu generează explozii și care conduc la obținerea, în incinta reacției metalotermice, a unor temperaturi cuprinse între 2100 și 2300°C.
  6. Posibilitatea flexibilizării, în timp real, a utilizării diverselor amestecuri termitice (combustibili metalotermici), astfel încât, funcție de caracteristicile loturilor de materii prime, să permită derularea metalotermică continuă a unor secvențe compoziționale diferite, capabile să asigure obținerea doar a unor anumite produse de reacție, chiar dacă compoziția materiilor prime variază în timp real.
  7. Simplificarea tehnologiilor siderurgice cunoscute, prin eliminarea cocseriilor, a furnalelor și a oțelăriilor tradiționale, în vederea producerii unei multitudini de mărci de oțeluri.
  8. Reducerea drastică a generării tehnologice de gaze poluante (ex. NOx, CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub> sau H<sub>2</sub>S).
  9. Utilizarea unora dintre echipamentele tehnologice deja existente. Exemple: Turnătoria continuă, laminoarele, separatoarele pe granulații, etc.
  10. Quasitotalitatea produselor rezultate (căldură și produse metalurgice) reprezintă materiale valorificabile. În plus, alicele rezultate din prelucrarea zgurilor sau/și din procesarea gazelor de reacție conțin peste 70%  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> și din această cauză pot fi utilizate ca materiale abrazive sau/și termorezistente.
  11. Utilizarea energiei calorice, eliberate conform soluțiilor CBI, poate avea multe aplicații dar, înafara aplicațiilor tradiționale se conturează posibilitatea obținerii ecologice de energie termoelectrică, prin retehnologizarea termocentralelor care foloseau/folosesc combustibili fosili sau chiar construirea unui nou tip de termocentrale. Termocentralele electro-metalurgice metalotermice care, eliberând mai puține deșeuri gazoase devin capabile și să producă complementar metale/aliaje și nemetale (materiale abrazive sau/și termorezistente).
- Urmare acestui fapt, se poate propune, ca aplicare industrială, înlocuirea vechilor cuptoare ale termocentralelor (care utilizează combustibili fosili), cu convertizoare electro-metalurgice metalotermice, cu funcționare secvențială sau multisevențială cu derulare serială continuă și care, utilizând "combustibili metalotermici" constituiți din amestecuri pulverulente de reactanți termitici,

și moderatori de reacție (inclusiv fondanți), produc prin cogenerare metale, aliaje, materiale refractare/abrazive, căldură și/sau energie electrică.

Schema bloc conceptuală a Cererii de Brevet de Invenție este prezentată în figura 2

**Problema tehnică obiectivă pe care o rezolvă invenția este producerea ieftină de energie termoelectrică "mai curată", complementar cu obținerea secvențială sau multisevențială serială cu derulare continuă, a unor produse siderurgice/metalurgice, prin utilizarea energiei chimice potențiale existentă la nivel atomic în amestecurile metalotermice, pentru obținerea simultană a două tipuri de produse diferite (energie și produse metalurgice).**

## 1.1 – Procedeu CBI

### 1.1.0- Generalități

Prezentarea CBI utilizează preponderent definițiile DEX ale termenilor utilizați ( Ex. metalotermie/aluminotermie, termiți/ termituri, continuu/discontinuu, secvențial, fază, etapă, etc) sau în lipsa acestora se propun explicitări definitorii (Ex. combustibili metalotermici /reactanți metalotermici, sorturi pulverulente termitice, procese multisevențiale cu derulare serială continuă, ș.a).

Procedeu CBI propune modalități teoretice și practice menite să eficientizeze producerea mai curată de energie electrică, complementar cu obținerea de produse metalurgice.

Procedeu CBI se referă la reactanți termitici (oxizi și reducători metalici), plus moderatori de reacție alcătuiți din materiale de aliere, inhibitori de reacție și fondanți.

Procesele tehnologice specifice procedurii CBI, se derulează preponderent gravitațional și cu o prezență minimală a aerului atmosferic.

Din punct de vedere metalurgic, Procedeu CBI este de tip DRI multisevențial. continuu.

Materiile prime procesate pot avea caracteristici diferite chiar și atunci când sunt de același tip și din această cauză, procesele tehnologice aplicate trebuie adaptate, în timp real/secvențial, lotului prelucrat în acel moment. Aceasta se realizează prin utilizarea unui program P, încărcat într-un controler ( Ctrl) prezentat în figura 4.

În consecință, procedeu metalotermic propus prin CBI este definit, conform DEX, ca fiind un procedeu secvențial care se derulează în timp, printr-o succesiune ordonată de procese fizico-chimice distincte.

Procedeu secvențial propus prin CBI, permite obținerea produselor de reacție programate, prin procesarea serială sau/și paralelă a unor anumite tipuri de materii prime și de reactanți, plus a moderatorilor de reacție rezultați din acestea.

CBI propune utilizarea de loturi de materii prime, indiferent de mărimea lor.

Loturile de materii prime sunt constituite din:

1. Precursorii oxidici formați din: minereuri metalice (ex. minereuri de fier fără pirite) și /sau din deșeuri oxidice ( ex. țundere de oțel) .
2. Precursorii de reducători metalici sunt formați din: pulberi vrac de aluminiu, de magneziu sau deșeuri procesate ale unor astfel de produse;
3. Precursori de moderatori de reacție sunt formați din: materiale de aliere (ex. feroaliaje), din inhibitori de reacție (floare de cuie, șpanuri metalice -ex. oțel) și fondanți ( ex.  $\text{CaCO}_3$ ) .

Prin procesări, loturile de materii prime devin loturi de:

a. Reactanți termitici formate din: oxizi metalici (ex:  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$ , etc) și din reducători metalici (ex. pulberi de aluminiu, de magneziu sau deșeuri mărunțite ale unor astfel de materiale) ;

b. Moderatori de reacție formați din: materiale de aliere (ex. feroaliaje, șpanuri sau pulberi de metale pure), inhibitori de reacție (ex. șpanuri de oțel) și fondanți (ex. pulberi uscate de  $\text{CaCO}_3$ ).

Loturile de materii prime procesate (reducători și/sau de moderatori de reacție), sunt caracterizate prin compoziții chimice și granulometrice care împreună definesc " sortimentele" respectivelor materiale ( ex.  $\text{Fe}_2\text{O}_3^{0,2-0,3}_{70\%}$ ,  $\text{FeMn}^{3-5}_{\text{Mn}-70\%}$ , etc).

Ansamblul format din sortimentele de reactanți și de moderatori de reacție, dozate procentual, amestecate și omogenizate, conform unor "rețete termitice", constituie amestecuri

metalotermice/aluminotermice , denumite și ” amestecuri termitice” care, pentru CBI reprezintă ”combustibilii metalotermici” folosiți.

Prelucrarea serială/paralelă a diverselor loturi de materii prime constituie secvențe ale proceselor care conduc la eliberarea energiei calorice și la obținerea de produse metalurgice complementare.

În consecință, procesele metalotermice vizate prin CBI sunt procese secvențiale sau multisecvențiale cu derulare serială continuă.

Marea diversitate a compozițiilor chimice a materiilor prime oxidice conduce la producerea unei diversități de reactanți termitici oxidici, ceea ce impune generarea proporțională a unei diversități de rețete termitice, capabile să conducă la anumite produse de reacție.

Rețetele termitice programate (conform programului P), se materializează într-un amestecător omogenizator (AM), identificat în figura 3.

Materializarea rețetelor termitice folosește dozarea procentuală , cu dozatoarele (D), a reactanților termitici și a moderatorilor de reacție produși în Modulul A și colectați în buncărele modulului B, din figura 3.

Materialele din buncăre, după caracterizarea prin difractometrie și după dozare procentuală sunt dirijate gravitațional către amestecătorul (AM) unde, prin omogenizare materializează rețeta termitică/termitul de moment, adică ”combustibilul metalotermic” folosit. Acesta după omogenizare este caracterizat difractometric și dozat conform programui P, după care este trimis gravitațional în creuzetul metalotermic (CM).

Trecerea de la o rețetă termitică la alta reprezintă /marchează o nouă secvență a procesului metalotermic.

Secvențele, în multitudinea lor, pot avea durate diferite, dependente de mărimea lotului de materii prime cu proprietăți similare , procesate la un moment dat.

Procedeul CBI, utilizează inhibitorii de reacție atât pentru controlarea vitezei de reacție, cât și pentru oprirea procesului, în caz de avarie.

Oprirea procesului se poate realiza prin oprirea alimentării cu reactanți a creuzetului metalotermic sau/ și inundarea acestuia cu inhibitori de reacție.

Procedeul CBI permite un schimb permanent de masă și energie cu exteriorul sistemului considerat.

Procedeul CBI propune răcirea creuzetului de reacție folosind topituri metalice.

Procedeul CBI, utilizează energia primară potențială de tip chimic, eliberată metalotermic. Energia chimică potențială se datorează forțelor electrice care apar în urma rearanjării sarcinilor electrice a electronilor și ale protonilor în procesul de formare a noilor legături chimice care conduc la produsele de reacție.

După cum se știe, orice proces chimic sau metalurgic decurge în sensul diminuării energiei interne a sistemului, ceea ce face ca energia eliberată să fie transferată mediului înconjurător sub formă de căldură (energie utilizabilă).

Cantitatea de energie calorică disponibilizată prin reacțiile metalotermice considerate este dependentă de tipul oxizilor și a reducătorilor utilizați dar, pentru estimări rapide se poate admite o medie de circa 850Kcal/Kg termit reacționat, ceea ce poate genera în creuzet temperaturi și de peste 2600°C . Din această cauză se impune răcirea creuzetului , deoarece temperatura lui de funcționare nu trebuie să depășească 2300°C.

Procedeul CBI, tratează reacțiile specifice ale metalotermiei (ex. – ale aluminotermiei) ca având teoretic, două componente complementare: o componentă energetică exergonică și o componentă endergonică.

Componentele oxidice din țundere sau/și din minereuri, alături de metalele reducătoare, sunt utilizate pentru proprietățile lor potențial exergonice.

Celelalte materiale care, se introduc în creuzetul metalotermic (moderatorii de reacție) pot fi endergonice ( Ex. FeMn, inhibitorii de reacție, etc) iar altele pot fi exergonice ( Ex. Mg, Ti, Zr, etc), ceea ce face, ca din punct de vedere energetic, funcționarea creuzetului să prezinte un bilanț energetic excedentar.



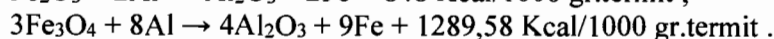
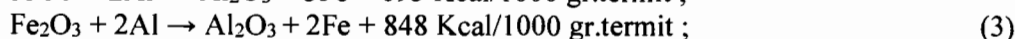
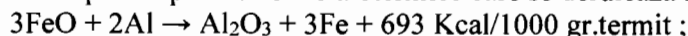
Specificitatea procedurii CBI asigură continuu, în convertizorul metalotermic, o echilibrare molară a debitului de reactanți cu debitului produselor de reacție. Acest fapt conduce simultan și la o echilibrare a vitezei cu care se consumă reactanții, față de viteza cu care se formează produsele de reacție.

Componenta exergonică se manifestă după depășirea etapei tranzitorii de amorsare a reacției metalotermice care, inițial este endergonică.

Componenta exergonică poate apare atunci când entalpia liberă de reacție este negativă ( $\Delta G^0 < 0$ ).

Componenta exergonică este dependentă atât de temperatura/viteza reacțiilor metalotermice de oxido-reducere, exprimată în kilograme de amestec metalotermic (termit) consumate într-o secundă, cât și de capacitatea de producție aleasă.

Capacitatea de producție aleasă pornește de la exprimarea molară a reacțiilor de tipul (3), definitorii pentru procesele metalotermice care se derulează în creuzetul metalotermic (CM).



Componenta exergonică face ca derularea controlată a reacțiilor de tipul (3) să evolueze în sensul reducerii oxizilor dacă se generează entalpie liberă de reacție negativă.

Componenta reducătoare a reactanților metalotermici trebuie să fie cât mai ieftină și suficientă pentru a susține un proces continuu, eficient și derulat la capacitatea de producție aleasă.

Funcție de tipul oxizilor metalici preponderenți ( ex. de Fe sau de Cu), reducătorul eficient poate fi aluminiu aprovizionat din diverse surse ( ex. aluminiu atomizat sau recuperat din deșeuri de aluminiu).

Componenta moderatoare poate demara doar dacă dispune de energia necesară, furnizată de componenta exergonică și din această cauză între cele două componente există inițial un decalaj de timp.

CBI propune utilizarea de reactanți termitici care diminuează semnificativ utilizarea carbonului și a sulfului, simultan cu diminuarea prezenței aerului atmosferic în creuzetul metalotermic, ceea ce duce și la diminuarea semnificativă a prezenței gazelor de tip  $\text{NO}_x$ , în gazele de reacție. Aceasta face ca procedeul CBI să nu genereze cantități semnificative de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  și compuși ai sulfului ( Ex.  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , etc) și să devină astfel un procedeu tehnologic "mai curat" de eliberare metalotermică a energiei termice și de convertire a ei în energie electrică, complementar cu producerea metalotermică secvențială a unor materiale metalice (ex. oțeluri, fonte, feroaliaje) sau nemetalice (ex.-zguri cu minim 70%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

CBI prezintă, conform figurii 3, utilizarea unor subansambluri inventive (Ex. creuzetul metalotermic răcit cu topituri metalice) alături de folosirea neevidentă a unor mijloace cunoscute (Ex. separatoare granulometrice), într-un alt scop și cu obținerea unor efecte noi și surprinzătoare. Astfel, plecând de la eliberarea energiei chimice potențiale existentă în amestecurile metalotermice (combustibilii metalotermici), prin cogenerare se produce metalotermic energie termoelectrică, simultan și complementar cu metale/aliaje sau nemetale.

De asemeni, procedeul CBI propune inventiv utilizarea unitară a tunderelor sau/și a minereurilor metalice oxidice de tip hematită (69,9% Fe), magnetită (72,4% Fe), goetită ( $\text{FeO}(\text{OH})$  - 62,9% Fe) și limonite ( $\text{FeO}(\text{OH}) \cdot n(\text{H}_2\text{O})$  - 55% Fe) pentru a fi transformate în componente termitice oxidice similare.

La ieșirea din creuzetul metalotermic, metalul/aliajul rezultat este caracterizat compozițional.

Caracterizarea se face secvențial, folosind analizoarele (R) care practică analize de tip XRF.

Orice modificare a compoziției chimice a combustibililor metalotermici determină schimbări ale compoziției chimice ale produsele de reacție.

Identificarea situației nou apărute după orice modificare a rețetei termitice, se face folosind analizoarele spectrale (R) din figura 3. Acestea, începând după 15 s de la modificarea rețetei, analizează de 5 ori (la intervale de 10s) evoluția compoziției chimice a metalelor/aliajelor rezultate din creuzetul (CM), ceea ce permite înregistrarea noii compoziții chimice a metalelor/aliajelor produse.

Controlerul, printr-un program P, înregistrează noua compoziție, o compară cu compoziția programată și dacă este cazul comandă ameliorarea ei.

Ameliorarea compoziției chimice a oțelului rezultat se face adăugând doză, în omogenizatorul (OM), a moderatorilor de reacție aflați într-un ansamblu de buncăre amplasate deasupra omogenizatorului.

Ansamblul format din omogenizatorul rotativ (OM) și vasul de temporizare a turnării (VTT) înlocuiește oțelăriile tradiționale și asigură obținerea mărcilor de oțel dorite.

Omogenizatorul rotativ (OM) preia oțelul produs în creuzetul (CM) timp de 15 minute, îl amestecă cu moderatorii necesari (suplimentar) și îl dirijează către vasul (VTT), de temporizare a turnării.

Vasul de temporizare a turnării permite separarea zgurii secundare, decantate la suprafața metalului aflat în acest vas. Totodată, vasul de temporizare a turnării permite acumularea metalului produs într-o oră și răcirea naturală a lui, până la temperatura de turnare continuă.

Elementele tehnice inovative și cele cunoscute "în stadiul tehnicii" contribuie la eliminarea dificultăților tehnice, ecologice și financiare aflate în calea producerii metalotermice a energiei electrice, complementar cu producerea ieftină de metale/aliaje sau nemetale.

Totodată, prin utilizarea omogenizatoarelor și a vaselor de temporizare a turnării, se pot definitiva compozițional și mărcile de oțeluri dorite.

Procedul CBI, prezentat schematic în figura 3, propune inventiv atât funcționarea cu un minim de aer atmosferic (rămas după vidarea la 0,1 mbari) a creuzetului metalotermic (CM), cât și răcirea acestuia cu ajutorul unor topituri metalice aflate la temperaturi cuprinse între 1100°C și 1200°C și astfel aflate între temperaturile de topire și cele de fierbere ale metalului de răcire.

Dintre metalele ale căror topituri se pot încadra funcțional (fără a genera cantități mari de vapori) între temperaturile de topire – fierbere necesare atât pentru transferul de căldură cât și pentru răcirea creuzetului de reacție se poate alege cuprul. Acesta se poate folosi la temperaturi cuprinse între 1085°C și 1150°C.

O astfel de soluție de răcire a creuzetului metalotermic oferă siguranță deoarece nu generează cantități mari de vapori chiar dacă, accidental, topitura de răcire ar ajunge în contact direct cu oțelul topit.

Prezentarea CBI urmărește modular etapele și fazele prin care procedul propus permite procesarea loturilor de materii prime și conduce la obținerea produselor de reacție utile (energie termoelectrică, metale/aliaje, zguri și gaze de reacție. Toate valorificabile.

Prezentarea CBI este structurată conform schemei bloc din figura 2. Ea acoperă Procedul și Instalația CBI, evidențiate pe 2 etape și 8 faze tehnologice.

**Etapa 1** - Prezintă procedul și instalația de procesare a materiilor prime și de transformare a acestora în reactanți termitici, în moderatorii de reacție și în fondanți utilizabili.

Etapa 1 se derulează pe 3 faze de procedeu care conduc la justificarea alcătuirii a 3 linii tehnologice complementare A1, A2 și respectiv A3). Acestea corespund celor 3 tipuri de materii prime folosite: oxidice, reducătoare și moderatoare.

Faza A1 - prezintă procedul și instalația complementară de procesare a precursorilor oxidici, respectiv Linia A1

Faza A2 – prezintă procedul și instalația complementară de procesare a precursorilor de reducători, respectiv Linia A2

Faza A3 - prezintă procedul și instalația complementară de procesare a precursorilor de moderatorii de reacție și de fondanți, respectiv Linia A3



**Etapa 2** - Prezintă procedeul și instalația de procesare metalotermică a reactanților termitici, a moderatorilor de reacție și a fondanților și de transformare a lor în produse de reacție valorificabile (energie termoelectrică, metale /aliaje, zguri și pulberi metalice sau nemetalice).

Etapa 2 - Se derulează pe 5 faze/linii tehnologice, corespunzătoare celor 5 tipuri de procese care valorifică metalotermic rezultatele Etapei 1.

Cele 5 faze ale Etapei 2 sunt:

Faza B1-prezintă procedeul și instalația complementară de procesare metalotermică a componentelor termitice rezultate în Etapa 1, pentru a deveni termituri și respectiv produse de reacție valorificabile.

Faza B2- prezintă procedeul care permite procesarea materialelor rezultate în faza B1 și care conduce la instalația complementară, respectiv la Linia B2.

Faza B3- se referă la procedeul de procesare a zgurilor metalotermice rezultate în creuzetul (CM) și care conduce la instalația complementară de procesare a acestor zguri, respectiv la Linia B3.

Faza B4- prezintă procedeul utilizat pentru procesarea gazelor de reacție rezultate în urma derulării proceselor metalotermice din creuzetul (CM) și care conduce la instalația complementară de procesare a acestor gaze, respectiv la Linia B4.

Faza B5- prezintă procedeul utilizat pentru răcirea continuă a creuzetului (CM) și pentru valorificarea energiei calorice eliberate metalotermic în creuzetul (CM), prin transformarea acesteia în energie termoelectrică utilizabilă atât pentru satisfacerea nevoilor energetice ale instalației CBI, cât și pentru a crea un disponibil livrabil în rețeaua națională de distribuție a energiei electrice.

Totodată procedeul derulat în Faza B5, justifică alcătuirea instalației complementare care materializează acest procedeu, respectiv Linia B5.

#### 1.1.0.1- Particularități definitorii ale procedurii CBI

Pentru procedeul CBI, reacțiile metalotermice de referință sunt de tipul (3):

Față de acest sistem de ecuații se constată că derularea reacțiilor metalotermice conduce și la eliberarea de energie calorică.

Parte din această energie este utilă automenținerii procedurii și implicit generării produselor metalurgice de reacție, iar restul energetic este preluat și transformat în energie termoelectrică, astfel încât termiturile în reacție pot fi considerate "combustibili metalotermici" capabili să conducă la funcționalizarea unui nou tip de termocentrale. Termocentrale metalotermice, capabile să genereze complementară și produse metalurgice.

CBI admite că randamentul de transformare a energiei calorice în energie electrică este de 32-35%.

CBI nu-și propune brevetarea unei anumite rețete termitice, ci propune o modalitate flexibilă de generare a unui ansamblu de rețete termitice capabile să conducă la produsele de reacție necesare.

Din punct de vedere metalurgic, CBI propune soluții de tip DRI secvențiale cu derulare continuă, capabile să conducă către produse de reacție similare, chiar dacă loturile de materii prime procesate au caracteristici diferite. Din această cauză, procesele tehnologice aplicate trebuiesc adaptate, în timp real/secvențial, lotului de materii prime prelucrat în acel moment.

Adaptarea proceselor tehnologice se realizează prin derularea a 2 etape și a 8 faze distincte de prelucrare a materiilor prime și de transformare a lor în materiale utile, controlate printr-un program informațional. Programul P.

CBI nu-și propune brevetarea Programului P, deoarece este un program informațional clasic dar, care alături de celelalte componente ale "Procedurii" propus spre brevetare contribuie la obținerea de efecte noi și surprinzătoare. Producerea ieftină de energie termoelectrică simultan și complementară cu obținerea de produse metalurgice.

Etapa 1- este etapa de transformare a materiilor prime în reactanți termitici și în moderatori de reacție. Aceasta se derulează în modulul A și cuprinde 3 faze.

Etapa 2 – este etapa de prelucrare/ transformare a reacțiilor termitici și a moderatorilor de reacție în combustibili metalotermici și apoi, prin reacții metalotermice, în produse de reacție utile. Această etapă se derulează în modulul B și cuprinde 5 faze.

Prezentarea, ca schemă bloc conceptuală, a celor două etape este făcută modular și este evidențiată, în figura 2, iar schema bloc funcțională este prezentată în figura 3.

Derularea fazelor definiției este controlată prin utilizarea "Programului P", încărcat într-un controler ( Ctrl) prezentat în figura 4, complementară figurii 3.

Derularea etapelor tehnologice specifice CBI este organizată preponderent gravitațional.

Urmare a diversității chimice și granulometrice a loturilor de materii prime, procedeul metalotermic propus prin CBI se derulează secvențial printr-o succesiune continuă de procese fizico-chimice distincte care, împreună formează un tot unitar.

Procesele secvențiale propuse prin CBI, permit obținerea continuă a produselor de reacție programate.

CBI propune producerea metalotermică continuă a energiei termice convertibilă în energie electrică, complementar cu producerea secvențială a unor metale/aliaje, a unor zguri și a unor gaze de reacție, fără utilizarea ca reducători a carbonului, a monoxidului de carbon sau a hidrogenului.

Diversitatea compozițiilor chimice și granulometrice a materiilor prime oxidice și reducătoare conduce la producerea unei diversități de reactanți termitici (sortimente de reactanți) care, împreună cu sorturile de moderatori de reacție permite generarea proporțională a unei diversități de combustibili metalotermici, capabili să conducă la anumite produse de reacție.

Rețetele termitice programate (conform unui program P), se materializează în amestecătorul (AM) prezentat figura 3.

Materializarea rețetelor termitice sortimentale (generarea amestecurilor termitice) folosește dozarea procentuală și omogenizarea componentelor care împreună conduc la obținerea combustibilului metalotermic folosit la un moment dat.

Trecerea continuă de la utilizarea unui anumit combustibil metalotermic la altul, materializează o nouă secvență a procesului multisevențial cu derulare serială continuă.

Dozarea sorturilor de reactanți termitici și a moderatorilor de reacție, depozitați în perechile de buncărele specializate (Ex. buncărele Bmod, Bred și Box ale modulului B, din figura 3) se realizează folosind dozatoare ( ex.- cu șneac), marcate cu (D) în figura 3.

Materialele din buncăre, după caracterizarea prin difractometrie și după dozare, sunt dirijate gravitațional către amestecătorul (AM) unde, prin amestecare și omogenizare materializează rețeta/amestecul termitic, adică combustibilul metalotermic utilizat la un moment dat.

