



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2011 01310

(22) Data de depozit: 05.12.2011

(41) Data publicării cererii:
30.08.2013 BOPI nr. 8/2013

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA POLITEHNICĂ DIN
BUCUREȘTI - CENTRUL DE CERCETARE
ACPC ROMÂNIA,
SPLAIUL INDEPENDENȚEI NR.313,
CORP ED-004, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO

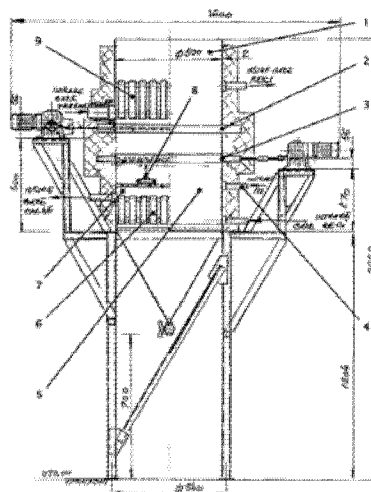
(72) Inventatori:

• STĂNĂȘILĂ VIRGIL-CORNELIU,
BD.ION MIHALACHE NR.70-84, BL.45,
SC.A, AP.25, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B,
RO;
• STĂNĂȘILĂ OCTAVIAN, ALEEA FĂUREI
NR. 8, VILA 11, AP. 9, BUCUREȘTI, B, RO;
• ȘTEFĂNOIU HORAȚIU GEORGE,
STR. PAJUREI NR.11, BL.F4, SC.B, AP.40,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• ȘTEFĂNOIU DAN, STR. BĂICULEȘTI
NR.19, BL.D9, AP.50, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) PROCEDEU ȘI INSTALAȚIE DE PRODUCERE DE PULBERE
DE FIER MOALE

(57) Rezumat:

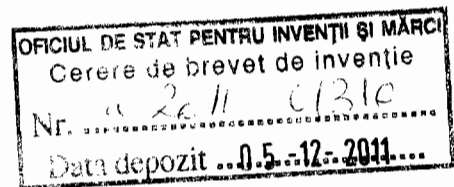
Invenția se referă la un procedeu și la o instalație pentru obținerea unei pulberi de fier din minereuri de fier, cu utilizare pentru producerea unor oțeluri speciale. Procedeu conform invenției constă în măcinarea minereului de fier la o granulație de 20...25 μ , dezoxidarea minereului preîncălzit la 580°C, cu hidrogen gazos la un debit de 0,6 mc/kg Fe și o viteză de 0,2 m/s, după care minereul este răcit până la o temperatură de circa 80°C, se colectează, hidrogenul se îndepărtează la vid și se înlocuiește cu argon, rezultând pulberea de fier depiroforizată. Instalația conform invenției constă dintr-un buncăr (1), din care minereul de fier, preîncălzit la 580°C cu un încălzitor (9), este sortat, prin cădere, prin niște site (2), controlat de un indicator (8), cade într-un spațiu (5) unde este străbătut de un flux de hidrogen provenind dintr-un distribuitor (4), și un răcitor (6) al amestecului apă și hidrogen, care reține apa și separă hidrogenul pentru recirculare.



Revendicări: 6
Figuri: 1

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





Descrierea invenției

Invenția se referă la un procedeu și la o instalație care îl aplică, pentru producerea de pulbere de fier moale, adică fără carbon, din minereu de fier, folosind ca agent reducător hidrogenul.

Domeniul invenției are aplicabilitate în industriile siderurgică și chimică.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este cea a producerii de pulbere de fier, prin reducerea oxizilor de fier, procurați din industria siderurgică, mărunțiți la granulația uzuală.