Combustibilul metalotermic este caracterizat difractometric, dozat și trimis gravitațional în creuzetul metalotermic (CM).

Dozarea se face controlat, prin Programului P.

Secvențele se derulează serial, fără întreruperea procesului. Secvențele pot avea durate diferite, dependente de mărimea loturilor de materii prime procesate la un moment dat.

CBI propune utilizarea inhibitorilor de reacție atât pentru controlarea vitezei de reacție, cât și pentru oprirea procesului, în caz de avarie.

Oprirea procesului se poate realiza prin oprirea alimentării cu reactanți a creuzetului metalotermic (CM) sau/și prin inundarea acestuia cu inhibitori de reacție.

Procedeul CBI fiind un procedeu secvențial cu derulare continuă, permite un schimb permanent de masă și energie cu exteriorul sistemului considerat.

Cantitatea de energie calorică disponibilizată, prin reacțiile metalotermice considerate, este dependentă de sortimentele reactanților utilizați. Pentru estimări orientative se poate admite o medie de circa 850 Kcal/Kg termit reacționat care poate genera în creuzetul metalotermic temperaturi și de peste 2600°C. Acest fapt trebuie evitat și din această cauză se impune și răcirea creuzetului (CM) sau/și utilizarea unor amestecuri termitice generatoare de temperaturi alese conform unor diagrame de tipul prezentat în figura 3b.

Specificitatea CBI asigură continuu, în creuzetul metalotermic, prin dozare o echilibrare molară a debitului de reactanți cu debitul produselor de reacție. Acest fapt conduce simultan și la o echilibrare a vitezei cu care se consumă reactanții, cu viteza cu care se formează produsele de reacție.

Dimensionarea instalației CBI se face în concordanță cu capacitatea de producție aleasă.

Capacitatea de producție este aleasă respectând relațiile molare biunivoce prezentate în sisteme de ecuații de tipul (3)

### 1.1.1- Comanda și controlul procedurii electro-metalurgice, promovate prin CBI - se face utilizând un program informațional P încărcat într-un controler (Ctrl).

Programul P generează "diagramele termitice", de tipul celor prezentate în figura 3b.

Diagramele rezultă prin interpretarea grafoanalitică a relațiilor biunivoce care rezultă din sisteme de ecuații de tipul (3). Acestea leagă compozițiile chimice ale combustibililor metalotermici de parametrii definitorii ale produselor de reacție .

Diagramele termitice sunt realizate în timp real, pentru fluxul de reactanți termitici provenit din materiile prime supuse procesării la un moment dat.

Caracterizarea fluxului de materii prime și de reactanți obținuți, se face, utilizând difractometre sau analizoare spectrale de tip XRF care validează și datele din certificatele de calitate, însoțitoare ale materialelor achiziționate.

Analizele difractometrice permit, prin programul P, identificarea rapidă a ecuațiilor molare, de tipul (3), specifice ca referențial pentru un anumit lot de reactanți și care alături de celelalte componente, materializează și capacitatea de producție aleasă.

**OBSERVAȚIE:** Pentru exemplificare procedurală practică, diagrama termitică din figura 3b prezintă un proces metalotermic simplificat care, nu evidențiază și energia schimbată pentru modificări de fază.

Reprezentarea grafică a condiționărilor relevate de sistemul de ecuații de tip (3) indică legăturile directe/liniare/biunivoce existente între parametrii de reacție, ceea ce permite ca alegerea unui parametru să-i identifice și pe ceilalți. Această facilitate transformă "diagramele termitice", de tipul prezentat în figura 3b, într-un instrument de comandă și control al Procedurii CBI

Astfel, temperatura procesului metalotermic este identificat ca fiind parametrul necesar și suficient pentru definirea molară/parametrică a rețetelor metalotermice care conduc la un anumit combustibil metalotermic procesat la un moment dat.

Și reciproc, temperaturile de reacție pot fi estimate compozițional, conform diagramelor de tipul prezentat în figura 3b, corespunzătoare amestecului termitic (combustibililor metalotermici) procesați la un moment dat.

Funcție de caracteristicile ansamblului sortimental al amestecurilor termitice, vitezele de derulare a reacțiilor metalotermice pot lua rapid valori foarte mari care, fac inutile încercările "post factum", de controlare a lor și din această cauză estimarea temperaturii la care se derulează reacția este esențială.

Totodată, prin ecuația lui Arrhenius  $k = Ae^{\frac{-E_a}{k_B \cdot T}}$  (4), devine evident că vitezele și temperaturile de reacție sunt interdependente.

**NOTĂ-** În ecuația (4) :  $k$  este constanta vitezei de reacție,  $A$  este un factor pre-exponențial,  $k_B$  este constanta lui Boltzmann,  $T$  este temperatura absolută a reacției și  $E_a$  este energia de activare a reacției

Astfel de diagrame, ridicate pentru fiecare lot de reactanți termitici, permit ca alegând o anumită temperatură de derulare a reacției termitice să poată fi estimată viteza de reacție și compoziția amestecului aluminotermic care o generează și o garantează.

Comanda și controlul Procedurii și a Instalației CBI se face folosind "diagramele termitice" încorporate "Programului P" care este încărcat în controlerul (Ctrl), a cărui schemă bloc este prezentată în figura 4.

Prin Programul P, controlerul (Ctrl) înregistrează caracteristicile materiilor prime și ale componentelor termitice rezultate (reactanți și moderatorii de reacție), furnizate în timp real de difractometrele sau de analizoarele spectrale utilizate și le coroborează cu caracteristicile preconizate ale produselor de reacție .

Pe baza sistemelor de ecuații de tip (3) și a corelărilor de tipul celor prezentate în Diagramele Termitice (figura 3b), aferente lotului procesat în acel moment, Programul P stabilește rețeta termitică de moment și comandă materializarea ei (combustibilul metalotermic adecvat).

Înfăptuirea procentuală a rețetei termice de moment se obține, în principal, prin comanda și controlul dozatoarelor cu șnecc (D), evidențiate în figura 3.

Programul P, încorporat în controlerul (Ctrl), acționează ca o buclă de control continuu în care se evaluează valorile transmise de senzori cu o frecvență de minim 1Hz.

Ieșirile Programului P sunt reprezentate de comenzi către actuatori (dozatoare cu șnecc, electrovane, etc), comandând astfel atât materializarea procentuală a combustibililor metalotermici de moment, cât și obținerea produselor de reacție dorite.

Controlerul, prin programul P, interpretează măsurătorile analogice necesare și le transformă în format digital pentru a le putea utiliza în formulele matematice specifice care, țin cont de variația în timp real a caracteristicilor materiilor prime, ale reactanților și ale moderatorilor de reacție.

Funcționarea controlerului (Ctrl) este prezentată în figura 4. Din această figură se vede că bucla de comandă și control a procedurii și a instalației aferente CBI începe de la caracterizarea materiilor prime, urmată de comanda actuatorilor care condiționează procesarea și caracterizarea reactanților termici și a moderatorilor de reacție. Aceștia, sub comanda controlerului (Ctrl și a programului P), sunt transformați în produse de reacție valorificabile (căldură, zguri, aliaje și gaze de reacție).

În acest context, sunt controlate și ameliorate atât caracteristicile metalelor/aliajelor ajunse în vasul (VTT), cât și colectarea și evacuarea zgurii secundare rezultate în acest vas.

Pentru aceasta, metalele /aliajele rezultate din creuzetul (CM) sunt evaluate cu analizoare (R), de tip XRF și deversate în omogenizatorul rotativ și înclinabil (OM) și de aici în vasul (VTT).

Temperatura de intrare și de ieșire din vasul (VTT) și timpul de temporizare a turnării sunt permanent monitorizate de controlerul (Ctrl). Acesta, la atingerea valorii optime de temperatură a metalului din vasul (VTT) (circa 1600°C) comandă înclinarea sa cu unghiul ( $\alpha$ ) și determină astfel deversarea controlată a conținutului acestuia, în instalația de turnare continuă (ITT).

De asemeni, controlerul (Ctrl) comandă și deschiderea electrovanelor proporționale de evacuare atât a zgurii secundare, cât și a metalului pregătit pentru turnarea continuă, prezentate în figura 16, complementară figurilor 2 și 3,

Eficiența procedurii CBI rezultă din "Fișa de Moment a Proceselor Metalotermice", ridicată în timp real și prezentată, ca tip, în tabelul 2.

În acest sens, secvențial, pentru fiecare lot termic procesat, programul P alcătuiește o fișă comparatoare a caracteristicilor definitorii ale componentei exergonice a procesului și a produselor de reacție rezultate. Astfel, prin programul P, se alege în timp real, ca referință teoretică, un "modul termic" de 10 Kg de reactanți oxidici, la care se adugă reducătorii necesari și pe baza ieșirilor din reacții, se întocmește "Fișa de Moment a Proceselor Metalotermice".

"Fișa de Moment a Proceselor Metalotermice" este de tipul prezentat în Tabelul 2. Aceasta evidențiază parametric (cantitativ și procentual) situația secvențială, de moment, a intrărilor și a ieșirilor din reacțiile respective (ex. aluminotermice).

TABELUL 2- Fișa de Moment a Proceselor Metalotermice

Material Parametru	FeO [Kg / %]	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [Kg / %]	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> [Kg / %]	Al [Kg / %]	Fe [Kg / %]	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [Kg / %]	ZGUR Å [Kg / %]
C <sub>p</sub> [Kcal/Kg°C]	0,200	0,180	0,207	0,114	0,157	0,329	0,280
<b>REACTANȚII MODULULUI TERMIC</b>							
M <sub>OXIZI</sub> [Kg]	1,100/8,3	2,500/19	6,400/48,8		-	-	-
Al [Kg]	0,2754/8,8	0,8488/27,2	1,9888/63,88	3,113/23,7 %		-	-
Raport Al/oxizi [%]	25	33,9	31	31	-	-	-
TERMITURI [kg]	1,3754/10,5	3,349/25,5	8,389/63,9	-	-	-	-
ΔQ <sub>termit</sub> [Kcal]	952,8	2840	10818,4	-	-	-	-
Total termituri [Kg]	13,113						
<b>PRODUSELE DE REACȚIE CORESPUNZĂTOARE MODULULUI TERMIC</b>							
Fe [Kg] / %	0,6838/12, 6	1,1931/22	3,5329/65,24	-	-	-	-
ΔQ <sub>fier</sub> [Kcal]	297,8	468,1	1593,8				

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [Kg]	0,4162/9	1,3069/29	2,8671/62	-	-	4,590/ 35	-
Zgură [Kg]	0,578	1,815	3,982	-	-	-	6,375/ 48,6
ΔQ zgură [Kcal]	239,5	752,1	1650,1	-	-	-	-
Fe / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [%]	1,643	0,913	1,231	-	-	-	-
Q [Kcal]	953,15/6,5 2	2.839,95/19,4 3	10.818,2/74,0 3	-	-	-	-
Total fier + zgură [Kg/%]	11,784 / 89,8%						
ΔQ <sub>fier</sub> + ΔQ <sub>zgură</sub> [Kcal]	2359,7 + 2641,7 = 5001,4						
Total ΔQ [Kcal]	14.611,2						
Raport Fe/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,18						
<b>PIERDERI PRIN REACȚIE</b>							
Gaze de reacție [Kg]/[%]	MASICE [Kg/%]			CĂLDURĂ [Kcal/%]			
	1,429 / 10,9			1611,45/ 10,9			
Total căldură pierdută [Kcal]	9609,7						
<b>RANDAMENTE / RAPOARTE</b>							
Randament masic total [%]	76,3						
Randamentul fierului [%]	41						
Randamentul zgurii [%]	48,6						
Raportul termic [Kg/Kcal]	0,89745						
Randamentul caloric [%]	34,2						

Atât trecerea materiilor prime dintr-o fază tehnologică în alta, cât și etapele de producere și de valorificare a produselor de reacție rezultate sunt monitorizate (controlate și validate electronic prin controlerul (Ctrl) care, prin senzorii săi (cronometre, difractometre, analizoare XRF și termometre) folosește Programul P.

### 1.1.0.1.2 – Rețete termitice ecologizate

Procedul CBI propune utilizarea sorturilor de reactanți termitici și de moderatori de reacție dozați procentual și omogenizați, urmărind diminuarea semnificativa a prezenței carbonului și a sulfului.

Simultan se urmărește și diminuarea prezenței aerului atmosferic în creuzetul (CM), ceea ce face ca procedul și instalația CBI să nu genereze cantități semnificative de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> și compuși ai sulfului ( Ex. SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, etc) și să devină astfel un procedeu tehnologic ”mai curat”.

Rețetele termitice se constituie molar, conform unor diagrame termitice de tipul celor prezentate în figura 3b, rezultate din interconexiunile rezultate din sistemele de ecuații de tip (3), aferente unui anumit amestec termitic (combustibil metalotermic), procesat la un moment dat.

Sistemele de ecuații de tip (3) arată molar cum o anumită compoziție metalotermică conduce la eliberarea metalotermică a energiei termice, complementar cu producerea multisevențială cu derulare serială continuă, a unor materiale metalice (ex. oțeluri, fonte, feroaliaje) sau nemetalice (ex.- zguri cu minim 70% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) și gaze de reacție.

Rețetele termitice întocmite conform sistemelor molare de tip (3) folosesc reactanți oxidici obținuți prin procesarea de minereuri (ex. de fier) sau/și din deșeuri oxidice de tip țunder (ex. de oțel). Complementar se utilizează și reducători metalici. (ex. Al, Mg, compuși chimici cu Na, Ca, etc).

Pentru alcătuirea rețetelor termitice, procedul CBI propune inventiv procesarea unitară a materiilor prime oxidice de tipul țunderelor sau/și a minereurilor metalice. Ca minereuri oxidice feroase se propune utilizarea doar a celor de tip hematită (69,9% Fe) , magnetită (72,4% Fe), goetită (FeO (OH) - 62,9% Fe) și limonite (FeO (OH) · n (H<sub>2</sub>O) - 55% Fe).

Prin procesare, țunderile și minereurile oxidice sunt transformate în reactanți termitici similari.

Rețetele termitice se întocmesc pornind de la cantitățile și de la calitățile produselor de reacție vizate. Ele trebuie să corespundă relațiilor biunivoce prezentate grafic în figura 3b.

Distribuția granulometrică procentuală, pe tip de reactanți este exemplificată în tabelul 1.

Tabelul 1

REACTANȚI	OXIZI									ALUMINIU		
GRANULAȚII	200-500			500-1000			1000-1500			100	200	300
										-	-	-
										200	300	-500
TIP	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	-	-	-
%	53			42			5			10	25	65

### 1.1.0.1.3 – Particularități generale ale instalației prezentate în CBI

CBI prezintă, conform schemei bloc din figura 3, interconectarea funcțională a subsansamblurilor inventive și a celor neinventive folosite pentru constituirea Instalației care materializează procedeul inventat.

Ca instalație, CBI propune utilizarea atât a unor subsansambluri cunoscute (ex. cuptoare rotative, separatoare magnetice, separatoare pe granulații, buncăre, dozatoare, amestecătoare, creuzete, etc) și a unor materiale cunoscute (ex. oxizi metalici, reducători metalici, feroaliaje, etc), cât și utilizarea unor componente tehnologice noi/inventive. Acestea sunt: creuzetul metalotermic (CM) vidat parțial, cu pereți dubli și răcit cu topituri metalice, omogenizatorul înclinabil și rotativ (OM), folosit pentru ameliorarea compozițiilor chimice ale materialelor rezultate din (CM) și vasul înclinabil (VTT), de temporizare a turnării și de finisare a topiturilor obținute metalotermic.

Ansamblul componentelor cunoscute în "Stadiul Tehnicii", cu cele nou propuse prin CBI, contribuie inventiv la obținerea unor efecte noi și neașteptate cum ar fi producerea metalotermică de energie termoelectrică, simultan și complementar cu obținerea de produse metalurgice (metale, aliaje, zguri și gaze de reacție), toate valorificabile.

Creuzetul metalotermic (CM) din figura 3 este, inițial, vidat parțial. Acesta are pereți dubli și este răcit cu topituri metalice (Ex. Topituri de Cu).

La ieșirea din creuzetul metalotermic, metalul/aliajul rezultat este caracterizat compozițional.

Caracterizarea se face secvențial, folosind analizoarele (R) care practică analize de tip XRF.

Orice modificare a rețetei termitice poate determina schimbări ale compoziției chimice din produsele metalurgice de reacție.

Identificarea situației nou apărute după orice modificare a rețetei termitice, se face folosind analizoarele spectrale (R) din figura 3 (complementară figurii 2). Acestea, începând după 5 s de la modificarea rețetei, analizează de 5 ori (la intervale de 10s) evoluția compoziției chimice a metalelor/aliajelor rezultate din creuzetul (CM), ceea ce, prin Programul P, permite identificarea, înregistrarea și eventual ameliorarea ei.

Ameliorarea compoziției chimice a oțelului rezultat se face adăugând dozat, în omogenizatorul (OM), a moderatorilor de reacție disponibili într-un ansamblu de buncăre aferente omogenizatorului, amplasat deasupra unei pîlnii de alimentare a acestuia.

Ansamblul format din omogenizatorul rotativ (OM), buncărele aferente acestuia și vasul de temporizare a turnării (VTT) înlocuiește oțelăriile tradiționale și asigură obținerea mărcilor de metale/aliaje dorite (ex. oțel).

Omogenizatorul rotativ (OM) este înclinabil. El preia continuu oțelul produs în creuzetul (CM), timp de 15 minute, îl amestecă cu moderatorii necesari suplimentar și îl dirijează gravitațional către vasul (VTT), de temporizare a turnării.

Vasul de temporizare a turnării (VTT) permite separarea zgurii secundare, decantate la suprafață metalului aflat în acest vas. Totodată, vasul de temporizare a turnării permite acumularea metalului produs într-o oră și răcirea naturală a lui, până la temperatura de turnare continuă.

Din vasul de temporizare a turnării, metalul/alaijul este deversat, la o temperatură de circa 1600°C (în cazul oțelurilor), în instalația de turnare continuă (ITT) și de aici, solidificat ajunge în laminorul (L).

Elementele tehnice inovative și cele cunoscute în "stadiul tehnicii" contribuie la eliminarea dificultăților tehnice, ecologice și financiare aflate în calea producerii metalotermice a energiei electrice, complementar cu producerea metalotermică de metale/alii sau nemetale.

Totodată, prin utilizarea omogenizatoarelor și a vaselor de temporizare a turnării, se pot definitiva compozițional și mărcile de oțeluri dorite.

Din punct de vedere practic, instalația CBI propune un ansamblu de soluții tehnologic necesare procesării și valorificării metalotermice și ecologice a materiilor prime folosite.

Dintre metalele ale căror topituri se pot încadra funcțional (fără a genera cantități mari de vapori) între temperaturile de topire și cele de fierbere necesare atât pentru transferul de căldură cât și pentru răcirea creuzetului de reacție, se poate alege cuprul. Acesta se poate folosi la temperaturi cuprinse între 1085°C și 1175°C.

O astfel de soluție de răcire a creuzetului metalotermic oferă siguranță deoarece nu generează cantități mari de vapori chiar dacă, accidental, topitura de cupru ar ajunge în contact direct cu topitura de oțel, rezultată metalotermic în creuzetul (CM).

## 1.2 PREZENTAREA ETAPELOR CBI

### 1.2.1 - ETAPA 1 - Derulată în Uzina de preparare Materii Prime- Modulul A

Etapa 1, prezintă procedeul și instalația de procesarea secvențială a loturilor de materii prime, indiferent de clasa granulometrică careia îi aparțin, urmărind transformarea lor în componente ale rețetelor termitice (mai departe - componente termitice).

Există trei tipuri de materii prime prelucrate în Etapa 1/Modulul Asunt :

- oxizi metalici, indiferent că provin din minereuri (magnetită, hematită, limonită, goetită) sau din deșeuri metalice oxidice (țundere).
- reducători metalici, indiferent că sunt aprovizionați ca produse finite sau reprezintă deșeuri metalice procesate.
- materiale precursora a moderatorilor de reacție ( materiale de aliere, inhibitori de reacție și fondanți).

Etapa 1 propune prelucrarea secvențială a materiilor prime atât pentru eliminarea sterilului și a umidităților, cât și pentru a fi aduse într-o stare pulverulentă cu compoziții chimice și granulometrice adecvate procesărilor metalotermice (150-5000 μ).

Urmare a existenței celor trei tipuri de materii prime, Etapa 1 se derulează în trei faze și pe trei linii tehnologice care materializează fazele distincte de prelucrare acelor 3 tipuri de materii prime.

Astfel:

#### 1.2.1.1 – Faza A.1 - derulată pe Linia 1 este prezentată în figura 11

Faza A.1 propune transformarea secvențială a oxizilor metalici, aflați în minereuri sau/și țundere, în reactanți termitici similari, indiferent de ponderea compozițională chimică și granulometrică a constituenților acestor materii prime.

Astfel, după aprovizionarea materiilor prime oxidice (țundere sau minereuri), acestea sunt procesate primar pe fluxuri tehnologice specifice tipului de materie primă, după care, prin ridicare la nivelurile superioare ale modulului A, fluxurile tehnologice se reunesc, continuând pe un traseu comun (figura 11).

Materialele oxidice ajunse la nivelul superior al modulului A, parcurg gravitațional un traseu tehnologic (sitări primare, concasări, separări granulometrice sau magnetice, etc) necesar pentru a deveni reactanți termitici oxidici, cu granulații cuprinse între 200 și 1600 μ și cu ponderi preponderente ale oxizilor superiori (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> plus Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) de minim 60%, rest FeO).

Tehnologia de procesare a materiilor prime oxidice (minereuri și/sau țundere) este dependentă și de cantitățile implicate.

Dacă se urmărește procesarea unor cantități mari de oxizi metalici (milioane de tone), nu se pot utiliza eficient omogenizări similare celor practice pentru cantități limitate (Ex. de până la 50



tone) și de aceea se impune caracterizarea compozițională continuă/dinamică, pe întreg fluxul tehnologic, atât al materiilor prime, cât și a reactanților termici rezultați.

În aceste condiții, procedeul CBI propune un flux tehnologic flexibil, de tip multisevențial cu funcționare serială continuă, dependent de variațiile compoziționale inerente utilizării de țundere (deșeurii tehnologice) sau/și de minereuri.

Variațiile compoziționale chimice se referă atât la ponderea carbonului, cât și la ponderea diferitelor tipuri de oxizi existenți în amestecuri (oxizi de fier, de siliciu, de calciu, de mangan, etc).

Caracterizările compoziționale chimice sunt făcute prin difractometrie sau analizoare XRF.

Difractometrele poz.(2) și respectiv poz. (2.2)- fig. 11 livrează datele obținute Programului P care generează rețetele termice (combustibili metalotermici) funcție de compozițiile chimice ale reactanților și funcție de cerințele impuse produselor de reacție.

Caracterizările și corectările compoziționale și granulometrice se fac prin metode și cu utilaje clasice (sitare, concasare, separare magnetică, peletizare, dozare, etc).

Granulațiile utile trec în rețete, granulațiile mai mari decât cele necesare rețetelor, se reintroduc în concasoarele rotative, iar cele mai mici sunt dirijate către peletizoare sau se elimină prin depozitare.

În cazul procesării de loturi oxidice (minereuri sau/și țundere) mai mici de 50t, după omogenizare se trece la caracterizarea lor și apoi la procesare în vederea transformării acestora în reactanți termici (modulul A - linia 1).

După obținere, reactanții oxidici sunt depozitați în modulul B (convertizorul electro-metalurgic), pe clase granulometrice, în perechi de buncăre umplute, vidate și golite alternativ.

Întreg procesul este controlat și condus cu ajutorul Controlerului (Ctrl) care utilizează Programul P.

#### **1.2.1.2 – Faza A2, derulată pe Linia 2-**

**Faza A.2** propune procesarea reducătorilor metalotermici (ex. Al, Mg, compuși cu Na, etc).

Teoretic, reducătorii utilizabili pot fi metalele aflate la stânga fierului în seria Beketov- Volta.

Practic, reducătorii metalici pot rezulta eficient atât din prelucrarea minereurilor consacrate (ex. bauxită) și achiziționarea lor ca produse finite (ex. pulbere atomizată de Al), cât și din reciclarea deșeurilor de metale reducătoare (exemple- deșeurii metalice de aluminiu sau pulberi de aluminiu recuperate din șlamuri uleioase).

Reducătorii metalici de tip aluminiu sunt achiziționați pe clase granulometrice sau (în cazul recuperării din deșeurii) sunt separați granulometric pe clase cuprinse între 150-500 $\mu$ .

După separarea granulometrică, reducătorii metalici aprovizionați, devin reactanți reducători și sunt depozitați în modulul B (convertizorul electro- metalurgic), pe clase granulometrice, în perechi de buncăre umplute, vidate și golite alternativ. Figura 12.

Pentru eficientizarea Procedeului, CBI propune inventiv și procesarea șlamurilor uleioase de aluminiu, ceea ce presupune:colectarea șlamurilor, decantarea lor, spălarea cu emulsii de trefilare curate, în site poliedrale, zvântarea pulberilor obținute și colectarea fracțiilor granulometrice umede rezultate. Figura 13.

#### **OBSEVAȚII**

*Șlamurile uleioase de aluminiu rezultă în cursul operațiilor de trefilare a cablurilor de aluminiiu sau în cursul operațiunilor de laminare a diverselor profile de aluminiu.*

*Recuperarea pulberilor de aluminiu din șlanuri de face prin decantări ale componentei metalice, urmată de spălari cu emulsie de trefilare curate și zvântări ale componentei metalice decelate.*

*Din considerente de securitate, partea metalică a șlamurilor de aluminiiu (pulberi umede de aluminiiu) nu se usucă forțat/termic, nu se centrifughează și nu se agită mecanic.*

*Separarea pe clase granulometrice se face procesând pulberile în stare umedă (max. 15%).*

*Pulberile umede rezultate, conduc la obținerea de rețete termice umede, deosebit de active.*

*Procesarea șlamurilor uleioase de aluminiu nu se face în Uzina de Preparare Materii Prime, ci în amplasamente izolate, depărtate de restul instalațiilor*

#### **1.2.1.3 – Faza A.3- derulată pe Linia 3**

Faza A.3, prezentată în figura 14, propune procesarea gravitațională și secvențială a precursorilor moderatorilor de reacție reprezentați de materialele de aliere (ex. carbon, feroaliaje, etc), de inhibitorii de reacție ( ex. șpanuri de oțel) și de fondanți (ex. carbonat de calciu)

Precursorii moderatorilor de reacție sunt achiziționați conform unor certificate de calitate însoțitoare care le precizează compoziția chimică și clasa granulometrică.

După achiziționare, dacă este cazul, precursorii sunt sfărâmați pentru a fi aduși la granulația necesară (ex. 3-5 mm- pentru feroaliaje sau șpanuri).

După sfărâmare și aducerea la granulația necesară, precursorii au devenit "moderatorii de reacție" și sunt depozitați în perechi de buncăre dotate cu dozatoare, dedicate fiecărui tip de moderator.

Dublarea numărului de buncăre este necesară umplerii, vidării și golirii alternative a acestora.

Reactanții termici și moderatorii de reacție obținuți în Modulul (A), sunt transferați la nivelele superioare ale convertizorului electro-metalurgic prezentat în Modulul B-figura 2.

### 1.2.2 – ETAPA 2– se derulează în Modulul B

Etapa a 2-a de procedeu urmărește transformarea ecologică a reactanților termici și a moderatorilor de reacție în produse de reacție (energie și produse metalurgice)

Procedeul și instalația aferente etapei a 2-a se concretizează într-o instalație care reprezintă un convertizor electro-metalurgic metalotermic.

Funcționarea Etapei 2 este prezentată ca schemă bloc, în figura 5, complementară figurii 2 și 3

Etapa a 2-a a procedurii CBI evidențiază concepția care permite prelucrarea metalotermică a combustibililor metalotermici ( amestecuri omogenizate de sortimentelor oxidice, reducătoare și moderatoare) pentru a fi transformate în produse de reacție valorificabile.

Procesarea metalotermică a loturilor de reactanți și moderatorii de reacție se derulează gravitațional și conduce la obținerea a 4 tipuri de produse de reacție.

Cele 4 tipuri de produse de reacție sunt: metale/aliaje, zguri preponderent nemetalice, gaze de reacție și căldură.

Corespunzător celor 4 tipuri de produse de reacție, Etapa a 2-a se derulează pe 5 faze ecotehnologice de obținere și valorificare a produselor de reacție, materializate pe 5 linii tehnologice Toate procesele sunt controlate și dirijate de controlerul (Ctrl) care folosește programul P.

Astfel:

#### 1.2.2.1 -Faza B.1 -

Faza B.1- prezintă procedeul gravitațional care permite valorificarea reactanților, a moderatorilor de reacție și a fondanților obținuți în Etapa 1 și care justifică instalația complementară de procesare a componentelor termice, pentru a deveni termicuri/combustibili metalotermici și ulterior produse de reacție.

Procesările gravitaționale sunt secvențiale, se derulează continuu și sunt organizate, pe trei nivele, conform figurii 6 (complementară figurilor 2, 3 și 5).

Derularea fazei B.1 se desfășoară conceptual conform celor prezentate în figura 6, corespunzător nivelului 1.

Materialele obținute în etapa 1 (componentele termice), sunt depozitate la nivelul 1 în perechi de buncăre dedicate fiecărui sortiment de reactant /moderator, funcție de compoziția chimică și de clasa granulometrică căreia îi aparțin.

Buncărele servesc și ca omogenizatoare deoarece sunt construite ca tobe rotative de omogenizare continuă a conținutului.

Astfel, în sistemul de buncăre pereche (Box) sunt depozitate sortimentele oxidice necesare.

În sistemul de buncăre pereche (Bred) sunt depozitate sortimentele de reducători, iar în sistemul de buncăre pereche (Bmod) sunt depozitați moderatorii de reacție.

Perechile de buncăre pot fi umplute, vidate și golite alternativ conform necesităților tehnologice urmărite prin Programul P.

Programul P, prin difractometrele (RD) constată și înregistrează compoziția chimică, rezultată în buncăre după omogenizarea conținutului lor. Acestea, după dozare parcurg și celelalte faze ale etapei 2.

Astfel, componentele termitice sunt trimise procentual la nivelul 2, în amestecătorul (AM) unde, după amestecare/omogenizare, devin termituri / combustibili metalotermici capabili să reacționeze metalotermic.

Reacțiile metalotermice se derulează la nivelul 3, în creuzetul (CM). Acolo apar produsele de reacție programate (căldură, produse metalurgice și gaze de reacție).

Creuzetul (CM), trebuind să reziste la temperaturile programate (circa 2200°C) ale reacțiilor metalotermice, trebuie răcit. Răcirea se face cu topituri metalice ( Ex. Cupru).

În creuzetul (CM), zgura și metalele fiind în stare topită și având densități diferite, se separă gravitațional, generând 3 volume funcționale.

VOL 1- volumul metalelor produse (notat în figura 6 cu "a") .

VOL 2- volumul de reacție, în care apar metalele și zgura de reacție (notat în figura 6 cu "b").

VOL 3 – volumul zgurilor produse (notat în figura 6 cu "c").

Mărimea volumelor este variabilă, funcție de viteza de reacție, de geometria creuzetului (CM) și de capacitatea de producție aleasă.

În creuzetul (CM) combustibili metalotermici pătrund cu debitului comandat de controlerul (Ctrl), capabil să asigure echilibrarea permanentă atât cu debitele de evacuare ale produselor de reacție (metale/aliaje, zguri și gaze de reacție), cât și cu cantitatea de căldură evacuată.

Echilibrarea debitelor se realizează prin menținerea permanentă a curgerii zgurii prin dispozitivul (EzG) de evacuare a ei.

Înainte de amorsarea reacției metalotermice, pompele de vid (PV) creează o depresiune de 0,1 mbari pe întreg procesul tehnologic aferent fazei B.1.

După amorsarea reacției metalotermice, în creuzetul (CM) apar gazele de reacție care, creează o contrapresiune față de presiunea aerului atmosferic și închid clapetele de sens (CLS). Astfel, reacția din creuzet se derulează doar în prezența aerului atmosferic rămas după vidarea parțială, ceea ce diminuează semnificativ prezența NOx în gazele de reacție.

După depășirea etapei tranzitorii a reacției metalotermice și stabilizarea vitezelor de reacție, Procedul CBI urmărește echilibrarea în timp real, a vitezelor de derulare a reacțiilor de oxidoreducere (V1) și a vitezelor (V2) de formare a produselor de reacție.

Pentru Procedul CBI, vitezele de reacție reprezintă parametri tehnologici, cuantificabili și controlabili în cursul derulării procesului metalotermic.

Echilibrarea vitezelor de reacție și implicit stabilizarea temperaturii de reacție (conform Arrhenius) materializează, în creuzetul metalotermic, cele trei nivele/ intervale volumice (V1), (V2) și (V3), relativ stabilizate ale topiturilor existente,

- Volumul corespunzător nivelului "a" reprezintă volumul topiturii metalice (VOL 1) care se formează prin reacția metalotermică;

- Volumul (V2) corespunzător nivelului "b" reprezintă "volumul de reacție", în care au loc preponderent reacțiile de reducere metalotermică. Volumul intermediar (V 2) reprezintă volumul în care cele două tipuri de materiale (zgura și produsele metalice) sunt în curs de separare.

Zgura, fără constituienți metalici, datorită densității ei, are o mișcare ascendentă spre nivelul (c), formând (VOL 3) unde se acumulează.

Similar, metalul produs, având o densitate mai mare decât densitatea zgurii, are o mișcare descendentă, spre volumul (VOL 1), unde se și acumulează.

Mărimea volumelor (VOL 1), (VOL 2) și (VOL 3) este dependentă de caracteristicile chimice, fizice și tehnologice ale reactanților și ale produselor de reacție.

Cele trei volume ale topiturilor din creuzet apar gravitațional și se mențin atât datorită debitului termiturilor introduse în creuzet, cât și datorită diferențelor de densitate (dependente de compozițiile chimice și de temperatura reacției), existente între metalele/aliajele și zgurile rezultate (Ex.  $\rho_{zgura} \approx 3,3 \text{ Kg/dm}^3$ , iar  $\rho_{otel} \approx 6,8 \text{ Kg/dm}^3$ ).

Conform procedului CBI, stabilizarea nivelelor hidraulice și implicit a celor două viteze de reacție (V1 pentru consumul de reactanți și respectiv V2 pentru formarea produselor de reacție) se obține prin corelarea debitului de combustibil metalotermic introdus controlat în creuzet, coroborat cu debitul metalelor/aliajelor și a zgurilor evacuate continuu din același creuzet.

Controlarea/echibrarea debitelor se face prin menținerea permanentă a curgerii zgurii doar prin primele două orificii ale sistemului (EzG) de evacuare a zgurii din creuzetul (CM).

Curgerea zgurii prin al treilea orificiu al sistemului (EzG) impune micșorarea debitului de combustibil metalotermic, iar lipsa curgerii prin al 2-lea orificiu impune mărirea debitului de combustibil metalotermic.

Curgerea zgurii prin orificiul 4 al (EzG), impune oprirea procesului.

Temperaturile generate de reacțiile metalotermice pot fi deosebit de mari (pot depăși chiar și 3000°C) și din această cauză, temperatura de reacție trebuie limitată compozițional iar creuzetul metalotermic (CM) trebuie să fie răcit. Pentru aceasta se folosește un fluid de răcire care, este recirculat printre pereții dubli ai creuzetului metalotermic (CM) și condus înafara acestuia către un schimbător de căldură.

Fluidul de răcire are și rolul de a prelua căldura excedentară din creuzet și de a o scoate înafara acestuia, pentru valorificare.

Fluidul de răcire a creuzetului metalotermic (CM) poate fi o topitură metalică (Ex. Cu), aflată la temperatura de circa 1150°C

Debitul fluidului de răcire, coroborat cu temperatura de reacție trebuie să asigure în creuzet o temperatură globală cuprinsă între 2100 și 2300°C și o temperatură de evacuare a produselor de reacție de circa 2200°C.

Din creuzetul metalotermic (CM), metalele/aliajele rezultate sunt transferate gravitațional în omogenizatorul (OM), prezentat în figura 15, complementară figurii 3.

Toate corelările funcționale sunt realizate prin intermediul controlerului (Ctrl) care utilizează programul P.

#### 1.2.2.2. Faza B.2

Faza B.2 prezintă procedeul care permite procesarea materialelor rezultate în faza B1 și care conduce la instalația prezentată la Linia B2.

Derularea fazei de procedeu B.2 este prezentată schematic în figura 7 (complementară figurii 2 și figurii 3).

Urmare a reacționării metalotermice a amestecurilor termitice, introduse secvențial în creuzetul (CM), rezultă metale sau aliaje care curg în omogenizatorul rotativ (OM) și de aici în vasul (VTT) de temporizare a turnării (figura 7 complementară figurii 2, 3 și 6).

Procedeul CBI, propune ca la ieșirea din creuzetul (CM), metalul/aliajul produs să fie testat compozițional, folosind un analizor (R) de tip XRF.

Dacă compoziția rezultată nu corespunde celei programate, prin Programul P, se fac corectări compoziționale.

Corectările compoziționale se fac în omogenizatorul (OM). Aici se pot adauga procentual moderatorii de reacție necesari (materiale de aliere).

Moderatorii de reacție produși în etapa 1 sunt disponibili într-un ansamblu de buncăre (BOD) destinat stocării materialelor de aliere necesare.

Buncărele (BOD) permit corectări procentuale prin intermediul unor dozatoare (D).

În Faza B.2 se pot genera metale sau aliaje cu compoziții chimice uzuale.

Pentru a putea realiza/asigura o compoziție chimică omogenă a metalelor /aliajelor produse, omogenizatorul (OM), trebuie să poată stoca și ameliora producția de metale/aliaje realizată timp de 15 minute de către creuzetul (CM).

Modificarea, în timp real, a compoziției chimice a metalelor/aliajelor livrate de creuzetul (CM) face ca funcționarea omogenizatorului (OM) să fie secvențială cu derulare continuă.

Pentru verificări compoziționale, din metalul care intră în omogenizatorul (OM) se prelevează probe care, se răcesc rapid și se analizează spectral cu analizoarele (R), de tip XRF.

Informațiile decelate sunt acumulate de controlerul (Ctrl) din figura 2 care, prin programul P, le compară cu compoziția programată și comandă corecțiile necesare.

În cazul în care se impune corectarea compoziției chimice, din buncărele (BOM) dotate cu dozatoarele (D), prin controlerul (Ctrl), se comandă adăugarea procentuală a materialelor de aliere necesare

La ieșirea din omogenizatorul (OM), compoziția chimică a aliajelor rezultate este controlată printr-un alt analizor (RV), de tip XRF care permite validarea compoziției rezultate.

După validare, metalele/aliajele rezultate sunt deversate în vasul (VTT) de temporizare a turnării, pe care-l parcurg în timp de o oră.

În această perioadă, la suprafața metalului din vasul (VTT) se poate acumula "zgura secundară" care poate conține diverse impurități (Ex. oxizi, carburi, etc).

În faza 2.2, vasul (VTT) de temporizare a turnării asigură două facilități:

1 – Transvazarea continuă și răcirea naturală a metalelor/aliajelor acumulate timp de o oră.

Pentru a asigura această temporizare, vasul (VTT) trebuie să aibă o geometrie (volum, suprafață și secțiune longitudinală) capabilă să acumuleze și să transvazeze continuu, fără turbulențe metalele/aliajele produse în timp de o oră.

În acest timp vasul (VTT), prin dimensiunile sale, trebuie să permită răcirea naturală prin convecție, conducție și radiație a metalului/aliajului acumulat, de la circa 2200°C la circa 1600°C (pentru oțel).

2 – Separarea și eliminarea zgurii secundare care se formează/acumulează deasupra metalului aflat în vasul (VTT).

Zgura secundară care, curge odată cu aliajul din vas, este dirijată geometric (prin forma îngustată a vasului) spre dispozitivul de evacuare (EZ) care o conduce într-o oală colectoare (OZ).

Vitezei de curgere a metalului topit care parcurge vasul (VTT) depinde de geometria sa și de înclinarea sa reglabilă, cu un unghi ( $\alpha$ ).

Viteza de curgere este controlată de controlerul (Ctrl), . Acesta o coroborează cu viteza de răcire a metalului/aliajului care parcurge lungimea vasului (VTT), prezentat schematic în figura 16.

Variația temperaturii din vas este indicată de un ansamblu format dintr-un termometru, plasat la intrarea metalului în vasul (VTT) și de 2 termocupluri care măsoară temperatura metalului la ieșirea din vas.

Ansamblul format din termometru și termocuple, face posibilă și determinarea vitezei de răcire a metalului/aliajului destinat turnării.

Viteza de răcire necesară impune, prin programul P, alegerea optimă a unghiului ( $\alpha$ ), de înclinarea a vasului (VTT).

Alegerea judicioasă a unghiului ( $\alpha$ ) face posibil ca într-o oră, metalul/aliajul produs să parcurgă lungimea vasului (VTT) și să se răcească natural cu circa 600°C.

Evacuarea metalului/aliajului răcit, la temperatura de turnare, se face prin evacuatoare cu debite variabile (electrovane proporționale) care permit controlarea debitelor evacuate.

După finisarea compozițională, în omogenizatorul (OM) și după răcirea până la temperatura de turnare, în vasul (VTT), metalul/aliajul topit trece gravitațional în instalația de turnare continuă (ITT) și de aici, solidificat ajunge în laminorul (L) care finalizează procesarea materialelor metalice.

### 1.2.2.3 - Faza B.3

Faza B.3 se referă la procedeul de procesare a zgurilor metalotermice rezultate în creuzetul (CM) și care conduce la instalația/linia B3 de procesare a zgurilor generate metalotermic.

Derularea fazei B.3 este prezentată în figura 8 (complementară figurii 2 și figurii 3).

Zgurile apar în creuzetul (CM), ca rezultat al reacțiilor metalotermice care se derulează în acea incintă

Zgurile metalotermice sunt formate din minim 70% trioxid de aluminiu, cu formula  $Al_2O_3$ .

Restul procentual este reprezentat de alice metalice și/ sau de oxizii metalici nereacționați metalotermic.

Metodologia de procesare a zgurilor metalotermice presupune evacuarea lor dn creuzetul (CM), spre un atomizor (AZ) unde sunt transformate în alice (corpuri sferoidale) de diferite dimensiuni.

Pentru atomizare, zgurile aflate la temperaturi de circa 2200°C sunt disperse cu un jet de amestec aer-apă, dirijat perpendicular pe jetul pe zgură topită.

Presiunea cu care amestecul aer-apă dispersează jetul de zgură este de 0,25 MPa.

Prin atomizare apar alice sferoidale preponderent metalice sau și oxidice, având granulații cuprinse între cele submicronice și cele milimetrice (3-5 mm).

Alicele rezultate sunt colectate în perechea de decantoare (DEC). Decantoarele (DEC) au o funcționare alternativă, fiind umplute sau golite după o răcire alternativă cu apă provenită din răcitorul (RA).

Temperatura de răcire a alicelor este de circa 40°C.

Apa din decantoare este răcită alternativ cu ajutorul unui răcitor (RA) de mare capacitate.

După răcire, alicele sunt trecute gravitațional într-un uscător rotativ (UR)

Uscătorul (UR) folosește aer la temperatura mediului ambiant, furnizat de un sistem de ventilatoare (VE) care creează o presiune de circa 1,25 bari.

Din uscătorul (UR), atât alicele metalice cât și alicele nemetalice trec într-un separator magnetic (SM) care, separă alicele preponderent metalice, de alicele preponderent nemetalice (corindonice –  $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

După separarea magnetică, cele două tipuri de alice ajung în separatoarele pe granulații (SG) care decelează clasele granulometrice de interes.

Alicele separate pe clase granulometrice cu dimensiuni variind între dimensiuni micronice și dimensiuni milimetrice, sunt apoi depozitate în sisteme de buncăre dedicate celor două tipuri de alice.

Întreg procesul este controlat și dirijat prin programul P, încărcat în controlerul (Ctrl).

#### 1.2.2.4 – Faza B.4

Faza B.4 -reprezintă partea procedurii CBI de neutralizare - valorificare a gazelor de reacție.

Faza B.4 este prezentată conceptual, ca schemă bloc, în figura 9 (complementară figurii 2 și figurii 3).

Urmare a specificităților procedurii CBI, gazele de reacție conțin doar urme de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> și de compuși gazoși ai sulfului.

Gazele de reacție conțin preponderent vapori metalici și nemetalici. Aceștia rezultă la temperaturi de circa 2300°C și sunt evacuați din creuzetul (CM) la temperaturi de circa 2200°C

Gazele de reacție sunt colectate de o hotă (H) care, le trimite spre un coș (CG) de evacuare a lor.

Coșul (CG), printr-un recuperator de căldură (RCP), permite recuperarea parțială a căldurii vehiculate de gazele de reacție

Gazele de reacție, după o filtrare umedă, realizată cu un nebulizator (NB), sunt trecute printr-un sistem de electrofiltre (EF), după care sunt analizate cu un analizor de gaze (AG) și dacă corespund sunt eliberate în atmosferă. Depășirea normelor admise conduce automat la oprirea procesului.

Filtrarea umedă, realizată în faza 2.4, presupune trecerea gazelor de ardere printr-o ceață umedă care le condensează și le transformă în pulberi metalice și nemetalice. Pulberile rezultate sunt colectate într-o pereche de decantoare (DP).

Decantoarele sunt umplute și golite alternativ (secvențial), cu alice sau cu apă, aflată la temperatura de circa 20°C.

Apa din decantoare este răcită cu un răcitor industrial (RAP).

Procedul CBI urmărește ca filtrarea umedă a gazelor de ardere să se facă atunci când acestea au temperaturi mai mici de 1700°C (pentru a se evita termoliza apei).

Din decantoarele (DP), pulberile rezultate sunt introduse secvențial într-o tobă rotativă de uscare (TRU) care, funcționează cu aer sub presiune (1,1 bari), aflat la temperatura de circa 50°C.

Aerul cald este furnizat de ventilatorul (VP) care vehiculează aerul atmosferic prin recuperatorul de căldură (RCP).

După uscare, pulberile trebuie separate magnetic cu un separator (SMP), pentru decelarea celor metalice (magnetice) de cele nemetalice (nemagnetice), preponderent –  $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Fiecare tip de pulbere, identificat magnetic, este direcționat gravitațional către separatoarele granulometrice (SGP) care facilitează colectarea și separarea clasele granulometrice de interese, în

buncăre dedicate. Mărimea claselor granulometrice are dimensiuni cuprinse între cele micronice și cele milimetrice.

Întreg procesul este monitorizat de controlerul (Ctrl), prin programul P.

### 1.2.2.5 – Faza B5/ faza termoenergetică.

Faza B5 –Prezintă procedeul de valorificare a energiei calorice rezultată excendentar în creuzetul (CM).

Schema bloc a fazei B5 este prezentată în figura 10 (complementară figurii 2 și figurii 3).

Reacțiile exoterme care, se produc în creuzetul metalotermic (CM) sunt reacțiile exergonice și din această cauză apare o importantă cantitate de căldură valorificabilă.

Procedeul CBI propune preluarea căldurii excendentare, aflată în creuzetul metalotermic (CM), urmată de scoaterea și valorificarea ei înafara acestuia.

Preluarea căldurii excendentare se face cu ajutorul fluidului de răcire a creuzetului (CM), care astfel devine și agent de transfer termic..

Fluidul de răcire/transfer termic este recirculat printre pereții dubli ai creuzetului metalotermic (CM) și dirijat către un schimbător de căldură/ generator de aburi..

Cantitatea de căldură disponibilă depinde de rețeta termică de moment și de capacitatea de producție aleasă. Global, cantitatea de căldură disponibilizată este de minim 700Kcal/ Kg termit.

Fluidul de răcire/transfer termic al creuzetului metalotermic este reprezentat de o topitură metalică (Ex. Cu), aflat la temperaturi mai mici de 1200°C (circa 1150°C).

În exteriorul creuzetului metalotermic (CM), fluidul de transfer termic /răcire (MT) este vehiculat printr-o tubulatură refractară și o pompă de transfer (PTHR), rezistente și la temperaturi mai mari de 1200°C.

Pentru controlarea temperaturii fluidului de transfer termic, tubulatura refractară poate fi răcită cu ajutorul răcitorului (SR).

Tubulatura refractară conduce fluidul de răcire/transfer termic la un schimbător de căldură (SC) de tip recuperativ, parte componentă a unui generator de aburi (GA).

Materialele din care este confecționată tubulatura sunt și ele realizate din materiale termorezistente (Ex. molibden sinterizat, grafit de ultraînaltă densitate, etc).

Aburul de joasă, de medie sau de înaltă presiune este produs în generatoare de aburi cu capacități dependente de mărimea producției vizate (mii de kg/h- aburi).

Aburul produs se poate folosi pentru diverse încălziri sau se poate destinde în turbine clasice (TA), folosite curent în termocentralele. Acestea acționează generatoare electrice (GE) de curent electric alternativ.

Randamentul de transformare a energiei termice în energie electrică este de circa 32-35%.

Curentul electric alternativ, produs la 6000V/50Hz este trimis către sistemul de transformatoare (TrE) care-l aduce în parametri utilizabili. Astfel, o parte din această disponibilitate este transformată în curent electric trifazat (380V/50Hz/100KW) care este destinat satisfacerii necesităților energetice ale instalației prezentate în CBI, iar restul este adus la parametrii necesari pentru a fi transferat către sistemul energetic național (rețeaua națională).