Se cunoaște procedeul H-IRON privind producerea de pulbere de fier la presiuni mari, de peste 30 de bari, în atmosferă de hidrogen pur. Minereul de fier cu granulație între 40 și 800 de microni este introdus într-un cuptor rotativ, reducerea având loc în trei trepte de fluidizare, atingând un grad de reducere de 98%. Pulberea este piroforică și supusă unei pasivizări prin recoacere la 800°C în atmosferă de hidrogen. Dezavantajul procedurii îl constituie consumul energetic specific de peste 18 GJ / t Fe și, totodată, consumul de oxigen tehnic costisitor.

Un alt brevet cunoscut este WO/2004/067784, în care se propune un proces pentru a produce burete de fier și apoi pulbere redusă de fier, prin care oxidul de fier și agentul reducător solid sunt mărunțiți și stocați alternativ în spirală. Dezavantajul constă atât în gradul scăzut de utilizare a gazului reducător, cât și în utilizarea de oxigen tehnic.

Se mai cunoaște tehnologia Hoeganaes de producere de pulbere de fier aplicată și la o întreprindere din Buzău, prin care se utilizează fier vechi topit, pulverizat, răcit, formând o pulbere brută, călită în atmosferă de hidrogen, care apoi este mărunțită și măcinată într-un produs fin de fier. Dezavantajul este că s-au constatat acumulări de pulbere pe suprafețe plate și accidente cauzate de aprinderea pulberii care este combustibilă și dificil de controlat.

Mai apropiat de actuala propunere de invenție este brevetul RO 121605/2007, unde producerea de pulbere metalică este asociată cu producere de hidrogen, după dezoxidarea în pat fluidizat a minereului de fier, prin folosirea de agent reducător gazos format din CO și H₂. Fierul obținut este reoxidat cu abur, generând hidrogen pur. Dezavantajul principal constă în utilizarea insuficientă a agentului reducător.

Conform invenției de față, procedeul propus rezolvă problema tehnică enunțată și atenuează dezavantajele menționate prin aceea că făina de minereu de fier, relativ uscată, este măcinată sau preluată gata măcinată de la o întreprindere siderurgică, la o granulație cuprinsă între 20 și 250 de microni, fără peletizare. Se înlătură astfel măcinarea finală a fierului moale, obținut pe alte căi, operație care ar conduce la formarea de lamele/particule turtite și nu de mici granule. Se realizează totodată controlul debitelor și menținerea unui anumit nivel al stratului de minereu. Ansamblul reactorului de producere de pulbere de fier se prezintă ca un paralelipiped vertical, izolat termic la exterior, pentru a reduce disipările de căldură, în condițiile unei temperaturi interioare de maximum 600°C. Făina de minereu intră într-un buncăr dotat cu un încălzitor, care folosește gaze de ardere produse în exteriorul instalației. Pentru controlul curgerii minereului, acesta trece printr-un proces de sitare, cu amplitudinea și perioada reglabile. Făina este preîncălzită la 570°C cu gaze de ardere produse în exteriorul instalației. Vracul respectiv de făină este susținut de un ansamblu de trei site.