## 2.1 - INSTALAȚIA CBI

### 2.1.0- Generalități

Instalația CBI- este folosită pentru materializarea procedurii secvențiale revendicate prin CBI.

Instalația CBI este bimodulară și funcționează conform schemei bloc, de principiu, prezentată în figura 2, complementară figurii 3.

Instalația CBI este dimensionată conform capacității de producție alese.

Instalația CBI este alcătuită preponderent din subsansambluri cunoscute în stadiul tehnicii dar, conține și subsansambluri inventive care împreună conduc către efecte noi și neașteptate (ex. producerea metalotermică a energiei termoelectrice).

Instalația CBI este controlată și comandată electronic de controlerul (Ctrl) care folosește programul P.



Senzorii folosiți sunt analizoare de tip XRF, difractometre, cronometre, dozatoare cu șnec, termometre, etc.

Instalația CBI are ca subansamblu inventiv principal, un convertizor electro-metalurgic metalotermic, reprezentat de modulul B. Acesta conține și subansamble necunoscute în stadiu tehnicii, cum ar fi : un creuzet metalotermic (CM) vidat parțial, un omogenizator (OM) și un vas de temporizare a turnării (VTT).

Instalația convertizorului electro-metalurgic metalotermic este realizată în jurul creuzetului metalotermic (CM), cu pereți dubli, printre care circulă un fluid de răcire și transfer termic.

Instalația converizorului electro- metalurgic funcționează cu aerul atmosferic rămas în urma vidării (la 0,1 mbari) a subansamblurilor cuprinse între pompele de vid ( Pvid) și creuzetul metalotermic (CM).

Ca instalație, convertizorul electro- metalurgic metalotermic are o funcționare secvențială sau multisevențială cu derulare continuă deoarece permite, în timp real, materializarea și folosirea continuă a unei multitudini de rețete termitice, furnizate de programul P.

Ca parte a instalației CBI, omogenizatorul rotativ și înclinabil (OM) permite corectarea compoziției chimice și structurale a metalelor \aliajelor rezultate în urma derulării reacțiilor metalotermice din creuzetul (CM).

Similar, vasul (VTT) de temporizare a turnării este înclinabil și permite atât colectarea și răcirea controlată a metalelor/aliajelor eliberate, timp de o oră, din omogenizatorul (OM) cât și eliminarea zgurii secundare, rezultate în urma corecțiilor compoziționale, derulate după ieșirea metalelor/aliajelor din creuzetul (CM).

Omogenizatorul (OM) și vasul (VTT) simplifică tehnologiile care definesc oțelăriile tradiționale.

Instalația CBI este alcătuită din două module:

**2.1.1- Modulul A** – este modulul/instalația care asigură procesarea secvențială a materiilor prime achiziționate (minereuri și/sau țundere, materiale de aliere și fondanți) și transformarea acestora în reactanți termitici sau/și în moderatori de reacție, utilizabili metalotermic.

și

**2.1.2 - Modulul B** – care prezintă alcătuirea convertizorului electro-metalurgic metalotermic. Modulul B conține, înafara creuzetului metalotermic (CM), a omogenizatorului (OM) și a vasului (VTT) de temporizare a turnării, subansambluri cunoscute în stadiul tehnicii. Acestea sunt subansambluri care prin CBI, sunt potențate pentru a produce efecte noi și surprinzătoare.

Modulul B prezintă acea parte a Instalației CBI care permite transformarea reactanților termitici și a moderatorilor de reacție, în produse de reacție (căldură și produse metalurgice). În acest sens, este vorba de producerea metalotermică a energiei electrice, complementar cu producerea de materiale metalice și nemetalice).

#### 2.1.1.0 - Prezentarea Instalației CBI, aferentă modulului A

Instalația aferentă Modulului A cuprinde trei linii tehnologice ( A1, A2 și A3) folosite pentru materializarea celor trei faze care alcătuiesc Etapa 1 de procedeu CBI.

Instalația CBI este dimensionată, conform capacității de producție alese.

Materiile prime procesate sunt: materialele oxidice reprezentate de țundere și/sau minereuri metalice (fără pirite), reducătorii metalici (ex. Al, Na, K, Ca, Mg, etc) și moderatorii de reacție (feroaliaje, șpanuri) și fondanți.

După încărcarea cu materii prime (minereuri sau tundere, precursori de reducători și precursori de moderatori de reacție reacție) a Depozitului de Materii Prime (din modulul A), liniile tehnologice ale Instalației CBI funcționează continuu secvențial și preponderent gravitațional.

Ca parte a Instalației CBI, Modulul A, prelucrează secvențial diferite calități și cantități de țundere sau/și de minereuri, metale reducătoare și moderatori de reacție (materiale de aliere, inhibitori de reacție) și fondanți, livrându-le către modulul B.

Modulul A și modulul B trebuiesc dimensionate conform capacității de producție alese. Ele prelucrează loturi distincte de materii prime și respectiv componente ale rețetelor termitice (componente termitice).

2.1.1.1- **Modulul A**, este alcătuit preponderent din utilaje cunoscute în stadiul tehnicii dar există și subansambluri noi, necunoscute în stadiul tehnicii. Acestea, împreună conduc către rezultate noi și surprinzătoare (ex. transformarea unitară a minereurilor metalice și a țănderelor în reactanți termitici oxidici, în vederea obținerii de energie termoelectrică, concomitent cu metale sau nemetale).

Urmare a procesării celor trei tipuri de materii prime ( oxidice, reducătoare și moderatoare), Modulul A este compus din trei linii tehnologice.

2.1.1.0.1 - **Linia A1**- pentru procesarea secvențială a minereurilor metalice sau/și a țănderelor care, fac parte din categoria precursorilor oxidici.

Linia A1 urmărește producerea reactanților termitici oxidici.

Linia tehnologică A1, a cărei schemă bloc este prezentată în figura 11 (complementară figurii 2 și 3), se compune în prima parte a ei, din două circuite separate care, permit inițial prelucrarea secvențială a celor două tipuri principale de materii prime ( minereuri sau țăndere).

După parcurgerea circuitelor specifice, cele două tipuri de materii prime se reunesc tehnologic pe un traseu comun.

Cele două circuite specifice sunt:

Circuitul 1-pentru procesarea minereurilor, până la preluare lor pe circuitul elevatorului (e);

Circuitul 2-pentru procesarea țănderelor, până la preluarea lor pe circuitul elevatorului (e).

Pe circuitul 1, elevatorul primar (E), poz (1)- fig. 11, preia minereurile din Haldă și după caracterizarea cu difractometrul (RD), poz.(2)-fig. 11, le urcă în Uzina de Preparare Materii Prime.

Aici minereurile sunt concasate, separate granulometric și transferate la sistemul de separare magnetică primară (3).

Separatorul magnetic are posibilitatea separării componentelor magnetice (oxizi metalici) de cele nemagnetice (steril) .

Sterilul este dirijat gravitațional către halda de steril (8), iar materialele utile sunt trimise, tot gravitațional, către concasorul cu fălci (5) și apoi către concasorul rotativ (6). Ambele concasoare sunt produse de serie, acționate electric. Acestea au elementele operaționale executate din oțel manganos (Mn 14-16%).

Concasorul cu fălci (5), sfărâmă bucățile de minereu și le aduce la dimensiuni mai mici de 20 mm, iar concasorul rotativ (6) le aduce la dimensiuni mai mici de 5 mm.

Concasoarele (5) și (6) au capacități de producție dependente de capacitatea de producție globală, a Instalației CBI.

Fracția utilă, rezultată din concasorul (6), ajunge gravitațional în separatorul magnetic (7), de unde sterilul ajunge în halda de steril (8), iar fracția utilă este preluată de elevatorul (e).

Similar, pe circuitul 2, țănderele sunt preluate din halda de țăndere, de către elevatorul (1.2) și dozatorul (D), sunt caracterizate chimic cu ajutorul difractometrului (2.2) și trimise gravitațional într-un separatorul pe granulații și de aici într-un separator magnetic care separă sterilul de țănderele utile.

Sterilul este trimis în halda de steril (8), iar materialele utile ajung gravitațional în concasorul rotativ (6.2), similar concasorului (6) care, le aduce la granulații mai mici de 5mm.

Materialele rezultate din concasorul (6.2) ajung gravitațional la elevatorul (e).

Elevatorul (e) este un elevator cu șnec, acționat electric și controlat electronic prin controlerul (Ctrl).

Elevatorul (e) preia minereurile/țănderele concasate, le trece prin difractometrul (13) și le trimite în cuptorul rotativ de calcinare (9).

Cuptorul rotativ (9) elimină umiditățile și prin calcinare în atmosferă oxidantă, influențează proporția oxizilor.

Cuptorul rotativ (9) funcționează cu aer cald furnizat electric, de către o aerotermă (19) plasată lateral, la 15° față de axa cuptorului.

Atmosfera oxidantă este creată la 1250°C și la o presiune de 1,25 bari, asigurată de ventilatorul (V) al aerotermei, capabil să furnizeze un debit de aer cald dependent de dimensiunile cuptorului.

Cuptorul rotativ (9) se sprijină pe un sistem de role (17) cu o înclinare reglabilă de 6-10° și se rotește cu 5-10 rot/min, folosind un sistem pinion-roată dințată (18), antrenat de un motor electric (16).

Funcționarea cuptorului rotativ este comandată și controlată secvențial prin controlerul (Ctrl).

Cuptorul rotativ (9) are o lungime de 5m și un diametru de 800mm. El este alcătuit dintr-o manta metalică (țeavă sudată cu grosimea de 10mm) protejată la interior cu cărămidă refractară aluminoasă, rezistentă la temperaturi de peste 1250°C. La exterior, cuptorul rotativ, este izolat termic cu un strat din fibră ceramică, cu o grosime de minim 25 mm.

După uscare /calcinare pulberile oxidice ajung gravitațional la răcitorul rotativ (10). Acesta este asemănător constructiv cuptorului (9) dar, nu este căptușit cu materiale refractare.

Răcitorul (10) are o înclinare și o viteză de rotație similară cuptorului rotativ (9) și răcește forțat materialele oxidice prin insuflarea de aer atmosferic la presiunea de 1,25 – 1,5 bar.

Aerul de răcire este insuflat în interiorul cuptorului de către ventilatorul (20). Presiunea creată de ventilatorul (20) este de 1,25- 1,5 bar.

Răcitorul (10) este comandat prin controlerul (Ctrl), pentru a aduce materialele oxidice la temperatura de maxim 50°C.

După răcirea primară, materialele oxidice ajung gravitațional în separatorul pe granulații secundar (11) care, le separă pe cinci intervale granulometrice (< 200μ, 200-500μ, 500-1000μ și 1000-1500μ, >1500μ). La ieșirea din separator, pulberile oxidice sunt caracterizate spectral cu analizoarele (13) și sunt omogenizate în tobele rotative (14).

Tobe rotative (14) sunt realizate din țevi metalice, cu diametru de 700 mm și lungime 6m. Acestea se rotesc cu 10-20 rot/min, fiind și înclinate cu 4-7°. Ele contribuie la răcirea pulberilor oxidice (până la max. 50°C) și la omogenizarea lor.

Tobe rotative sunt controlate electronic de controlerul (Ctrl) pentru a asigura omogenizarea și răcirea componentelor oxidice separate.

Pulberile oxidice astfel răcite și omogenizate granulometric ajung în buncărele (15) dotate cu dozatoarele (21) controlate și ele prin același controler (Ctrl).

Buncărele (15) sunt confecționate din tablă de oțel cu grosimea minimă de 5 mm și au capacitatea de minim 10 tone.

Pulberile oxidice din buncărele (15), cu granulații de 200-500μ, 500-1000μ și 1000-1500μ, constituie reactanții oxidici utilizați în reacțiile metalotermice specifice CBI.

Reactanții oxidici obținuți, sunt pregătiți pentru a fi transferați în perechile de buncăre specializate (Box), existente în Modulului B.

Fracțiile mai mici de 200μ, rezultate din separatorul (11), sunt peletizate.

Peletizarea este prezentată schematic în figura 11. Peletizarea se face în regim continuu, prin amestecarea pulberilor metalice cu bentonită 5% și 15% apă, într-un malaxor cu funcționare continuă (M), după care amestecul ajunge gravitațional în cuptorul rotativ (CR), încălzit electric la 1200°C cu aeroterma (A).

Alimentarea malaxorului (M), cu fracția granulometrică mai mică de 200 μ, se face din separatorul (11).

Pentru dozare se folosește un dozator cu șnec, de tip (21). Simultan, din rezervorul (12) se adaugă cantități controlate de apă (15%) și din buncărul (B) este preluată bentonita - 5%.

Materialele rezultate din cuptorul rotativ (CR) ajung gravitațional în răcitorul rotativ (cr) și de aici în concasorul rotativ (CP) care le aduce la dimensiuni mai mici de 2 mm, după care, cu ajutorul unui elevator (E), sunt reintroduse în separatorul granulometric (11) și ciclul se repetă.

Cuptorul de peletizare (CR) și răcitorul (cr) sunt confecționate din țeavă de oțel inoxidabil refractar, cu grosimea de 4 mm.

Cuptorul de peletizare (CR) și răcitorul (cr) au diametru de 500 mm și lungimea de 4 m. Ele sunt înclinate cu 5° și se rotesc cu 5 - 10 rotații / minut.

2.1.1.1.2 - **Linia A2**- Este utilizată pentru procesarea precursorilor/ materiilor prime capabile să conducă la obținerea reducătorilor metalici utilizați.

Schema bloc a liniei A2 este prezentată în figura 12 (complementară figurii 2 și 11)

Precursorii utilizați în CBI sunt:

1. Pulberi de aluminiu atomizat, achiziționate de la furnizori consacrați;
2. Pulberi de aluminiu rezultate prin mărunțirea deșeurilor de aluminiu (ex. table subțiri de aluminiu);
3. Șlamuri uleioase de aluminiu.

Pentru procesarea fiecărui tip de precursor de reducător sunt folosite tehnologii adecvate.

Linia A2 urmărește obținerea reactanților reducători și pentru aceasta folosește preponderent echipamente cunoscute în stadiul tehnicii, organizate pe circuite tehnologice distincte.

Etapele tehnologice, aferente liniei 2 sunt parcurse de precursorii reducătorilor metalici achiziționați (ex. pulberi de aluminiu cu granulații cuprinse între 150- 500 $\mu$ ).

Granulațiile pulberilor de aluminiu rezultate din recuperare trebuie să fie și ele cuprinse între 150-500 $\mu$ .

Clase granulometrice de interes metalotermic sunt: 100-200 $\mu$ , 200-300 $\mu$ , 300-500 $\mu$ .

Circuitul tehnologic aferent procesării șlamurilor uleioase de aluminiu începe după colectarea și depozitarea acestora separat, în Depozitul Precursorilor de Reducători. De aici, șlamurile uleioase ajung în decantorul (2e) unde este separată partea metalică a șlamurilor de partea lichidă a acestora.

Partea lichidă (emulsia uzată) este recuperată în vasul (2f) și este pregătită pentru comercializare sau reciclare.

Partea solidă a șlamurilor uleioase (pulberi umede de aluminiu) este introdusă gravitațional în "spălătorul- separator" (2g), prezentat în figura 13.

"Spălătorul- separator" (2g) are forma unui poliedru hexagonal cu lungimea de 5 m, realizat din țevă rotundă de oțel cu diametru de 2", având latura poliedrică de 600 mm și 5 zone de lucru, corespunzătoare celor 5 intervale granulometrice de interes (<100  $\mu$  , 100-200 $\mu$ , 200-300 $\mu$ , 300 - 500 $\mu$  și > 500 $\mu$ ).

Confecția metalică a poliedrului hexagonal este învelită cu site din oțel inoxidabil, având pe fiecare zonă de lucru ochiuri cu dimensiuni distincte (respectiv de: 150 $\mu$ , 200 $\mu$ , 300 $\mu$  și respectiv 500 $\mu$ ).

Capacitatea "spălătorului-separator" este dependentă de capacitatea de producție aleasă dar, este de minim 500Kg/h pulberi de aluminiu.

Funcționarea "spălătorului-separator" se adresează părții metalice a șlamurilor uleioase de aluminiu.

Schema bloc a Spălătorului-Separator este prezentată în figura 13, complementară figurii 12.

Poliedrul hexagonal de sitare (2r) se rotește cu 10 rot/min și are o înclinație de 6° față de nivelul băii cu emulsie lichidă curată, aflată în bazinul (2h).

Poliedrul de sitare rotitor și înclinat este scufundat parțial (minim 100mm) în baia cu emulsie de tipul folosit pentru trefilare, aflată în bazinul (2h), susținut de sistemul (2s).

Emulsia din bazinul (2h), prezentat în figura 13, este filtrată și recirculată cu ajutorul pompei (2n) care, o ridică deasupra poliedrului de sitare (2r) și care, prin distribuitorul (2p) o retrimite în poliedrul de spălare - sitare.

Poliedrul de spălare-sitare este susținut de suportii (2k) prevăzuți cu lagăre de rotire (2t).

Mișcarea de rotație este asigurată de motorul electric (ME) care acționează sistemul pinion/roată dințată (2l).

Alimentarea separatorului- decantor, cu materialele metalice din decantorul (2e), menționat în figura 12, și respectiv evacuarea pulberilor umede de aluminiu se face prin tobele staționare (2i), din figura 13. Acestea, dirijează pulberile umede către buncărele decantoare (2v). De aici, cu ajutorul sistemului de pompare-filtrare (2o) este eliminată emulsia reziduală și este retrimisă în bazinul (2h), iar partea metalică, după eliminarea emulsiei reziduale, este trimisă gravitațional în buncărele de stocare (2J) și respectiv (2x)- pentru granulațiile utile.

Granulațiile <150 $\mu$  și cele > 500 $\mu$  sunt trimise gravitațional (conform figurii 13), către buncărele (2J). De aici, conform figurii 12, dozatoarele (2c) și elevatoarele (2d) le trimit în buncărele (2u) , respectiv (2q) unde așteaptă comercializarea sau aplicații speciale ( ex. rețete speciale și respectiv topirea).

După eliminarea emulsiei reziduale, granulațiile utile sunt trimise gravitațional în buncărele (2x), de unde, dozatoarele (2c) le trimit gravitațional la elevatoarele (2d) care, prin supapele de sens (2y) le dirijează către perechea corespunzătoare de buncăre (Bred) a Modulului B.

Circuitele tehnologice aferente procesării pulberilor de aluminiu atomizate sau a celor provenite din mărunțirea deșeurilor de aluminiu sunt similare și sunt prezentate în figura 12.

Aceste circuite funcționează alternativ cu circuitele de procesare a șlamurilor de aluminiu și încep cu aprovizionarea respectivelor materiale precursore, însoțite de certificate de calitate.

După aprovizionare, precursorii reducătorilor achiziționați (pulberi atomizate sau și pulberi provenite din reciclări ale deșeurilor de aluminiu) sunt separați pe cele trei intervale granulometrice de interes: 150-200 $\mu$ , 200-300 $\mu$  și 300 - 500 $\mu$ .

Se utilizează separatorul pe granulații (2a).

După separare, precursorii devin reactanți reducători și sunt depozitați în cele 3 buncăre (2b), dotate cu dozatoare de tip (2c).

După stocarea în buncărele (2b), la nevoie, reactanții reducători sunt transferați, cu elevatoarele (2d), în perechile de buncăre (Bred) ale modulului (B) – figura 11.

Buncărele (2b) au capacitatea de 500Kg fiecare și sunt realizate din tablă de oțel cu grosimea de 2 mm.

Dozatoarele (2c) sunt acționate electric și sunt de tip industrial antiex. (ex. pot fi cu șnec, cu cupe, etc).

*OBSERVAȚII Șlamurile uleioase de aluminiu rezultă în cursul operațiilor de trefilare a cablurilor de aluminiu sau în cursul operațiilor de laminare a diverselor profile de aluminiu.*

*.Recuperarea pulberilor de aluminiu din șlanuri de face prin decantări ale componentei solide, urmată de spălări și zvântări ale acesteia.*

*Din considerente de securitate, partea metalică a șlamurilor de aluminiu (pulberi umede de aluminiu) nu se usucă forțat/termic și nu se centrifughează.*

*Separarea pe clase granulometrice se face procesând pulberile în stare umedă. ( max. 15%).*

*Pulberile umede rezultate, conduc la obținerea de rețete termitice umede, deosebit de active.*

2.1.1.1.3 - **Linia A3** - pentru procesarea precursorilor moderatorilor de reacție face parte din Modulul A .

Linia A3 este dotată cu echipamente cunoscute în stadiul tehnicii și este prezentată schematic în figura 14.

Pentru CBI, moderatorii de reacție sunt de 3 feluri:

1- materiale de aliere, adică: carbonul, feroaliajele (ex. FeMn, FeNi, FeCr, FeB, FeSiZr, FeTi, etc) și eventual șpanuri metalice de aliere (ex. Ni, Cu, etc);

2- inhibitori de reacție (ex. șpanuri de oțel);

3- fondanți (ex. CaCO<sub>3</sub>)

Corespunzător celor trei tipuri de materii prime există trei circuite tehnologice de procesare a acestora.

Precursorii materialelor de aliere sunt reprezentați de praful de cărbune/cocs, de feroaliaje sau șpanuri de metale relativ pure.

Precursorii inhibitorilor de reacție sunt reprezentați de șpanurile metalice care rezultă ca deșuri din prelucrările mecanice ( Ex. strunjiri/frezări ale profilelor din OL 37).

Fondanții ( ex. CaCO<sub>3</sub>) sunt achiziționați de la ofertanți consacrați.

Etapele tehnologice, aferente celor trei circuite care compun linia 3 sunt parcurse de precursorii materialelor de aliere (carbon, șpanuri metalice și feroaliaje tip: FeMn, FeNi, FeCr, FeB, FeSiZr, FeTi, etc), de precursorii inhibitorilor de reacție (ex. șpanuri metalice achiziționate ad-hoc) și de fondanți, după cum urmează:

**Materialele de aliere** sunt sfărâmate initial (dacă e cazul) în concasorul cu fălci (3a) , după care se continuă sfărâmarea în concasorul rotativ (3b) care, le aduce la granulații de 1-5 mm, după care sunt depozitate, conform compoziției chimice, în bateria de buncăre (3c). Astfel au devenit moderatorii de reacție.

Concasoarele au elementele active ( Ex. fălcile) turnate din oțel manganos ( Mn 16%).  
Concasoare sunt acționate de motoare electrice trifazate de 4KW.

Buncărele (3c) sunt dedicate fiecărui tip de material moderator folosit.

Buncărele sunt confecționate din tablă de oțel cu grosimea de minim 3 mm. Ele au volume dependente de capacitatea de producție a instalației (ex. minim 2 tone fiecare).

Buncărele (3c) sunt dotate cu dozatoarele cu șnec, de tip industrial (3d).

După caracterizarea XRF , făcută cu analizoarele (3e), materialele de aliere sunt transferate cu elevatoarele (3f) în bateria corespunzătoare de buncăre pereche (8) a modulului B.

Bateria de buncăre din Modulul B este alcătuită din perechi de buncăre dedicate fiecărui tip de material de aliere folosit.

Perechile de buncăre sunt umplute, vidate și golite alternativ pentru a permite demararea în vid parțial a procesului metalotermic.

Vidarea inițială se face cu pompele (5) la o depresiune de 0,1 mbari

**Inhibitorii de reacție** – sunt șpanuri metalice (ex. de OL 37), cu dimensiuni de 3-5 mm (șpanuri, alicie , etc).

Pentru a fi aduse la aceste dimensiuni, șpanurile sunt sfărâmate în concasorul rotativ (3g) și uscate în uscătorul rotativ (3h).

Temperatura de uscare este de circa 400°C și se poate obține prin diverse metode ( Ex. prin insuflarea de aer cald produs electric cu aeroterma (3i)).

După procesare, inhibitorii de reacție devin și ei moderatori de reacție și sunt depozitați în buncărele (3J) dedicate fiecărui tip de inhibitor.

Buncărele sunt confecționate din tablă de oțel cu grosimea de minim 3 mm. Din buncăre , după caracterizarea spectrală cu analizoarele (X), materialele sunt preluate cu elevatoarele cu șnec (3m) și depozitate în perechea de buncăre dedicate lor din bateria de buncăre (8) a modulului B.

Perechea de buncăre destinate inhibitorilor de reacție permite funcționarea inițială în vid parțial (0,1 mbari) a creuzetului metalotermic (CM) din figura 2. Perechea de buncăre permite alimentarea, vidarea și golirea alternativă a fiecărui buncăr, component al perechii.

Vidarea inițială se face cu pompele (5) din figura 14 și din figura 2.

**Fondanții** – pot fi achiziționați la dimensiuni utilizabile direct (ex. CaCO<sub>3</sub>).

În acest caz, fondanții sunt introduși în uscătorul rotativ, cu funcționare continuă (3n) și uscați cu aeroterma electrică (3s).

Aeroterma furnizează aer cald la 200°C, insuflat la presiunea de 1,1 bari.

Uscătorul rotativ are lungimea de 4 m și este confecționat din țevă sudată de oțel, cu grosimea de 5 mm. El are diametrul adecvat capacității de producție alese ( Ex. 500mm.pentru o procesare de 10Kg/s fondanți).

Uscătorul rotativ are o înclinare de 6° și se rotește cu 15 rot / min.

La ieșirea din uscător, fondanții sunt caracterizați spectral cu spectrometrul (x) și apoi, cu elevatorul (3r) sunt transferați în bateria de buncăre pereche (8) dedicată lor, din Modulul B.

Datele furnizate de analizoare sunt înregistrate și prelucrate de programul P

Similar și în acest caz buncărele pereche asigură amorsarea în vid relativ a procesului metalotermic secvențial.

Vidarea inițială se face la 0,1 mbar cu pompele (5) care au un debit de 1150 m<sup>3</sup>/h (Ex. pompe rotative SOGEVAC A)

### 2.1.2 - Instalația modulului B

Instalația aferentă Modulului B se concretizează într-un converizor electro-metalurgic metalotermic, dimensionat capacității de producție alese.

Schema bloc a instalației aferente modulului B/ convertizorul electro-metalurgic este prezentată în figura 5, complementară figurii 2.

Instalația modulului B procesează metalotermic și secvențial reactanții și moderatorii de reacție produși în Modulul A.

Instalația aferentă modulului B conduce la obținerea produselor de reacție: metale feroase (ex. oțeluri, feroaliaje) sau neferoase (ex. cupru), zguri corindonice convertibile în alice metalice sau corindonice, pulberi fine metalice (ex. oțel, cupru, etc) sau nemetalice ( $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ) și căldură convertibilă în energie electrică.

Corespunzător celor 4 tipuri de produse de reacție există 5 linii tehnologice de obținere a lor. Poziționarea principală a celor 5 linii tehnologice este prezentată în figura 5.

Instalația aferentă modulului B reprezintă o instalație de cogenerare a produselor metalurgice alături de căldură convertibilă în energie electrică.

Modulul B este dimensionat în funcție de capacitatea de producție aleasă de beneficiar.

Instalația aferentă modulului B asigură materializarea procedurii propus prin CBI, pentru transformarea termiturilor în produse de reacție (energie termoelectrică și produse metalurgice feroase sau neferoase, zguri, și gaze de ardere).

Modulul B este alcătuit preponderent din subansambluri cunoscute în stadiul tehnicii (produse de serie), cum ar fi: buncăre, dozatoare, analizoare XRF, termometre, pompe de vid, amestecătoare, ventilatoare, atomizoare, dozatoare cu șnec, separatoare magnetice, separatoare pe granulații, supape de sens, instalații de turnare continuă, laminoare, generatoare de aburi, turbine, generatoare electrice, transformatoare, etc.

Componenta inventivă a instalației aferente modulului B este reprezentată de ansamblul convertizorului electro-metalurgic metalotermic, alături din subansamblurile specifice: creuzetul metalotermic (CM) răcit cu topituri metalice, de omogenizatorul rotativ (OM) al topiturilor metalice rezultate metalotermic și de vasul de temporizare a turnării (VTT).

**2.1.2.1 - Instalația aferentă Liniei B1** – este instalația de procesare metalotermică și secvențială a componentelor termitice.

Linia B1 este prezentată ca schemă bloc funcțională, în figura 6.

Linia B1 procesează gravitațional componentele termitice furnizate de modulul A. Procesările sunt secvențiale, se derulează continuu și sunt organizate gravitațional pe trei nivele, conform figurii 6.

Aceasta conține atât subansambluri cunoscute în stadiu tehnicii, cât și subansambluri noi/inventive.

Linia B1 este organizată gravitațional, pe 3 nivele.

Materialele furnizate de Modulul A (componentele termitice), sunt depozitate la nivelul 1 (figura 6), în perechi de buncăre rotitoare/ omogenizatoare dedicate fiecărui tip de reactant/moderator, funcție de clasa granulometrică căreia îi aparțin (sortiment). Figura 6.1.

Materialele din buncăre, sunt dozate și evaluate spectral sau prin difracție, înainte de a fi trimise în amestecătorul (AM) aflat la nivelul 2 a liniei B1.

Descrierea succintă a subansamblurilor utilizate este făcută conform figurii 6

Astfel:

**2.1.2.1.1 - Dozatoarele** - sunt dotate cu șnec acționat electric și controlate prin controlerul (Ctrl) care gestionează programul P.

**Analizoarele** care cuantifică compoziția chimică a materialelor din buncăre, sunt analizoare spectrale de tip XRF sau difractometrice

**2.1.2.1.2 - Perechile de buncăre (Box), (Bred) și (Bmoderatori)**, sunt destinate preluării sortimentelor de reactanți termitici și respectiv a sortimentelor de moderatori de reacție, produse în Etapa 1.

Aceste buncăre pereche servesc și la omogenizarea conținutului lor. Ele pot fi umplute și vidate alternativ înainte de a fi puse în legătură cu amestecătorul omogenizator (AM).

Geometria lor principală este prezentată, ca secțiune parțială, în figura 6.1, complementară figurii 6

Toate buncărele pereche sunt capabile să se rotească cu 5-20 rot/min și să se încline cu 5-15°.

Buncărele pereche sunt realizate din tablă și profile de oțel (grosime- minim 3 mm). Ele au capacități variabile, cuprinse între 1t și 20t fiecare (dependente de mărimea Instalației). Numărul de buncăre pentru sortimentele oxidice este de  $3 \times 3 = 9$  buc.



"Buncărele moderator", aferente amestecătorului (AM) din figura 6, corespund numeric sortimentelor de moderatori folosite. Ele sunt în număr de minim 10 buc.

"Buncărele moderator" au capacități de 1-5 tone și sunt realizate din profile și tablă de oțel cu grosimi de minim 3 mm. Ele corespund numeric sortimentelor de moderatori folosiți și sunt în număr de minim 10 buc

Buncărele pentru moderatori sunt și ele înclinabile cu  $5-15^{\circ}$  și se pot roti cu 10-20 rot/min.

Buncărele reducătorilor (Bred) nu sunt rotitoare și nici înclinabile.. Ele sunt cilindrice și în număr de 3x3x2 buc, corespunzător celor 3 clase granulometrice folosite și celor 3 surse posibile de reducători (aluminiiu atomizat, aluminiiu recuperat prin mărunțirea deșeurilor oxidice solide și pulberi umede de aluminiiu (umezite cu emulsii de trefilare) provenite din șlamuri de aluminiiu)

Cilindri sunt confecționați din tablă de oțel cu grosimea de minim 3 mm. Ei au capacități de maxim 400Kg și sunt amplasați la distanțe relative de minim 3m.

**2.1.2.1.3 - Amestecătorul (AM)** este un amestecător de tip tobă rotativă înclinabilă.

Amestecătorul (AM) este amplasat corespunzător nivelului 2 din figura 6.

Amestecătorul este confecționat din țevă sudată cu diametru de 600 mm și grosimea de 5 mm

La interior, pe lungimea amestecătorului, sunt sudate decalat din  $30^{\circ}$  în  $30^{\circ}$  și diametral opus, câte două segmente de platbandă. Segmentele de platbandă sunt decalate pe generatoarea cilindrului cu 100 mm. Acestea au dimensiunile 500x60x10 mm.

La ieșirea din amestecătorul (AM), amestecul termitic reprezintă combustibilul metalotermic folosit. El este dozat cu dozatorul cu șnec (D) și caracterizat final cu difractometru (DR), iar apoi, amestecul termitic este dirijat gravitațional către creuzetul metalotermic (CM).

Amestecătorul este amplasat pe un șasiu înclinabil, acționat hidraulic, similar cu cel prezentat în figura 12.

Amestecătorul are lungimea de 5 m. El se poate roti cu 4...20 rot/min și se poate înclina hidraulic cu 1... 10 grade.

Viteza de rotație este comandată prin programul P și este dependentă de omogenizarea amestecului

Viteza de rotație se asigură printr-un reductor mecanic acționat de un motor electric de curent continuu.

**2.1.2.1.4 - Creuzetul metalotermic (CM)** funcționează secvențial sau multisevențial cu derulare serială continuă, fiind capabil să proceseze orice rețetă termitică (combustibil metalotermic) care conduce la produsele de reacție necesare.

Creuzetul (CM) este amplasat corespunzător nivelului 3 al figurii 6, complementară figurii 10.

Creuzetul metalotermic (CM) este realizat din materiale de înaltă refractaritate (ex. molibden, grafit, etc).

Raportul dintre înălțime și diametru interior al creuzetului metalotermic este mai mare de 3/1.

Creuzetul metalotermic este de tip înalt, deoarece trebuie să aibă o înălțime capabilă să permită decantarea zgurilor de metale, înainte de evacuarea zgurii produse.

În plus, creuzetul metalotermic trebuie să poată acumula zgura și metalul/aliajul produs timp de cel puțin 15 s, funcție de rețeta utilizată, de capacitatea de producție și de geometria aleasă.

Creuzetul metalotermic (CM) funcționează cu un minim de aer atmosferic și din această cauză, înainte da a fi pus în funcțiune, ansamblul format din reperatele (5) –(9), (R), (H), (13)-(15), (31) și (CM) este vidat parțial (0,1 mbari) cu pompele (Pvid), prezentate principial în figura 6.

După demararea proceselor metalotermice, în reperatele enumerate mai sus, gazele de ardere creează o contrapresiune care împiedică aerul atmosferic să pătrundă și astfel generarea de compuși NOx este diminuată semnificativ.

Creuzetul metalotermic are pereți dubli realizați prin folosirea a doi cilindri coaxiali, confecționați din materiale termorezistente (Ex. grafit, molibden, etc) marcați în figura 6 cu (C1) și respectiv cu (C2).

Spațiul dintre cei doi cilindri termorezistenți (C1) și (C2) este asigurat de setul de distanțieri (Di).

Dintre materialele termorezistente utilizabile, grafitul are prețul de cost cel mai scăzut, dar și o rezistență relativ mică la uzura termică.

În spațiul dintre pereții dubli ai creuzetului metalotermic este vehiculată o topitură metalică (MT) (ex. cupru topit aflat la temperatura de circa 1150°C).

Topitura metalică (MT), răcește incinta de reacție și transferă căldura acumulată, în schimbătorul de căldură (SC).

### 2.1.2.2 - Linia B2 – corespunde schemei bloc din figura 7

Instalația corespunzătoare Liniei B2 materializează procedeul CBI aferent producerii și procesării metalelor produse în creuzetul (CM)

Instalația conține atât subansambluri cunoscute în stadiu tehnicii, cât și subansambluri noi/inventive.

Subansamblurile cunoscute în stadiul tehnicii sunt: Buncărele pentru materiale de aliere (MOD), buncărele pentru pulberi (BPULB), dozatoarele cu șneac (D), analizoarele spectrale (R), instalația de turnare continuă (ITT) și laminorul (L)

Subansamblurile inventive/ necunoscute în stadiul tehnicii sunt: omogenizatorul (OM) și vasul de temporizare a turnării (VTT)

#### 2.1.2.2.1 - Omogenizatorul (OM)

La ieșirea din creuzetul (CM), metalul/aliajul metalotermic având temperatura de circa 2200°C este acumulat timp de 15 minute în omogenizatorul (OM) din figura 15, complementară figurii 3 și apoi este acumulat, timp de o oră, în "vasul de temporizare a turnării" (VTT), din figura 16, complementară figurii 3.

La ieșirea din creuzet, metalul topit curge prin jgheabul (O7) în omogenizatorul (OM).

Compoziția chimică a metalului topit, ieșit continuu din creuzetul (CM) este verificată și înregistrată cu ajutorul unui spectrometru (R).

Tot prin acest jgheab sunt introduse în omogenizator și eventualele materiale de aliere suplimentare, necesare obținerii compoziției chimice a oțelului produs. Materialele de aliere sunt preluate și dozate, prin programul P, din "buncărele moderatorilor (BMOD)" de reacție.

Similar, dacă sunt necesare pulberi metalice sau nemetalice, acestea sunt preluate și dozate din "buncărele pulberilor – BPULB" și prin același jgheab sunt introduse în omogenizator.

Omogenizatorul are un volum și o geometrie dependente de capacitatea de producție a instalației, deoarece volumul util al omogenizatorului trebuie să poată prelua și prelucra producția creuzetului (CM) realizată în 15 minute.

Omogenizatorul este de tip "tobă rotativă" (O3) înclinabilă, amplasată pe un șasiu metalic, dotat cu un lagăr (O13) care permite înclinarea ansamblului.

La interior omogenizatorul este căptușit cu materiale ceramice super-refractare profilate (O8), rezistente la temperaturi de peste 2000°C (Ex. ceramică tip 35WA9546).

Materialele ceramice (O8) sunt profilate pentru a facilita omogenizarea.

Șasiul este înclinabil cu unghiul  $\gamma$  (0 - 15°) cu ajutorul unui cilindru hidraulic (O1), de 50 t. Acesta este acționat de pompa hidraulică (PH)- poziția (O15), acționată de motorul electric ME- poz. (O14).

Presiunea din pompă este creată cu ajutorul unui motor electric trifazat de 3KW - poziția (O14).

Toba rotativă (O3) se sprijină pe un sistem de role portante (O6), (O9) și (O10), amplasate pe un ax (O2) fixat pe șasiul omogenizatorului.

Toba rotativă se rotește cu 10-20 rot/min folosind un motor electric trifazat (O4), de 10 KW, prin intermediul unui ansamblu pinion-roată dințată (O5).

Metalul omogenizat în omogenizatorul (OM) curge prin jgheabul (O11), în vasul (VTT).

Compoziția acestui metal este verificată și înregistrată cu ajutorul spectrometrului (RV).

Pentru aceasta, 5 probe din metalul/aliajul topit sunt prelevate din 10 în 10 secunde și sunt solidificate rapid (cu apă), iar apoi sunt evaluate spectral.

Prin programul P, rezultatele obținute spectral sunt comparate cu valorile prescrise și în cazul în care rezultatele sunt nesatisfăcătoare, ameliorarea compozițională continuă.

**2.1.2.2.2 - Vasul de temporizare a turnării (VTT)** este destinat atât răcirii naturale a metalului acumulat într-o oră, cât și controlării și finisării compoziționale a acestuia.

Schema bloc a vasului de temporizare a turnării (VTT) este prezentată în figura 16, complementară figurii 2 și 3

Vasul (VTT) este realizat pe o structură metalică, căptușită cu materiale înalt refractare (Ex. Căramizi aluminosilicioase).

Vasul (VTT) este înclinabil cu unghiul  $\alpha$  care poate lua valori cuprinse între  $3^{\circ}$  și  $15^{\circ}$ .

Vasul este dimensionat funcție de capacitatea de producție aleasă. El este definit geometric atât prin dimensiunile de gabarit (L, l și H), cât și prin dimensiunile sale funcționale principale (h, L1, l1, deschiderea  $\delta$  a electrovanei de evacuare a zgurii secundare și unghiul  $\beta$ , de dirijare a materialelor spre electrovanele de evacuare. Unghiul  $\beta$  are valoare de  $15^{\circ}$ .

Umplerea cu metal topit a vasului (VTT) respectă hidrodinamica turnării indirecte.

Viteza de curgere a metalului prin vasul (VTT) este reglabilă prin înclinarea acestuia, folosind un reazem mobil (V18) care permite înclinări reglabile, cu unghiuri ( $\alpha$ ) ce pot varia între  $0-15^{\circ}$ .

La demararea procesului unghiul  $\alpha$  are valoare de referință de  $6^{\circ}$ .

Principial, conform figurii (16), vasul (VTT) are trei zone funcționale:

4. Zona de umplere (Z1) - are rolul de a atenua turbulențele metalului venit din omogenizatorul (OM);
5. Zona (Z2) este zona de finisare compozițională finală a metalului produs în creuzetul (CM);
6. Zona (Z3) – zona de evacuare a zgurii secundare și a metalului răcit (până la temperatura de turnare).
7. Interacțiunea metalului topit, cu pereții vasului (VTT), cu mediul înconjurător și cu materialele de aliere determină formarea la suprafața metalului a unei zguri secundare, formate preponderent din oxizi și din carburi.

Finisarea compozițională finală a metalului produs în creuzetul (CM) se face în vasul (VTT), care permite colectarea și evacuarea zgurii secundare.

Compoziția chimică finală este verificată cu sonda (V5). Aceasta poate preleva probe de metal, aflate în jumătatea superioară sau în jumătatea inferioară a zonei (Z3).

Probele prelevate sunt răcite forțat și apoi sunt analizate dpdv chimic, cu un analizor spectral.

Mărimea aleasă a unghiului ( $\alpha$ ) este dependentă de geometria vasului (VTT) și de temperatura la care ajunge metalul topit, înainte de evacuare.

Ca actuator al înclinării, comandate prin "programul P", se folosește un cilindru hidraulic (V17), acționat de electropompa hidraulică (PH). Cilindru hidraulic este ales pentru a putea ridica/coborâ sarcini de 50 - 100 tone.

După răcirea naturală a metalului/aliajului, până la temperatura de turnare (circa  $1600^{\circ}\text{C}$  pentru oțel) și după finisarea lui compozițională este deversat controlat, prin electrovanele proporționale (V14) și (V15), în instalația de turnare continuă (ITT).

Zgura secundară este separată de metalul util prin evacuarea, pe jgheabul înclinat (V9) și colectarea ei în vasul (OZ).

Unghiul de înclinare al jgheabului este de  $15^{\circ}$ .

Înclinarea reglabilă a vasului (VTT) permite și modificarea vitezei de evacuarea a a zgurii secundare. Pentru aceasta se folosește electrovana proporțională (V16), acționată de motorul electric (V11), comandat prin controlerul (Ctrl).

Similar controlerul (Ctrl) comandă, prin electrovana (V15), acționată de motorul electric (V10), evacuarea metalului/aliajului acumulat sub zgura secundară.

De asemeni, "programul P, prin electrovana (V14), poate comanda evacuarea metalului acumulat pe fundul vasului (VTT). Aceasta se realizează prin acționarea motorului electric (V12) care, deschide electrovana proporțională (V14).

Elementele active ale electrovanelor proporționale, aflate în contact direct cu metalul topit, sunt realizate din materiale înalt refractare (Ex. grafit, molibden, etc) și au grosimi de minim 150 mm.

Evoluția temperaturii metalului aflat în vasul (VTT) este permanent monitorizată de controlerul (Ctrl) și "programul P". Acestea folosesc (conform figurii 16) termometrele fără contact (V3) și (V8), capabile să măsoare temperaturi de  $2200^{\circ}\text{C}$  (Ex. tip GM 2200- producție China), plus

termocuplurile (V4), (V6) și (V7), capabile să măsoare temperaturi de 1800°C ( Ex. tip S41-TC - productie RUEGER, Elvetia)

Evacuarea metalului răcit, la temperatura de turnare continuă și finisat compozițional, din vasul de temporizare a turnării, se face prin evacuatorul inferior (V13). Acesta colectează metalul/aliajul evacuat prin electrovanele (V15) și (V14) și îl direcționează spre instalația de turnare continuă (ITT).

Din instalația de turnare continuă, metalul solidificat și răcit până la temperatura de laminare este introdus în laminorul (L) care finalizează valorificarea metalului produs.

Subansamblurile (ITT) și laminorul (L) reprezintă produse de serie.

Instalația de turnare continuă (ITT) și laminorul (L) au o capacitate de producție concordantă cu capacitatea de producție a ansamblului.

**2.1.2.3 - Instalația aferentă liniei B3** – este prezentată schematic în figura 8. Aceasta materializează procedeul CBI de procesare a zgurilor corindonice rezultate din procesele metalotermice derulate în creuzetul (CM).

Zgura corindonică (care conține minim 70% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) trece gravitațional din creuzetul (CM), prin evacuatorul (EZG) în atomizorul (AZ) care sparge jetul de zgură, cu un flux de aer și apă sub presiune (circa 2,5 bar).

Cu excepția evacuatorului de zgură (EZG), a decantoarelor (DEC) și a buncărelor, celelalte componente ale liniei B3 sunt produse cunoscute în stadiul tehnicii

Evacuatorul (EZG) este realizat din materiale înalt refractare ( Ex. grafit, molibden sinterizat, etc).

Evacuatorul este plasat la partea superioară a creuzetului (CM). Al traversează pereții dubli ai acestuia.

Evacuatorul (EZG) are 4 orificii de evacuare a zgurii. Orificiile de evacuare a zgurii au dimensiuni dependente de capacitatea de producție a Instalației.

Decantoarele (DEC) reprezintă o pereche de decantoare convenționale, cu funcționare alternativă. Ele sunt dotate cu un distribuitor care permite umplerea, golirea și răcirea lor alternativă, necesară asigurării continuității procesului.

Buncărele sunt realizate din tablă de oțel cu grosimea minimă de 3 mm. Ele stochează distinct alicele rezultate și au capacități cuprinse între 5000 și 10.000 Kg.

Uscătorul (UR) este reprezentat de o tobă rotativă cu diametru de 400mm și lungimea de 4 m.

Toba rotativă este realizată din țevă sudată de 4 mm și este amplasată pe un șasiu metalic cu înclinarea de 5°.

Toba rotativă se rotește cu 10 rotații pe minut

Agentul de uscare este reprezentat de aerul atmosferic, cu presiunea de 1,25 Bari. Aerul atmosferic (agentul de uscare) este vehiculat de un ventilator electric, cu puterea de 2 KW, parte componentă a uscătorului.

Celelalte componente ale Liniei B3 reprezintă produse de serie.

**2.1.2.4 - Instalația aferentă Liniei B4**- materializează procedeul CBI de colectare, procesare și evacuare a gazelor de reacție rezultate din procesele metalotermice derulate în creuzetul (CM).

Schema bloc a instalației aferente liniei B4 este prezentată în figura 9.

Colectarea și evacuarea gazelor de reacție se face printr-o hotă (H), realizată din materiale înalt refractare (Ex. grafit, molibden, etc).

Hota este amplasată deasupra creuzetului (CM) la o înălțime de 1m față de acesta, distanță la care temperatura gazelor de ardere scade sub 2000°C.

Hotă preia gazele de reacție și printr-o tubulatură refractară (Ex. grafit), cu diametrul de 300 – 1000 mm și grosimea de minim 50 mm (funcție de capacitatea de producție a instalației), le conduce la coșul (CG) de evacuare a acestora.

Coșul de evacuare a gazelor de reacție este realizat din oțel refractar cu grosimea minimă de 3 mm și are diametru de 300-800mm

În afara coșului (CG), celelalte componente ale instalației aferente liniei B4 sunt produse de serie.

Coșul (CG) este dotat și cu un recuperator de căldură (RCP) care, răcește parțial gazele de reacție și apoi le dirijează către zona de filtrare umedă și apoi către zona electrofiltrelor.

Filtrarea umedă se face în contracurent de apă dispersată cu nebulizatorul (NB).

Filtrarea umedă determină condensarea vaporilor metalici și nemetalici din gazele de reacție. Aceștia sunt transformați în pulberi atomizate care se adună în decantoarele pereche (DP)

Restul gazelor de reacție sunt trecute prin electrofiltrele (EF), sunt analizate cu analizorul (AG) și dacă corespund normelor de protecție a mediului, sunt evacuate în atmosferă. Dacă nu corespund, întreg procesul metalotermic este oprit.

Nebulizatorul (NB) este de mare capacitate. El consumă între 20l și 50l de apă/min (funcție de capacitatea instalației) și folosește un ventilator care creează, în coș, o suprapresiune de 0,25 bari.

Motorul electric care acționează ventilatorul nebulizatorului are o putere cuprinsă între 1 KW și 5KW, funcție de mărimea coșului (CG).

Celelalte componente ale Liniei B4 sunt:

8. Ventilatorul (VP) – Acționat de un motor electric trifazat de 2KW - produs de serie .

9. Răcitorul de apă (RAP) are o capacitate de răcire dependentă de mărimea Instalației. Este un produs de serie.

10. Decantoarele (DP) cu umplere, răcire și golire alternativă . Au fiecare o capacitate de acumulare de 1t. Ele sunt realizate din profile de oțel și din tablă cu grosimea de 2 mm.

11. Uscătorul rotativ de pulberi (RTU), reprezintă un reper cunoscut în stadiul Tehnicii. El funcționează cu aer cald (la 50°C), furnizat de ventilatorul (VP).

12. Uscătorul rotativ este realizat din țevă sudată cu diametru de 500 mm și grosimea de 5mm.

Uscătorul rotativ are o lungime de 5 m, o înclinare de 6° și o viteză de rotație de 10 ture/min.

- Separatorul magnetic (SMP) și separatoarele pe granulații (SGP) sunt produse de serie.