Deplasarea alternativă a sitei mijlocii asigură desfacerea eventualelor aglomerări de minereu și reglarea debitului de făină, prin reglarea amplitudinii și frecvenței mișcării alternative, realizată în plan orizontal. Făina căzută în particule separate pe ansamblul celor trei site formează un strat cu grosime variabilă în jurul unei medii de 10 mm. Pentru dezoxidarea minereului de fier, se folosește hidrogenul, care asigură absența carbonului din pulberea de fier finală. Reacția de dezoxidare cu hidrogen este $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 = 2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$, de fapt $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 15\text{H}_2 + 12\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe} + 12\text{H}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$, cu hidrogen recirculat, generat într-un gazogen alăturat instalației și necesitând circa $0,6 \text{ m}^3 \text{ H}_2 / \text{kg Fe}$. Oxidarea H_2 asigură doar 1548 din cele 1758 kcal / kg Fe necesare; pentru restul de 210 kcal / kg Fe plus disipările, estimate la circa 10 kcal / kg Fe, totalizând 220 kcal / kg Fe $\cong 0,25 \text{ kWh} / \text{kg Fe}$, se introduce suplimentar energie electrică. O variantă constă în cedarea de căldură prin intermediul unor benzi/panglici de Kanthal de $4 \times 0,3 \text{ mm}$, așezate în trei straturi paralele, pe câte o jumătate din secțiunea de deplasare a minereului, fiecare strat din cele trei, legate în paralel; cele două jumătăți sunt de asemenea legate în paralel. Într-o altă variantă, în site se descarcă, cu frecvență variabilă, un condensator electric, care asigură alimentarea relativ uniformă și continuă cu energie a stratului, cât să se acopere necesarul menționat. În acest fel, la tensiunea nominală a rețelei, se cedează tocmai $0,25 \text{ kWh} / \text{kg Fe}$. Așadar, consumul necesar de energie este asigurat 88% sub formă termică și 12% electric. În spațiul de sub primul strat de site, particulele de făină întâlnesc agentul reducător, aflat în proporție de 79% H_2 + 21% H_2O , la finele evoluției sale. La partea superioară a zonei de făină dispersată se evacuează agentul reducător, care este condus la un răcitor, unde se răcește în final la circa 35°C , pentru a permite condensarea și evacuarea apei în fază lichidă. Hidrogenul se reîncălzește cu căldura pe care a cedat-o în cursul răcirii și se reintroduce, împreună cu hidrogen generat de gazogen, în reactorul de pulbere de fier, în masa de fier dezoxidat, printr-un distribuitor din țevi perforate. Făina se depune într-un strat de circa 10 mm grosime pe un alt ansamblu de site cu amplitudinea și frecvența de asemenea reglabile și cu control al nivelului făinii, în care se realizează dezoxidarea propriu-zisă, prin aport de căldură necesară desfășurării reacțiilor. Cele două spații de sub ansamblurile de site, cu particule separate, relativ depărtate unele de altele, contribuie la organizarea circulației verticale a H_2 și a vaporilor de H_2O , formați și recirculați. Minereul preîncălzit la 580°C intră în spațiul de jos, în contact cu H_2 , de la gazogen și cel recirculat, introdus printr-un distribuitor, iar din spațiul de sus, iese amestecul gazos H_2 + H_2O . Într-un schimbător de căldură superior, amestecul se răcește, cu gaze de ardere sau cu aer atmosferic, de la 570°C la circa 80°C . Suplimentar, cu un consum de gheață sau zăpadă, se mai răcește la 15°C . Apa condensată, împreună cu apa din gheață/zăpadă și cu praful colectat din minereu, se elimină, iar H_2 „uscat” se recirculă. Amestecul hidrogenului provenit de la gazogen cu cel de la un schimbător de căldură din exterior, unde se reține apa, este preîncălzit la circa 580°C și introdus în plan orizontal în masa de pulbere de minereu redus, printr-o rețea de țevi distribuitoare, cu rolul de a-l repartiza uniform la ieșirea din vracul de pulbere și de a finaliza eventualele dezoxidări. La trecerea H_2 prin minereu, diagrama de echilibru a reducerii oxizilor de fier cu H_2 arată că, la 572°C , doar maximum 21% din H_2 se oxidează la H_2O . Acoperitor, se poate considera că reacționează doar 19% din H_2 , restul de 81% nefiind oxidat. Amestecul de 81% H_2 și 19% H_2O se răcește în schimbătorul menționat, de la 570°C la cele circa 15°C .