- Buncărele pentru colectarea pulberilor metalice sau a celor nemetalice sunt perechi care corespund claselor granulometrice de interes. Ele permit umplerea și golirea alternativă.

o Buncărele au capacitatea de 1- 2 tone și sunt realizate din tablă de oțel cu grosimea minimă de 2mm.

**2.1.2.5 - Instalația aferentă liniei B5 (linia termoeenergetică) – este prezentată , ca schemă bloc, în figura 10.**

Instalația aferentă liniei B5 materializează procedeul CBI de valorificare a excedentului energetic eliberat ca urmare a derulării reacțiilor metalotermice în creuzetul (CM).

Instalația aferentă liniei B5 servește la transformarea excedentului caloric în energie electrică utilizabilă atât pentru asigurarea independenței energetice a instalației propuse spre brevetare, cât și pentru a injecta restul disponibil în rețeaua națională.

Linia B5 preia excedentul caloric, din creuzetul (CM), cu ajutorul fluidului de răcire/transfer termic (MT) și-l scoate din creuzet pentru a-l procesa înafara acestuia

Creuzetul (CM), având pereți dubli, permite recircularea agentului termic/ de răcire (MT) prin spațiul creat.

Pereții dubli (C1) și (C2) ai creuzetului (CM) sunt realizați din materiale înalt refractare ( Ex. grafit de ultra înaltă densitate).

Pereții dubli creează două incinte coaxiale.

Incinta interioară este destinată susținerii reacțiilor metalotermice , iar incinta exterioară este destinată facilitării recirculării fluidului de răcire/transfer termic.

Fluidul de răcire/transfer termic este reprezentat de cupru topit (MT).

Pereții (C1) și respectiv (C2) ai incintelor, au grosimea de minim 100 mm și sunt separați prin distanțierii (Di), prezentați în figura 10.

Distanțierii (Di) sunt realizați din materiale refractare (Ex.grafit de înaltă densitate) și au dimensiuni care-i fac capabili să preia greutatea existentă în incinta interioară, fără a deteriora incinta exterioară.

Distanțierii (Di) și incintele creuzetului (CM) au dimensiuni dependente de capacitatea de producție aleasă pentru instalația din CBI.

Pentru a nu se elibera cantități de căldură mai mari decât cele suficiente atât pentru producția metalurgică, cât și pentru necesitățile energetice, amestecurile termitice (combustibili metalotermici) sunt generate de programul P, în timp real, conform diagramei prezentate în figura 3b. Corelarea compozițională este realizată de programul P, funcție de caracteristicile de moment ale materiilor prime, ale reactanților și ale moderatorilor de reacție.

Fluidul de răcire, aflat la temperaturi de circa 1150°C, după ieșirea din creuzetul (CM), este recirculat printr-un schimbător de căldură (SC) realizat din materiale înalt refractare (Ex. grafit sau molibden sinterizat).

Schimbătorul de căldură este parte a unui generator de aburi (GA) capabil să preia cantitatea de căldură produsă controlat în creuzetul (CM) și să livreze aburi de joasă, medie sau de înaltă presiune, la temperaturi de maxim 450°C.

Ca sistem de siguranță împotriva depășirilor accidentale ale temperaturilor de funcționare ale subsansamblurilor tehnologice dintre creuzetul (CM) și generatorul de aburi (GA), se folosește un sistem clasic de răcire cu apă (SR). Acesta este declanșat de controlerul (Ctrl), înainte ca fluidul de răcire (MT), la ieșirea din creuzet, să atingă temperatura de 1180°C.

Aburul destins în sistemul clasic de turbine (TA), antrenează generatorul electric (GE) care produce curent electric trifazat (Ex. 6KVx50Hz). Curentul electric produs este trimis în sistemul clasic de transformatoare (TrE), capabil să livreze atât curentul electric trifazat necesar instalației CBI, cât și să injecteze restului disponibil în rețeaua națională.

### 3. EXEMPLU DE REALIZARE

Exemplul de realizare se referă la un ansamblu complementar format dintr-o instalație și un procedeu electro-metalurgic, de tipul prezentat în figura 3.

Exemplul de realizare evidențiază o soluție de producere a circa 14.611 Kcal/s, care prin randamente adecvate conduc la obținerea a circa energie electrică, folosind "combustibili metalotermici". Complementar, rezultă circa 136 000 tone de oțel/an (circa 5,4 Kg oțel/s) și circa 159 000 tone de zgură/an (circa 6,3 Kg zgură/s), plus circa 73 tone/an gaze de reacție (circa 2,5Kg /s), valorificabile

Cantitățile de produse preconizate, implică procesarea a circa 330.750 tone termit/an (circa 13,11 Kg termit /s).

Exemplificarea procedurii și a dispozitivului inventat evidențiază derularea prelucrărilor materiilor prime aprovizionate (țundere sau/și minereuri, pulberi de aluminiu, feroaliaje, șpanuri și fondanți) pentru a deveni reactanți termitici (oxizi metalici sau reducători) și moderatori de reacție (materiale de aliere, inhibitori și fondanți), care, prin amestecare procentuală și omogenizare devin "combustibili metalotermici" capabili să genereze produsele de reacție urmărite (căldură/energie electrică, aliaje, zguri, gaze de reacție/pulberi metalice și nemetalice).

Prelucrările vizate se derulează în două etape și 8 faze, organizate gravitațional.

Etapa 1 este etapa de transformare a materiilor prime în reactanți termitici și moderatori de reacție.

**Etapa 1** cuprinde trei faze de prelucrare a celor trei tipuri de materii prime folosite (conform pct. 1.2.1 și 2.1.1) și de transformare a lor în oxizi, în reducători și în moderatori de reacție. Derularea celor 3 faze este simultană și se desfășoară corelat în modulul A, pe linii de producție care funcționează în paralel.

Etapa 2 este etapa în care reactanții termitici și moderatorii de reacție sunt transformați în "combustibili metalotermici" și care prin reacții metalotermice secvențiale sau multisevențiale cu derulare serială continuă conduc la obținerea de produse de reacție valorificabile. Conform pct. 2.1.1 și 2.1.2

Etapa 2-a cuprinde 5 faze de transformare a reactanților termitici și a moderatorilor de reacție în "combustibili metalotermici" și care apoi, reacționând specific conduc la eliberarea de energie chimică potențială, transformată în energie electrică, complementar cu obținerea de produse metalurgice (aliaje, zguri și gaze de reacție). Conform pct. 1.2.2 și 2.1.2.



Etapa 2 se derulează în modulul B care funcționează ca un convertizor electro-metalurgic metalotermic.

Etapa 1 este etapa de procesare a materiilor prime. Aceasta pornește cu aprovizionarea precursorilor oxidici, a precursorilor de reducători și a precursorilor de moderatori ai reacțiilor metalotermice

Materiile prime oxidice (precursorii oxidici) se prezintă ca bulgări de minereuri de fier (magnetită, goetită, limonită, hematită) sau ținere de oțel sub formă de pulberi, așchii sau coji, cu compoziții chimice diferite ( $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , oxizi de mangan, de crom, etc).

Materiile prime reducătoare (precursorii de reducători) se prezintă ca pulberi atomizate de aluminiu sau așchii pulverulente, rezultate din reciclarea deșeurilor de aluminiu. Aceste pulberi au granulații cuprinse între 150 și 500  $\mu$ .

Materiile prime precusoare ale moderatorilor de reacție sunt reprezentate de feroaliaje, de șpanuri sau pulberi metalice de aliere și de șpanuri de oțel.

Materia primă folosită pentru obținerea fondantului  $\text{CaCO}_3$  este achiziționată sub formă de pulbere care, pentru utilizare se trece printr-un uscător rotativ.

Materiile prime aprovizionate sunt prelucrate în modulul A al instalației CBI, în etapa 1, pe cele trei linii de procesare (L1, L2 și L3) și astfel devin reactanți termitici și moderatori de reacție care corespund fazelor de procedeu 1.1, 1.2 și 1.3, prezentate la punctele 1.2.1.1, 1.2.1.2 și respectiv 1.2.1.3

Reactanții și moderatorii de reacție, rezultați în modulul A, sunt prelucrați metalotermic în modulul B, în etapa a 2-a a procedurii CBI.

Pentru prezenta exemplificare, la un randament global de circa 55%, modulul A trebuie să proceseze anual circa 391.046 tone minereuri de fier sau circa 277.576 tone ținere (din care partea utilă reprezintă circa 90%).

Similar, necesarul anual de aluminiu atomizat sau rezultat prin procesarea deșeurilor de aluminiu este de circa 80.000 tone ;

Necesarul de moderatori de reacție (feroaliaje, șpanuri și fondanți) poate ajunge la 90.000 tone/an, (circa 25% din cantitatea materiilor prime oxidice utilizate).

Necesarul de materii prime, este dependent atât de compoziția lor chimică, de compoziția materialelor rezultate prin prelucrare, cât și de compoziția chimică și de caracteristicile mecanice impuse produselor de reacție.

Reactanții termitici sunt de tip oxidic (oxizi metalici) și de tip reducător (pulberi de aluminiu cu granulații cuprinse între 150  $\mu$  și 500 $\mu$ ). Ei sunt obținuți în etapa 1, pe linia 1 și respectiv pe linia 2 a modulului A

Fazele tehnologice parcurse de materiile prime oxidice, pe linia 1, sunt prezentate atât funcțional, la pct. 1.2.1.1, cât și structural la pct. 2.1.1.1.1.

Traseul tehnologic parcurs de materiile prime reducătoare, pe linia 2, este prezentat atât funcțional, la pct. 1.2.1.2, cât și structural la pct. 2.1.1.1.2

Moderatorii de reacție sunt reprezentați de feroaliaje sfărâmate la granulații de 3-5 mm și șpanuri de metale selecționate relativ pure, de inhibitorii de reacție și de fondanți.

Moderatorii de reacție sunt produși conform procedurii CBI, pe linia 3.

Traseul tehnologic parcurs de materiile prime, generatoare de moderatori de reacție, este prezentat atât funcțional, la pct. 1.2.1.3, cât și structural la pct. 2.1.1.1.3.

Etapa a 2-a a procedurii CBI este parcursă simultan de reacții termitici și de moderatorii de reacție pe faza de procedeu 2.1, iar apoi produsele de reacție apar în fazele 2.2, 2.3, 2.4 și 2.5. Această eșalonare presupune parcurgerea serială a subansamblurilor instalației modulului B, prezentate la punctele: 2.1.2.1, 2.1.2.2, 2.1.2.3, 2.1.2.4 și respectiv 2.1.2.5.

Astfel, produsele rezultate în etapa 1, după caracterizare difractorică cu analizoarele (RD) sunt depozitate în modulul B, în sistemele de perechi de buncăre (Box), (Bred) și (Bmod) care, permit stocarea, omognizarea și eliberarea alternativă (conform programului P) a fiecărui sort de reactant sau de moderator de reacție, astfel încât continuitatea procesului să fie asigurată.

De asemeni, programul P comandă atât vidarea parțială alternativă a buncărelor pereche, cât și a amestecătorului (AM), plus a creuzetului cu pereți dubli (CM).



Similar, conform fazei 2.1, materialele aflate în bucărele modulului B sunt porționate procentual cu ajutorul dozatoarelor cu șnec (D), caracterizate compozițional cu difractoetrele (RD) și trimise gravitațional în amestecătorul, cu funcționare continuă (AM) care realizează amestecurile metalotermice, adică "combustibilii metalotermici" necesari.

La ieșirea din amestecător, combustibilii metalotermici sunt verificate compozițional cu difractometrele (RD) și după dozarea cantitativă, cu dozatoarele (D), sunt trimise gravitațional în creuzetul (CM) vidat care, având pereți dubli este răcit cu topituri metalice de cupru, aflate la temperatură cuprinse între 1100-1200°C. Acestea, prin recirculare, materializează faza 2.1.2.5, de valorificare a energiei termice disponibile.

Comanda și controlul proceselor aluminotermice, se face, în timp real, conform pct. 1.1.1.

Astfel, după caracterizarea în timp real a oxizilor implicați, prin programul P se identifică relațiile molare de oxido-reducere reale și se estimează necesarul de pulberi reducătoare de aluminiu, capabile să conducă la obținerea produselor de reacție dorite.

Cuantificarea caracteristicilor produselor de reacție se face în timp real pornind de la un "modul termitic", de moment, de tipul prezentat în Tabelul 1. Acesta este generat prin estimarea molară a rezultatelor care se obțin la procesarea aluminotermică a 10Kg de reactanți oxidici.

Rezultate obținute permit, prin programul P, generarea secvențială a "diagramelor termite" de moment, de tipul prezentat în figura 3.

Programul P asigură generarea în timp real, a rețetelor termite versatile, capabile să urmărească modificările chimice și granulometrice ale reactanților și ale moderatorilor de reacție, astfel încât să se asigure obținerea de produse de reacție similare.

Rețetele termite determină caracteristicile produselor de reacție și implicit facilitează completarea în timp real, a "Fișei de Moment a Procesului" de tipul prezentat în Tabelul 1.

Fișa este specifică secvenței de materii prime aflate în procesare, la un moment dat.

Reactanții termite și moderatorii folosiți conțin cantități minime de carbon (doar carbon legat), ceea ce face ca reacțiile din creuzetul metalotermic să genereze cantități reduse de gaze cu efect de seră.

Amorsarea reacțiilor din creuzet se face după evacuarea aerului atmosferic (până la presiunea de 0,1 mbari), ceea ce diminuează semnificativ și ponderea NOx din gazele de reacție.

În plus, lipsa minereurilor care conțin sulf (pirite) asigură o diminuare importantă a gazelor care conțin SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, și H<sub>2</sub>S.

Randamentele procesului, prezentate în Tabelul 1, evidențiază eficiența lui.

Pentru exemplul ales, rețetele termite determină funcționarea creuzetului metalotermic la o temperatură de circa 2300°C.

Datorită diferențelor de densitate existente la temperatura de 2300°C, între oțel (circa 6,8Kg/dm<sup>3</sup>) și zgură (circa 3,5Kg/dm<sup>3</sup>) se produce decantarea zgurii topite, ceea ce permite evacuarea separată și simultană a tuturor produselor de reacție

Creuzetul (CM) este realizat din grafit de ultra înaltă densitate (minim 1,9Kg/dm<sup>3</sup>).

Tubulatura care permite evacuarea produselor de reacție este realizată din molibden sinterizat sau din grafit de înaltă densitate.

Pentru separarea zgurii de oțel, dimensiunile creuzetului metalotermic permit, înainte de evacuare, acumularea oțelului și a zgurii produse timp de minim 15s, ceea ce conduce la acumularea în creuzet a unor cantități de circa 90Kg oțel și de circa 97,5 Kg zgură. Aceste cantități ocupă circa 13,1 dm<sup>3</sup> pentru oțel și circa 27,85 dm<sup>3</sup> pentru zgură.

Cele două volume estimate, conduc împreună la un volum minim de 41 dm<sup>3</sup>, necesar funcționării corecte a creuzetului. Aceasta implică o înălțime minimă de circa 1m și un diametru interior al incintei de reacție de minim 72 mm.

Creuzetul metalotermic este construit astfel încât raportul dintre înălțime și diametru să fie de circa 10:1 și din acest motiv diametru interior al incintei (C1) a fost ales la mărimea de 150 mm

Din motive de siguranță a personalului operator, se alege o grosime a pereților din grafit, ai incintei de reacție a creuzetului (C1), de 100 mm. Aceste dimensiuni impun un diametru exterior al incintei de reacție de 350 mm.

În consecință, diametrul interior al incintei exterioare (C2) se alege de 750 mm, iar diametrul ei exterior se alege de 1000 mm.

Evacuarea oțelurilor și a zgurilor produse se face prin țevi refractare de grafit sau molibden care, leagă incinta interioară (C1) de exteriorul creuzetului și de subansamblurile implicate în valorificarea produselor evacuate.

Funcționarea creuzetului (CM) permite controlarea vitezei de reacție globale. Aceasta se face prin echilibrarea vitezelor V1 (de consumare a termitului) cu V2 (viteza de formare a produselor de reacție).

Echilibrarea se realizează prin asigurarea curgerii continue a zgurii prin orificiile 1 și 2 ale evacuatorului de zgură (EzG) din figura 6.

Curgerea zgurii prin orificiul 3 al (EzG) impune micșorarea debitului de termit introdus în creuzet, iar lipsa curgerii zgurii prin orificiul 2 al (EzG) impune mărirea debitului de termit introdus în creuzet.

Curgerea zgurii prin orificiul 4 al (EzG) impune oprirea rapidă a procesului.

Colectarea și valorificarea oțelului produs, conform Exemplului de Realizare, se face conform fazei 2.2, folosind linia B2.

Pentru exemplul de realizare, omogenizatorul (OM) are un volum util  $2,3\text{m}^3$ , lungimea de 3m și diametru de 1m. Inițial, înclinarea omogenizatorului este de  $6^\circ$ .

Similar, vasul de temporizare a turnării (VTT), din figura 16, are un volum util de  $5,12\text{m}^3$  și dimensiunile utile :  $L = 7\text{m}$ ,  $l = 1,5\text{m}$ ,  $H = 0,5\text{m}$ ,  $L1 = 1\text{m}$ ,  $l1 = 0,95\text{m}$ .

Colectarea și valorificarea zgurii produse (circa  $6,3\text{Kg/s}$ ) se face în faza 2.3, folosind linia B3

Similar, colectarea, neutralizarea și valorificarea gazelor de reacție (preponderent vapori de oțel și de zgură) se face conform fazei 2.4, folosind linia B4

Recuperarea energiei calorice disponibile (circa  $14.6\text{Kcal/s}$ ) și transformarea ei în energie electrică se face prin recircularea topiturii de cupru (MT), cu temperaturi mai mici de  $1200^\circ\text{C}$ , aflată între cele două incinte (C1) și (C2) și trecerea ei prin schimbătorul de căldură de tip recuperativ (SC), parte componentă a generatorului de aburi (GA), din figura 10.

Derularea procesului energetic corespunde fazei 2.5 și se aplică conform descrierii aferente liniei B5.

**Revendicările CBI se referă la:**

Procedeul și instalația electrometalurgică metalotermică care reprezintă o nouă posibilitate de producere mai curată a energiei termoelectrice și/sau a energiei termice, simultan cu diminuarea semnificativă a producerii de deșeuri.

Procedeul și instalația electrometalurgică metalotermică transformă eficient unele materii prime, în amestecuri metalotermice care, pentru prezenta CBI, reprezintă adevărați "combustibili metalotermici" folosiți pentru eliberarea energiei chimice potențiale, existentă la nivel atomic în aceștia și folosirea ei pentru a genera energie termică sau/și termoelectrică, complementar cu producerea și valorificarea de metale/aliaje, zguri și gaze de reacție, urmărind totodată și diminuarea drastică a generării de gaze poluante de tipul CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, etc

**REVENNICAREA 1**

Procedeul electrometalurgic metalotermic este un procedeu modular descris pe etape și faze de obținere "mai curată" a energiei termice sau termoelectrice simultan cu obținerea de produse metalurgice de tipul metalelor /aliajelor a zgurilor și a gazelor reacție **se caracterizează prin aceea că** folosind energia chimică potențială existentă în combustibilii metalotermici, generează simultan, în concordanță cu capacitatea de producție aleasă, două tipuri de produse diferite (căldură și produse metalurgice), prezintă etapizat specificitățile metodologiei de procesare a materiilor prime precursori de reducători și de moderatori termici, alături de materii prime oxidice (fără pirite) provenite din minereuri sau/si din deșeuri oxidice metalice (țundere), spre a le transforma etapizat pe faze, în componente pulverulente de reactanți oxidici similari, de reducători metalici și de moderatori de reacții metalotermice pe care, conform unor rețete sortimentale, variabile în timp real, îi dozează, îi amestecă și îi omogenizează folosindu-i apoi drept "combustibili metalotermici" capabili să deruleze reacții metalotermice secvențiale sau multisevențiale cu derulare serială continuă în creuzete vidate parțial, la temperaturi cuprinse între 2100 și 2300°C ceea ce necesită atât răcirea acestora și preluarea căldurii apărute în creuzet, în vederea valorificării ei prin tehnologii consacrate de obținere a energiei termice sau min. 32% electrice, cât și prin preluarea produselor metalurgice (metale /aliaje, zguri și gaze de reacție) apărute complementar în creuzet și valorificarea lor, atât prin procedee noi de transfer termic, de corectare compozițională și omogenizare a aliajelor produse și de temporizare a turnării, cât și prin tehnologii consacrate de turnare continuă, laminare, atomizare, separare sortimentală, etc.

**REVENNICAREA 2**

Instalația electro-metalurgică metalotermică urmărește materializarea procedurii specificat în Revendicarea 1, de producere metalotermică a energiei termoelectrice simultan cu obținerea de produse metalurgice, de tipul metalelor /aliajelor a zgurilor și a gazelor de reacție, fără a folosi cocserii, furnale și oțelarii tradiționale este destinată procesării modulare, pe linii tehnologice distincte a unor loturi de precursori de reactanți termici și de moderatori de reacție, pentru transformarea lor în combustibili metalotermici, în vederea obținerii de energie termică sau termoelectrică, simultan cu obținerea de produse metalurgice **se caracterizează prin aceea că** folosind o Uzină de Preparare a Materiilor Prime, dimensionată pe subansambluri conform capacităților de producție alese, pe 3 linii de procesare distincte (Modulul A), în vederea prelucrării unitare atât a minereurilor oxidice și /sau a deșeurilor oxidice metalice (țundere) pentru a le transforma în reactanți oxidici similari cu granulații cuprinse între 200-1600μ, cât și a precursorilor de reducători de tipul pulberilor atomizate de aluminiu, a deșeurilor mărunțite de aluminiu sau a pulberilor umede de aluminiu provenite din șlamuri de aluminiu, pe care le transformă în reactanți termici reducători cu granulații cuprinse între 150-500μ și în moderatori de reacție cu granulații mai mici de 4000μ și pe care apoi îi transferă gravitațional în buncărele omogenizatoare rotitoare și înclinabile, cu diametre de minim 1000mm și lungimi de minim 1500mm, confecționate din tablă cu grosimea de minim 4mm, ale Convertizorului Electrometalurgic Metalotermic, organizat în Modulul B, urmată, pe aceeași linie de fabricație, de o caracterizare compozițională prin

difracție, ceea ce permite Programului P, prin dozatoarele (D), trimiterea către amestecătorul (AM), a minim 3Kg/s reactanți oxidici și 0,9 Kg/s reducători metalici, plus minim 1Kg/s moderatori ai reacțiilor metalotermice care, după amestecare și omogenizare devin minim 4,9 Kg/s "combustibili metalotermici" care sunt trimiși gravitațional în creuzetul termorezistent (CM), vidat parțial la 0,1 mbari și care având pereți dubli printre care se recirculă (spre un schimbător de căldură al unui generator de aburi) topituri metalice de cupru (aflate la temperaturi cuprinse între 1100 și 1200°C), folosite atât pentru răcirea creuzetului (CM), cât și pentru transferarea căldurii rezultate în acesta (minim 700 Kcal/Kg combustibil metalotermic și secundă, convertibile 32% în energie electrică), spre o linie tehnologică exterioară, de valorificare termoelectrică a ei, concomitent cu evacuarea a minim 1,7Kg /s metale/aliaje omogenizate, finisate și valorificabile pe o linie de tehnologică de turnare și laminare, simultan cu obținerea a minim 1,8 Kg zguri /s , valorificabile pe o altă linie tehnologică de atomizate și separate magnetică, alături de minim 0,7 Kg/s componente pulverulente rezultate din gazele de reacție și valorificabile după separări granulometrice urmate de separări magnetice .

**INVENTATOR**

Doctorand COMAN Tudor Adrian



# Blast Furnace vs FINEX vs Hydrogen-based Steelmaking

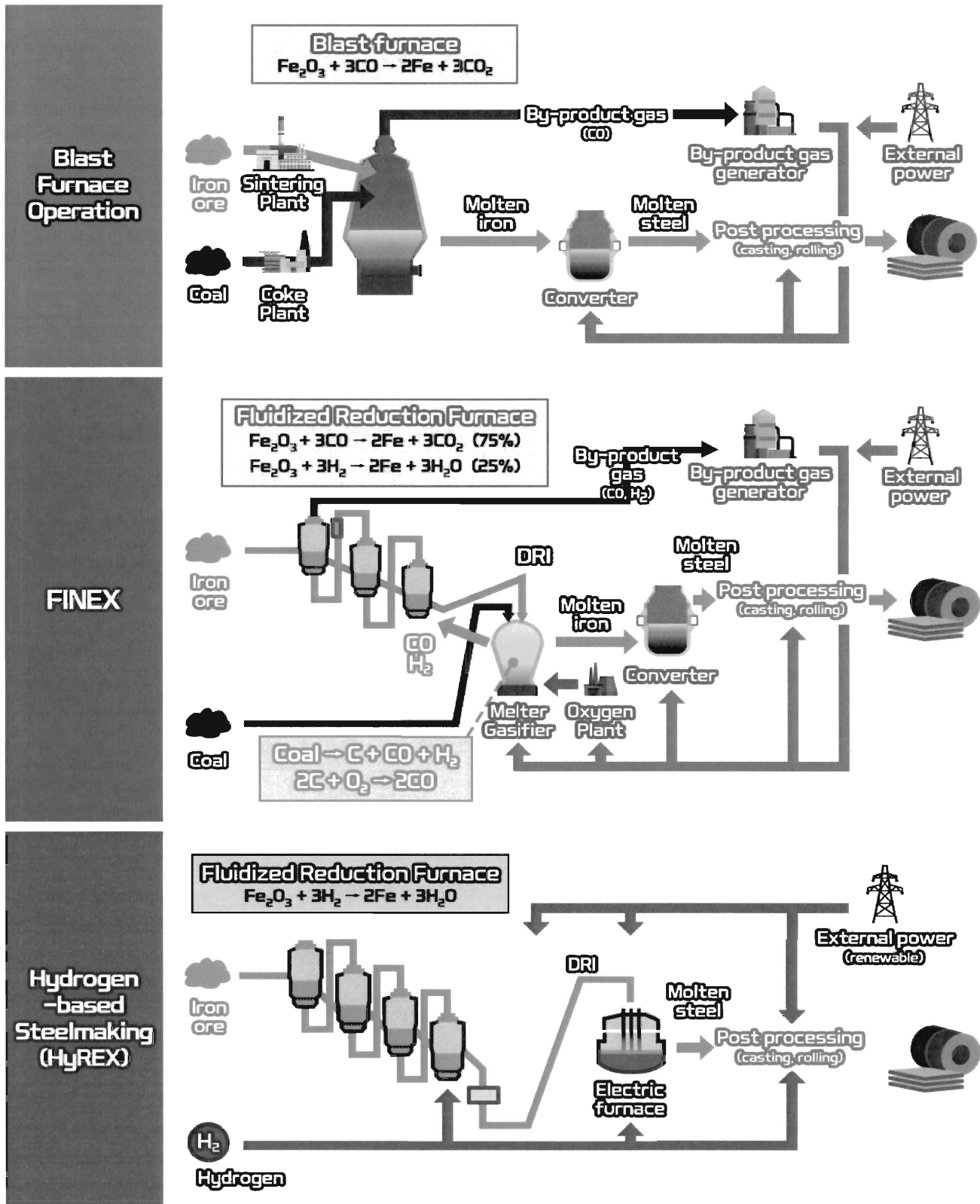


Figura 1 – Schema celor trei tehnologii clasice de producere a oțelurilor.

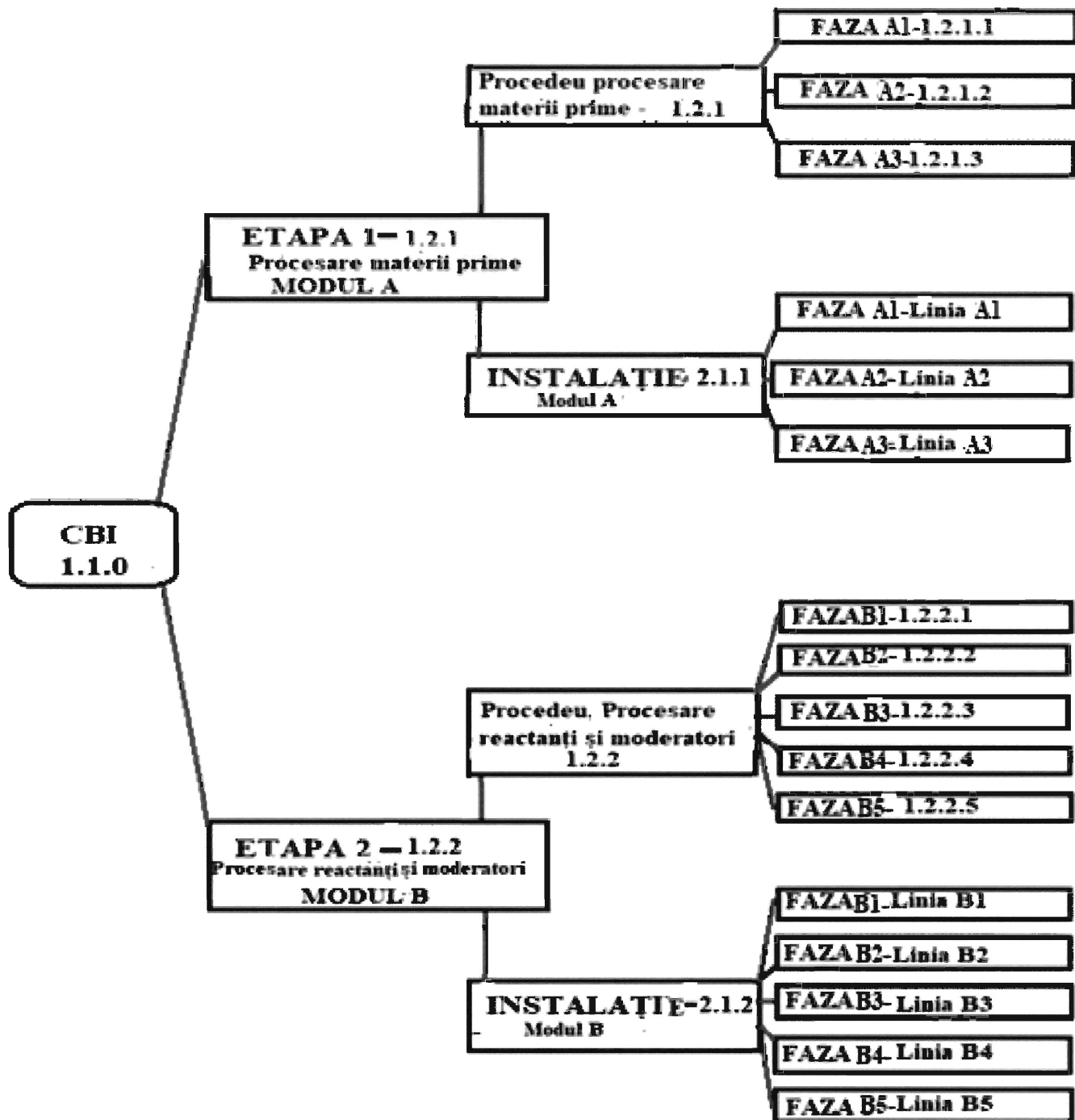


Fig. 2 – Schema bloc conceptuală a CBI

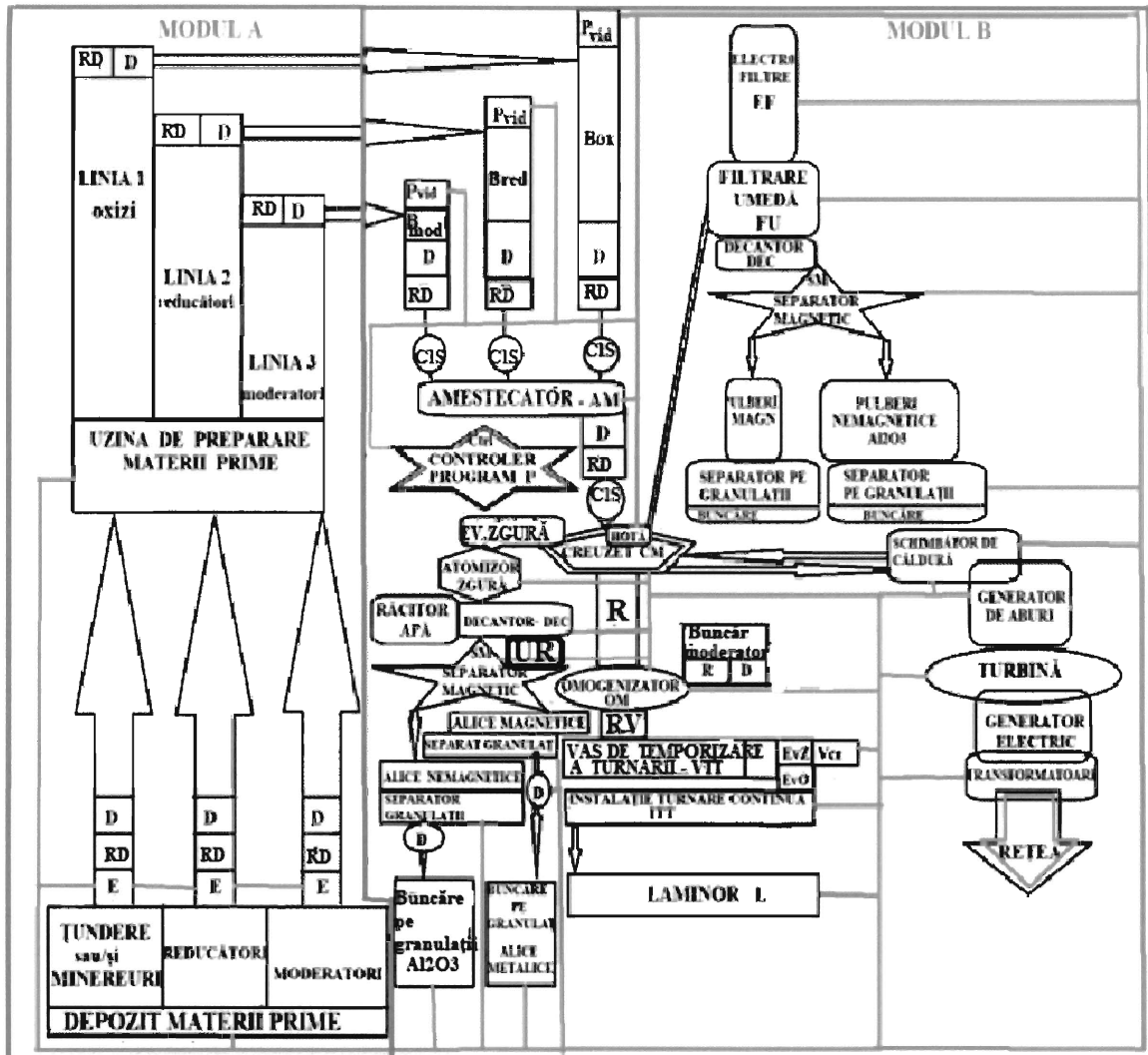


Fig. 3 – Schema bloc funcțională, bimodulară a procedului CBI

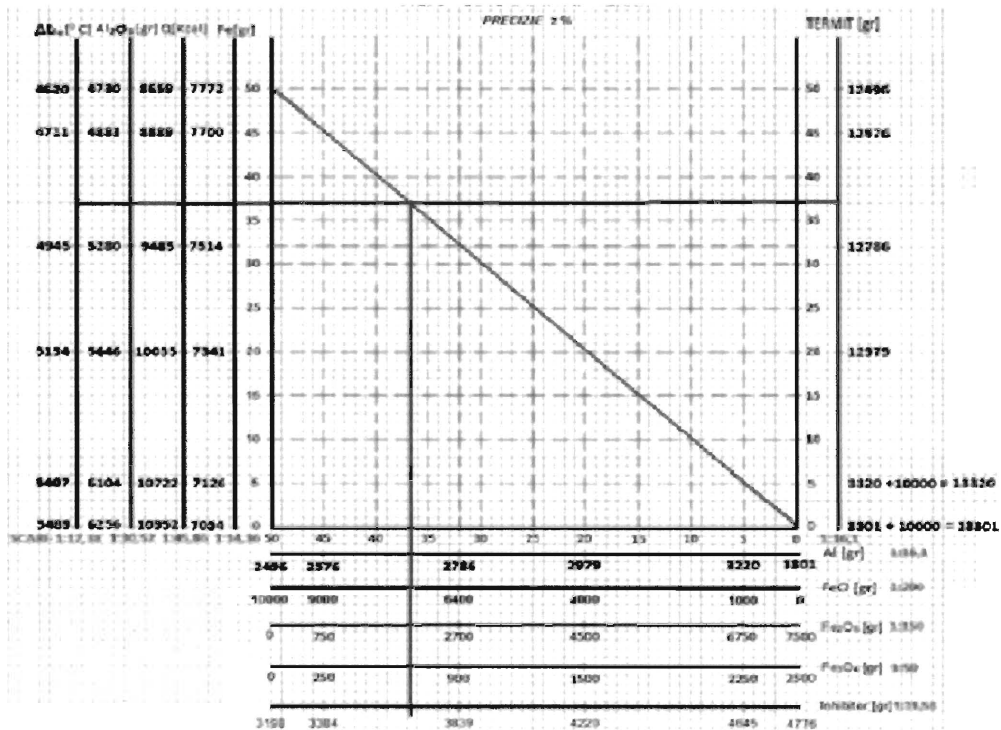


Fig. 3b – Diagrama termică orientativă



124

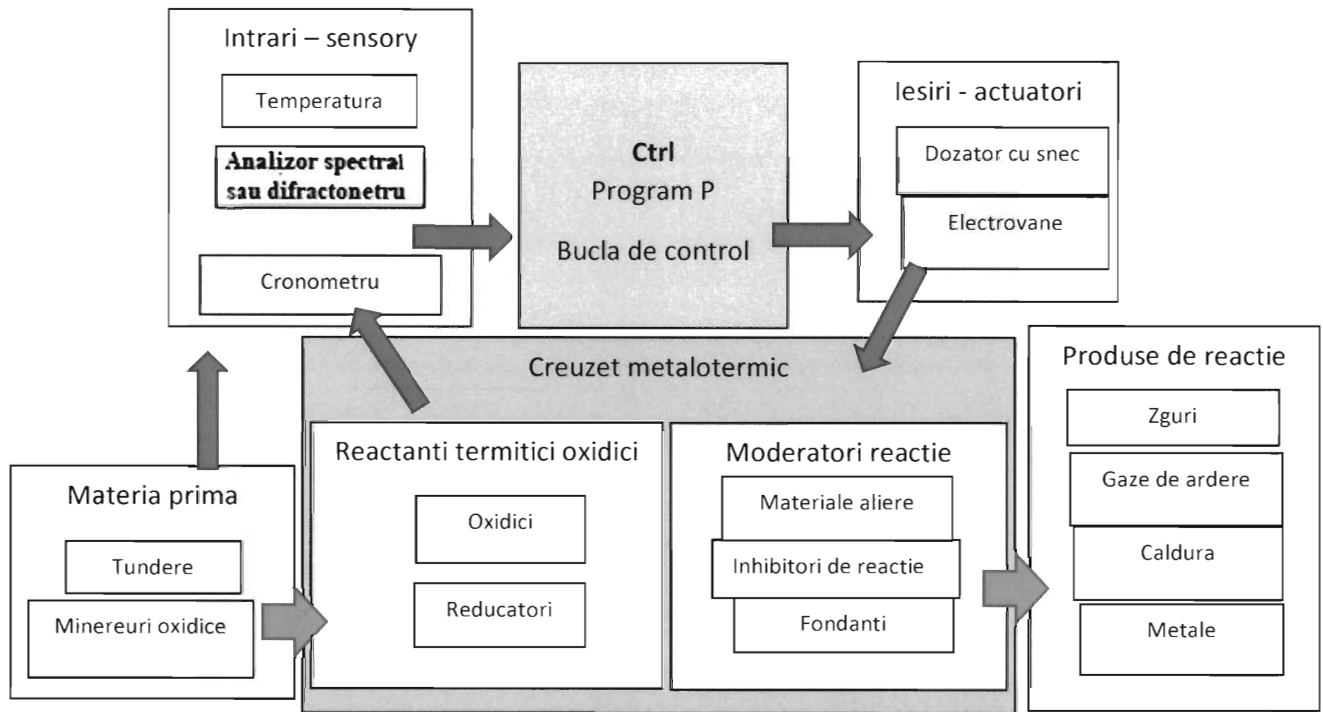


Fig. 4 – Schema bloc funcțională a controlerului (Ctrl).

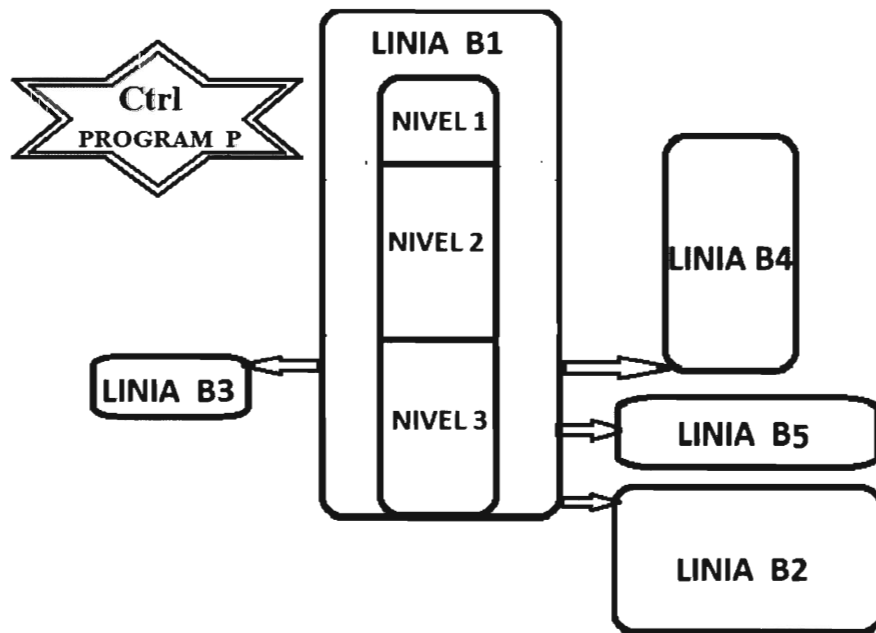


Fig. 5 – Schema bloc a funcționării procedurii CBI, aferent etapei 2/modulului B

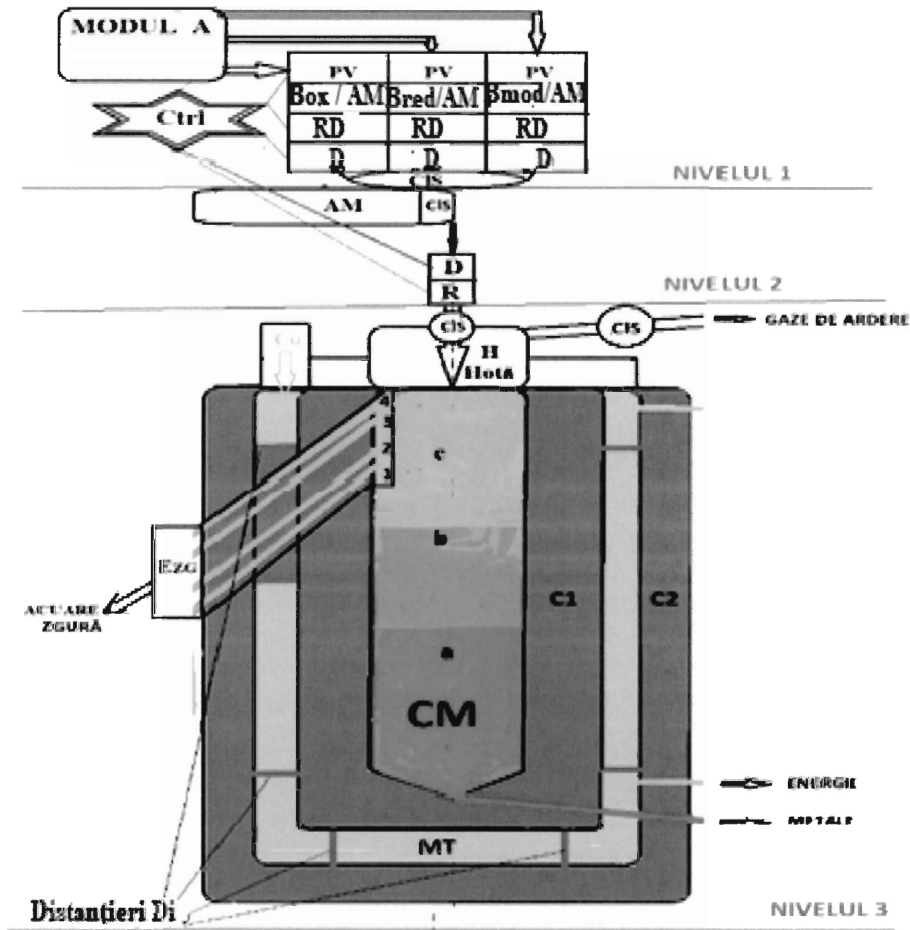


Fig. 6 – Schema bloc a fazei B.1 (Faza de realizare a amestecurilor termitice).

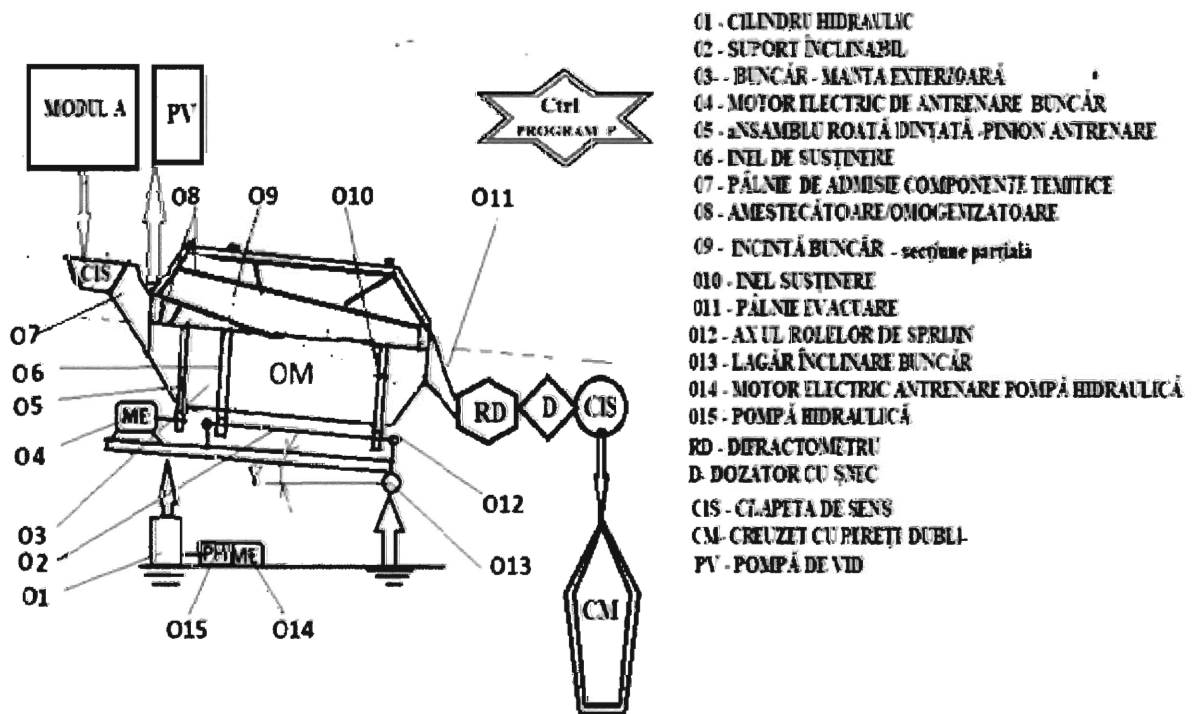


FIG. 6.1 - SCHEMA BLOC A BUNCĂRULUI ROTATIV

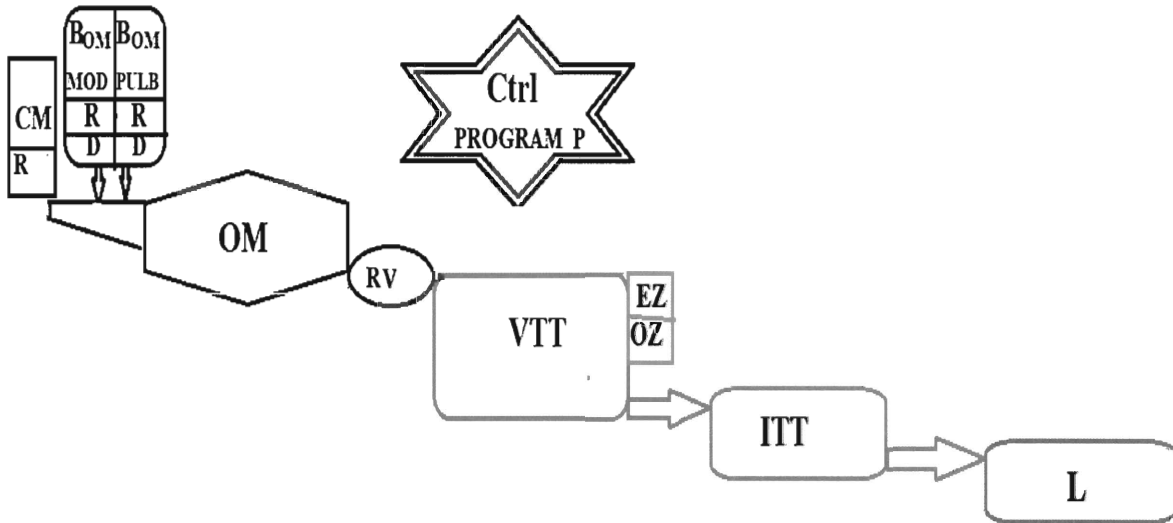


Fig. 7- Schema bloc a liniei B2

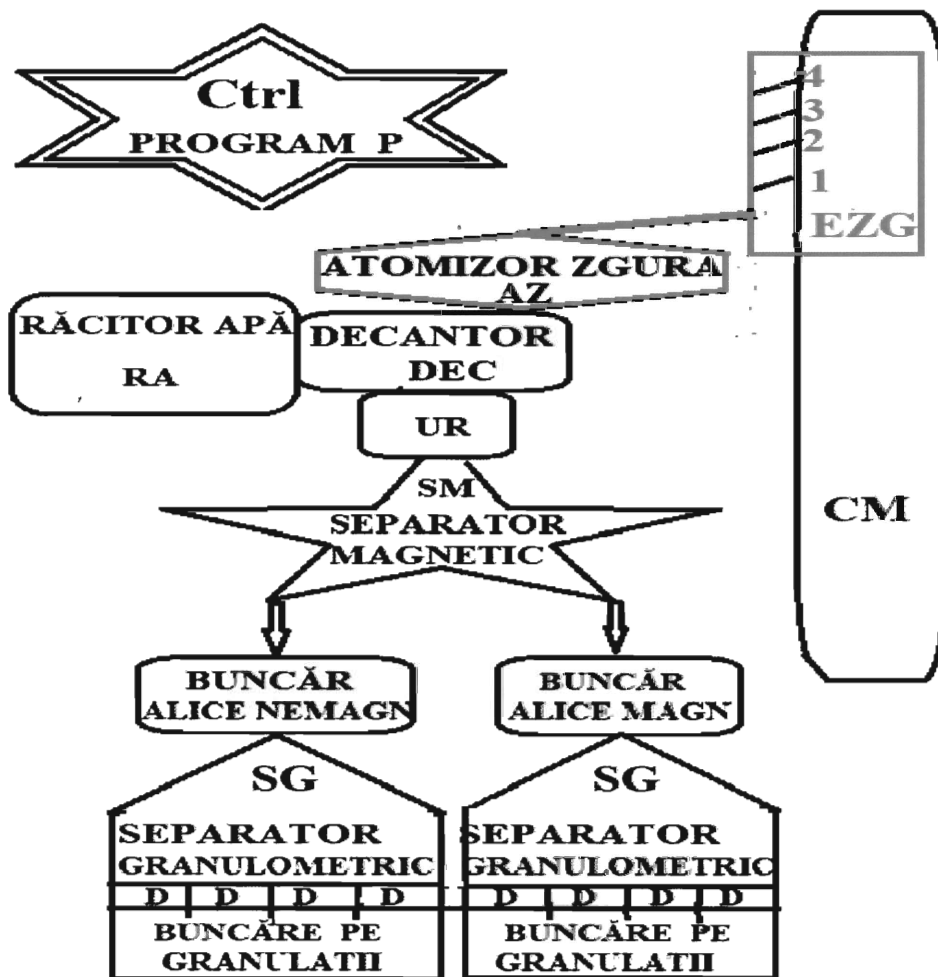


Fig. 8 -Schema bloc a fazei B.3.