Condensarea apei îi reduce participația în fluxul de H_2 până la $0,17 \text{ kg apă} / \text{m}^3_n H_2$. Făina de pulbere de fier dezoxidată cade liber și are contact cu hidrogenul reducător proaspăt, contribuind la desăvârșirea reducerii. Ea se colectează într-un buncăr inferior, trecând mai întâi printr-un răcitor cu gaze de ardere răcite în încălzitorul de minereu și cu puțină apă cu gheață. Pulberea răcită este colectată apoi într-o cutie metalică etanșă, care se racordează la o pompă de vidare, cu scopul eliminării hidrogenului rămas în masa de pulbere. După aceea, se introduce argon, care fiind monoatomic, pătrunde ușor prin porii pulberii de fier și în spațiul intergranular. După un timp de relaxare de câteva minute, pulberea de fier depiroforizată se poate încărca în pungi sau saci, fiind trimisă la utilizator.

Procedeul propus în cadrul invenției, prezintă următoarele avantaje:

- instalația este ecologică, fiind excluse emisiile de CO , iar cele de CO_2 și alte noxe sunt minimizate;
- se utilizează minereul siderurgic uzual, fără peletizare și fără a face o remăcinare a produsului final;
- se intensifică procesele termochimice de dezoxidare a minereului de fier, cu creșterea suprafeței de reacție și cu intensificarea schimbului de căldură;
- hidrogenul este recirculat, ceea ce asigură o utilizare aproape completă a agentului reducător;
- se reduc neuniformitățile temperaturilor în strat, fapt care face ca procesele să decurgă la temperaturi relativ constante;
- durata proceselor este mult mai redusă decât în cazul altor tehnologii;
- pulberea de fier rezultată este nepiroforică și fără carbon, ceea ce o face foarte utilă în industrie, la producerea de piese sinterizate, electrozi de sudură, obținere de aliaje în oțelării etc.; în ultimul timp, pulberea de fier este utilizată la neutralizarea apelor reziduale și la creșterea profitabilă și ecologică a algelor, ca și la eliminarea sulfului din unii combustibili în industria petrochimică; de asemenea, se poate obține pulbere ultrafină de fier, utilizată în industria farmaceutică;
- instalațiile care vor aplica procedeul sunt compacte, ocupând o suprafață mică de teren, fiind realizate cu materiale indigene, fără costuri mari de investiție și exploatare.

În continuare, se dă un exemplu de instalație de producere a 20 kg/h pulbere de fier, din 29 kg/h minereu de fier, în legătură cu Figura 1, care reprezintă o secțiune.

Minereul de fier uscat, cu granulația între 20 și 250 microni și cea medie mai mare de 40 microni, aflat într-un buncăr ①, cade în particule separate pe un ansamblu de site ②, formând un strat cu grosime variabilă în jurul unei medii de 10 mm . Sitele au ca scop controlul debitului și menținerea unui anumit nivel al stratului de minereu. Se prevăd trei site orizontale. Cea din mijloc, cu 900 ochiuri / cm^2 , este mobilă, cu alternanță, și permite trecerea tuturor granulelor sub 200 de microni. Celelalte două site, deasupra și sub cea mobilă, au rolul de a reduce antrenarea minereului departe de sita mobilă. În scopul obținerii unei eficiențe înalte, procesul de dezoxidare se va desfășura în jurul temperaturii de 572°C . Pentru asigurarea unei temperaturi relativ uniforme,