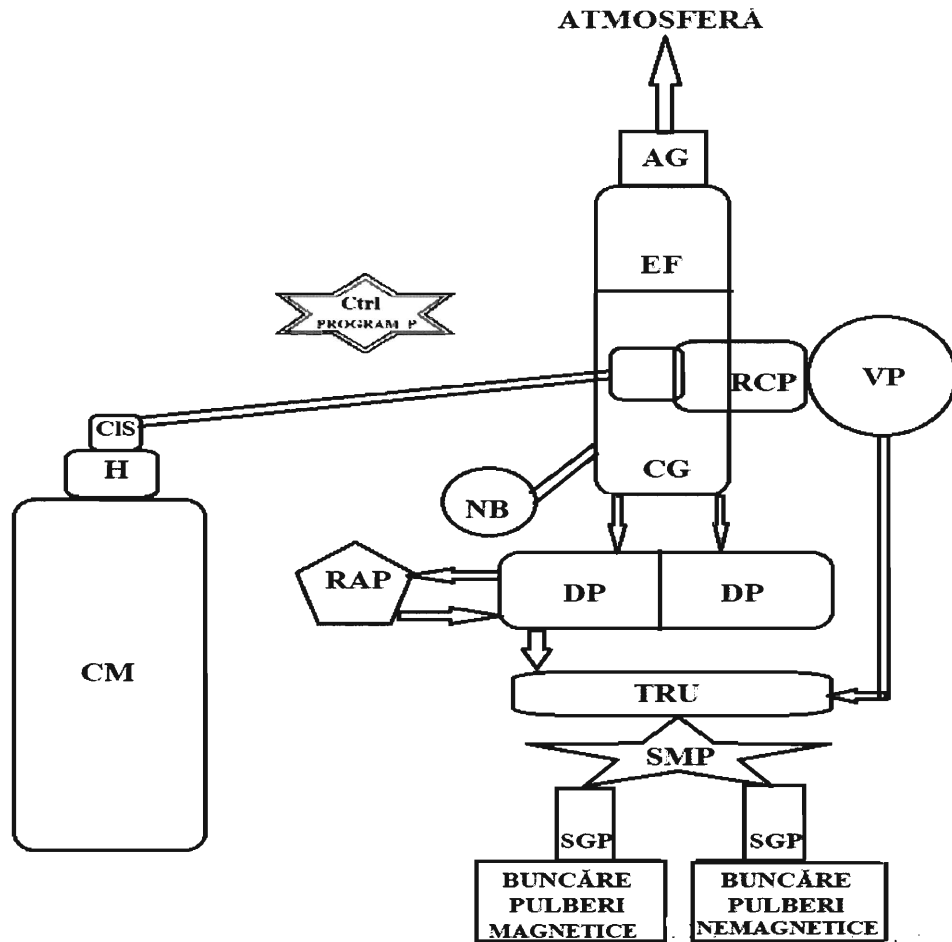


Fig. Fig. 9- Instalația de colectare, evacuare, neutralizare și valorificare a gazelor de reacție, aferentă liniei B4.

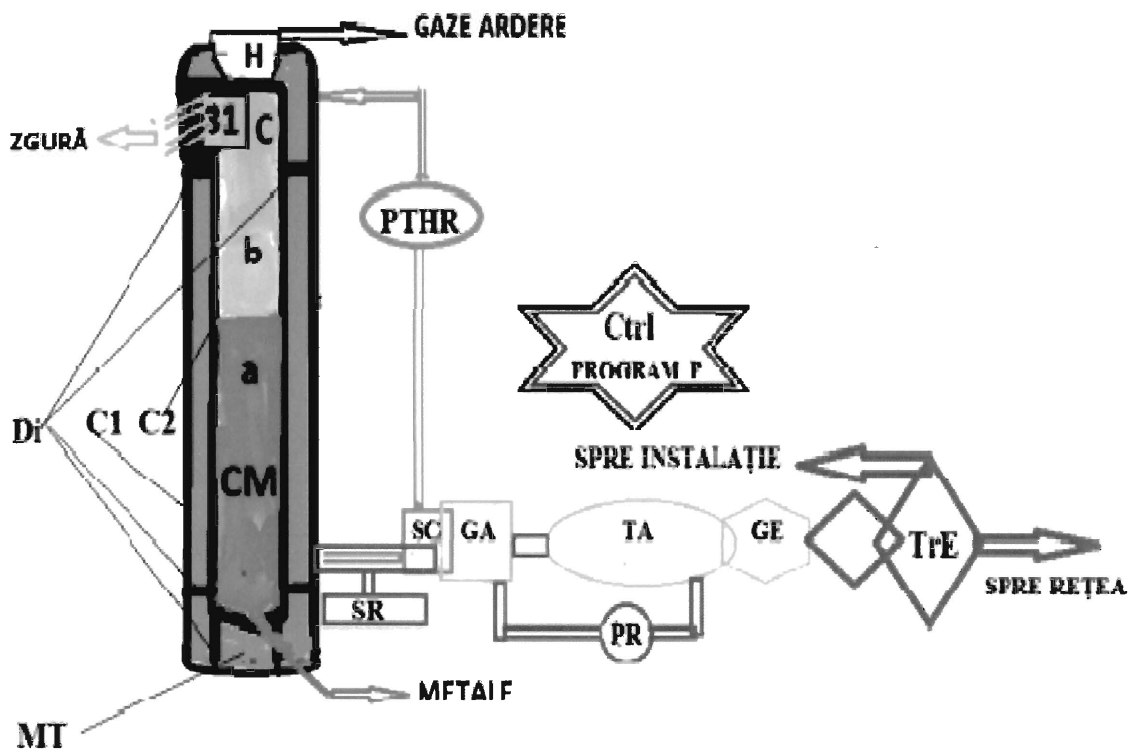


Fig. 10- Schema bloc a instalației aferente liniei B5

SCHEMĂ BLOC - LINIA 1 - MODUL A

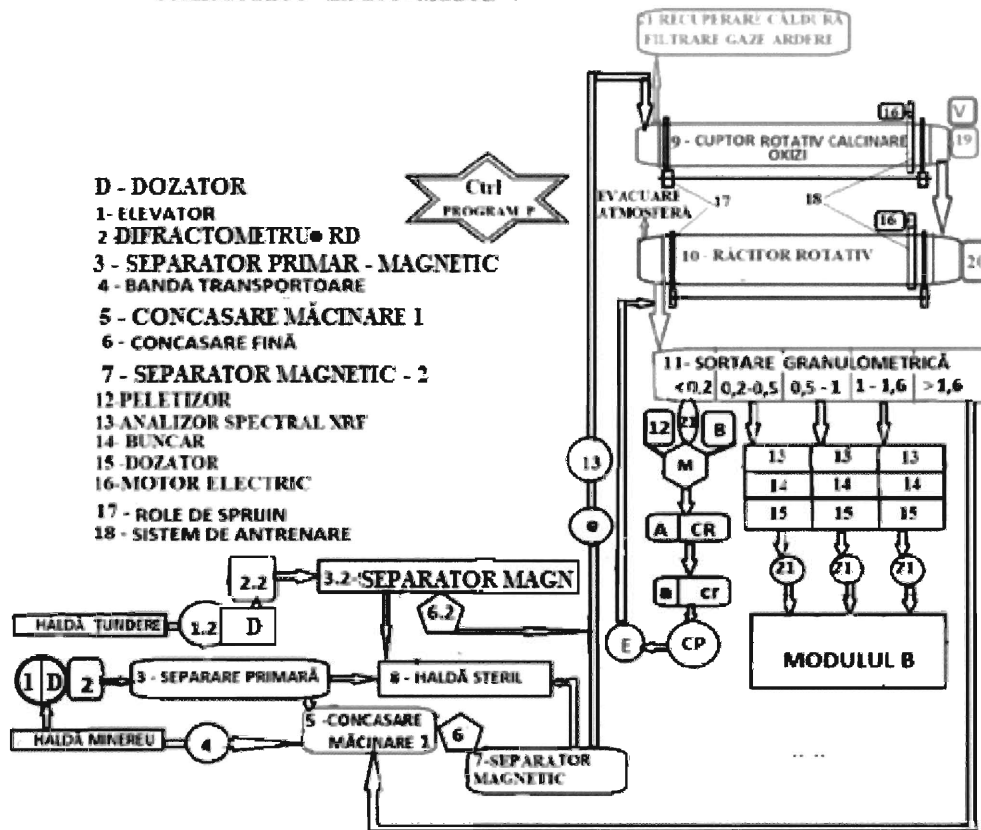


Fig. 11- Schema bloc a fazei A.1

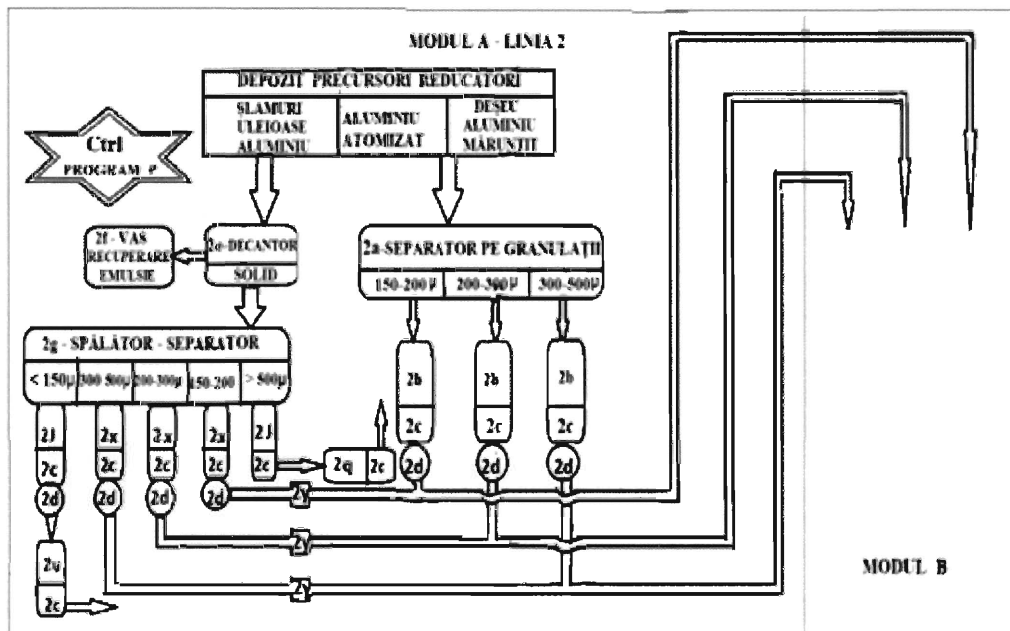


Fig. 12- Schema bloc – LINIA A2

119

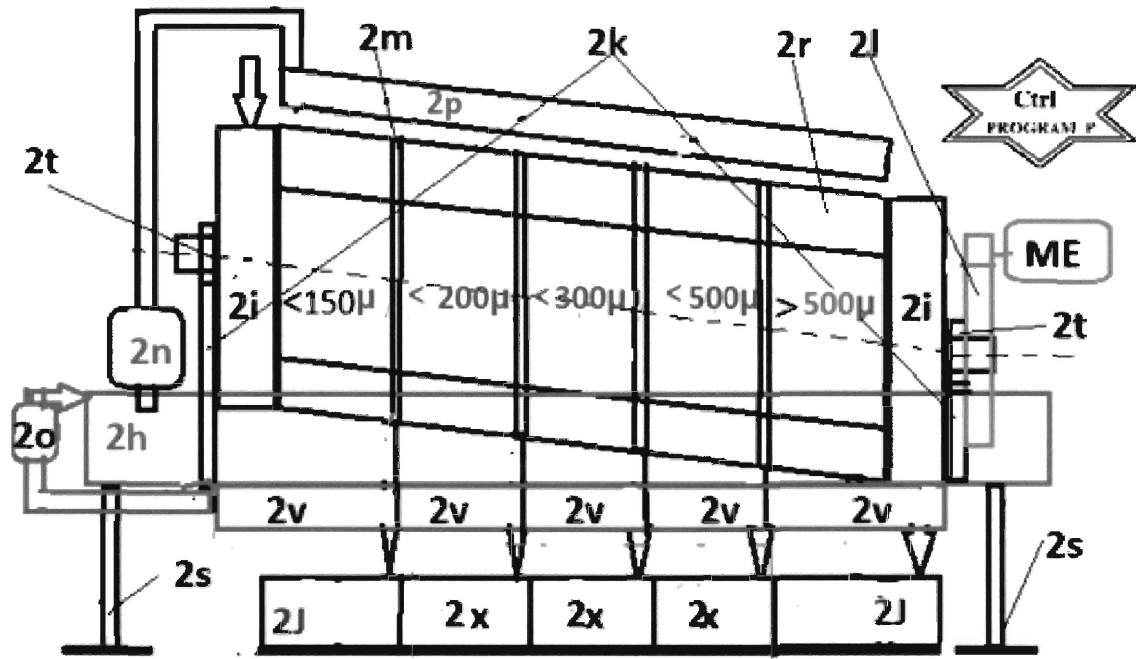


Fig. 13 - Schema spălătorului - separator (2g)

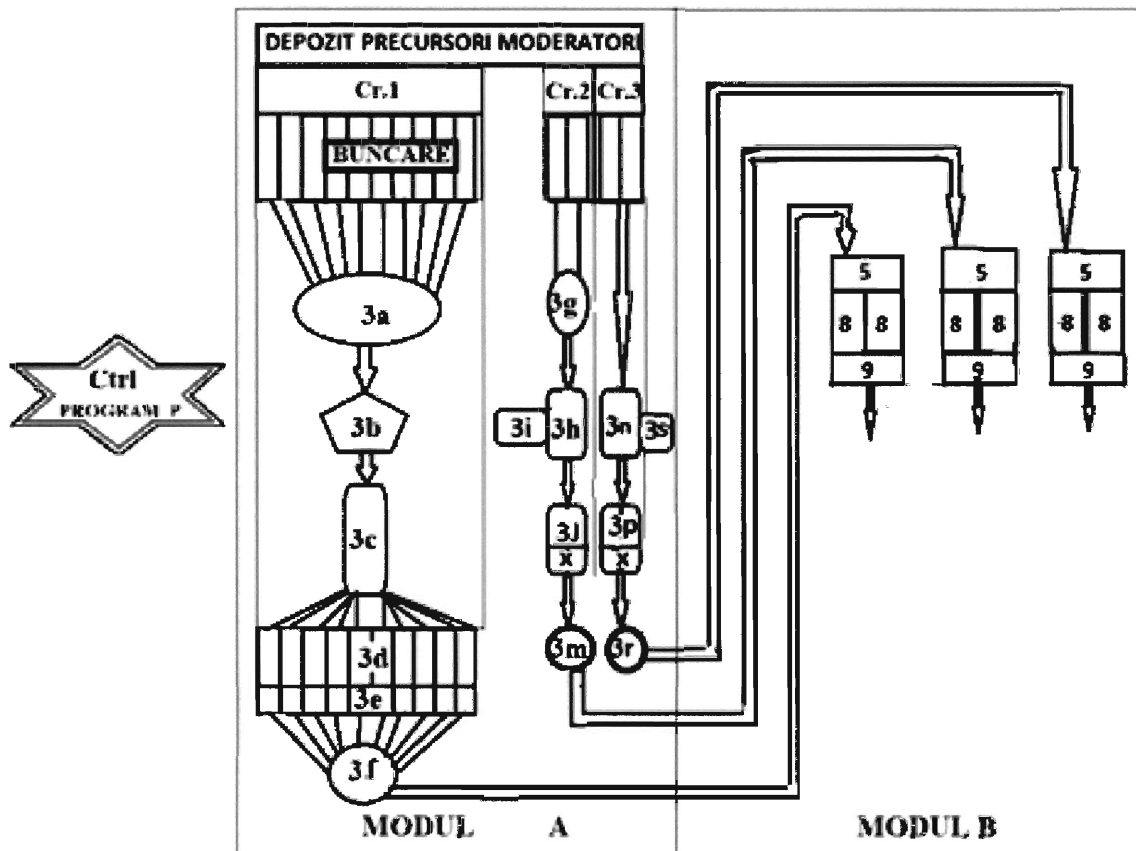


Fig. 14 - Schema bloc - LINIA A3

118

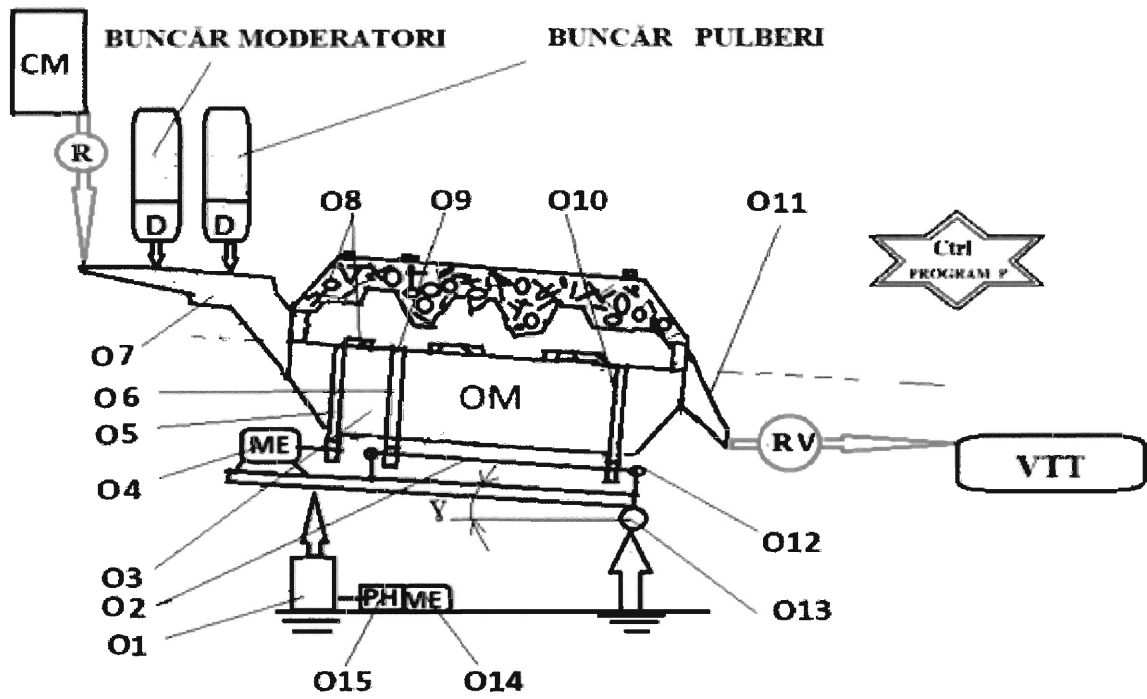


Fig.

15 - Schema bloc a conexiunilor și secțiune parțială prin omogenizatorul (OM)

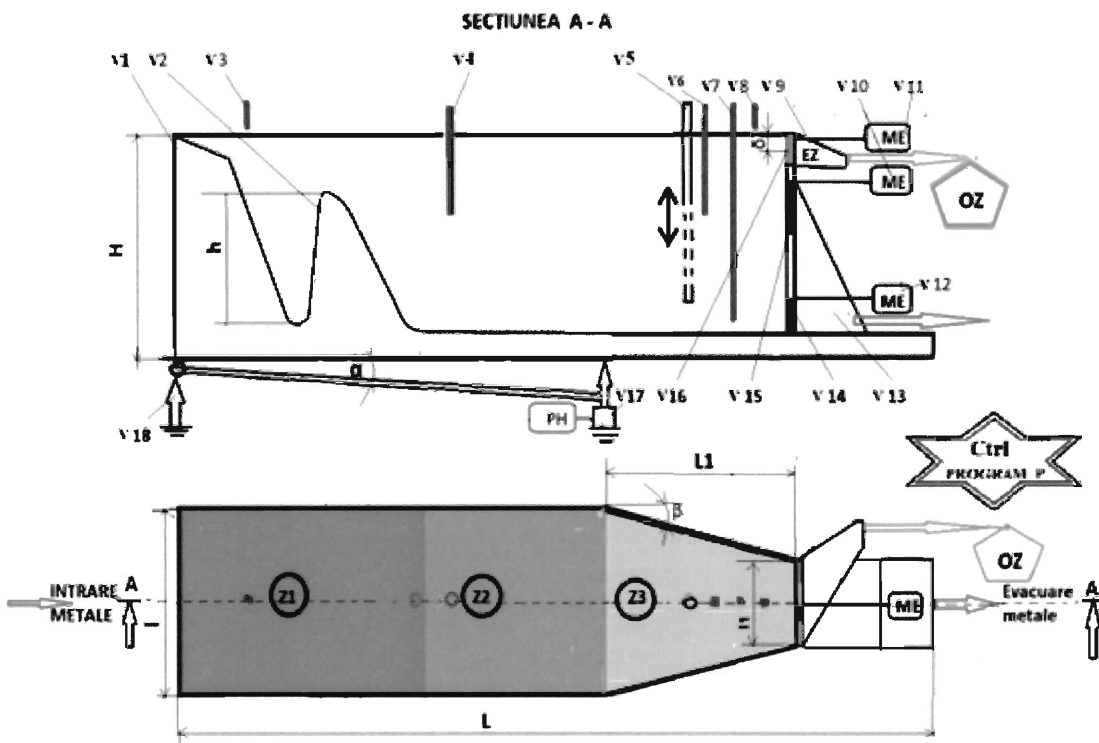


Fig. 16- Schema principală a vasului (VTT) : Vedere de deasupra și secțiune în plan vertical, în care: poz.(V1) indică geometria interioară a vasului