fluxul de hidrogen reducător, de circa $0,6 \text{ m}^3_{\text{n}} / \text{kg Fe}$, traversează uniform straturi subțiri de minereu cu viteze sub viteza de antrenare, de $0,2 \text{ m/s}$, a particulelor mai mari de 18 microni, reprezentând 5% din masa de minereu. Se evită astfel înfundarea de conducte cu particule fine de minereu, iar schimbul de căldură între agentul reducător și vracul de minereu se realizează pe suprafețe orizontale, prin straturi de minereu suficient de subțiri, astfel încât căderea de presiune să fie de ordinul zecilor de milimetri coloană de apă. Prin oxidarea hidrogenului cu oxigen din minereu se produc circa $9,6 \text{ kg}$ apă și prin minereu trebuie vehiculați $9,6/0,17 = 56,7 \text{ m}^3_{\text{n}} \text{ H}_2 / \text{h}$, la care se adaugă vapori de apă recirculați. Viteza gazelor este de circa $0,2 \text{ m/s}$. Consumul de energie este asigurat în proporție de 88% termic, iar restul de 12% introduse suplimentar necesită 5 kW , pentru a produce cele 20 kg Fe / h . Spațiul ③ de sub ansamblele de site contribuie la organizarea circulației verticale a H_2 și a vaporilor de apă, formați și recirculați. Minereul preîncălzit la circa 580°C într-un încălzitor ⑨ intră într-un spațiu gol ⑤, de peste 10 cm înălțime, unde se realizează un strat de minereu cu grosimea de circa 3 cm . Acesta care este străbătut de fluxul de hidrogen, introdus print-un distribuitor ④, efectuându-se dezoxidarea. În acest strat, se află trei rânduri de benzi/panglici din Kanthal, dimensionate astfel ca la tensiunea nominală de 220 V să cedeze 5 kW , care să asigure deficitul de căldură neacoperit de puterea calorică a hidrogenului „ars” în cursul dezoxidării minereului. Fiecare panglică este dispusă în mai multe rezistențe legate în paralel, realizând două grupuri formate din câte trei rezistențe, legate de asemenea în paralel. Panglicile sunt dispuse în benzi paralele, cu lățimea pe verticală. Dintr-un spațiu ⑦ iese amestecul gazos $\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Într-un schimbător de căldură superior, în sine cunoscut, amestecul se răcește de la 570°C la circa 80°C și suplimentar la 15°C , cu consum de gheață sau zăpadă. Apa condensată, împreună cu apa din gheață/zăpadă și cu praful colectat din minereu, se elimină, iar H_2 uscat se recirculă. Amestecul hidrogenului provenit de la gazogen cu cel de la un schimbător de căldură din exterior unde se reține apa, este preîncălzit la circa 580°C și introdus în plan orizontal în masa de pulbere de minereu redus, printr-o rețea de țevi distribuitoare, cu rolul de a-l repartiza uniform la ieșirea din vracul de pulbere și de a finaliza eventualele dezoxidări. Hidrogenul ajunge la un răcitor, care reține apa și îl separă pentru recirculare. Așadar, întrucât reacția de oxidare a hidrogenului cu oxigenul extras din minereu, cu formare de apă, are loc doar parțial, de circa 20%, în scopul creșterii eficienței utilizării hidrogenului, amestecul de hidrogen și abur este răcit la 15°C , astfel ca participația celor 20% de vapori să condenseze. Hidrogenul este recirculat, fiind reîncălzit după separarea de abur cu căldura cedată de amestecul inițial, într-un schimbător cunoscut în sine, și amestecat cu hidrogen proaspăt. În acest mod, crește utilizarea hidrogenului teoretic la 100% și nu doar 80% ca la procedeele cunoscute. Apa este separată și evacuată în faza lichidă odată cu mărunțul de fier sub 20 de microni, evacuat ca nămol (împreună cu apa în exces). Încălzitorul ⑨ este format din piese/cutii metalice de $500 \times 150 \times 14 \text{ mm}$, cu câte un racord de intrare a gazelor de ardere la 650°C în partea inferioară, cu diametrul interior de peste 10 mm și cu câte un racord de ieșire a gazelor la 60°C în partea superioară. Prin cutiile încălzitorului circulă gaze de ardere, care se răcesc de la 650 la 50°C , încălzind minereul de la 20°C la 620°C . Hidrogenul format din cel proaspăt și cel recirculat este distribuit printr-o rețea de țevi subțiri, la circa 15 mm sub nivelul liber al pulberii de fier, minereu dezoxidat. Stratul de pulbere străbătut servește atât la uniformizarea distribuției hidrogenului, cât și la desăvârșirea

dezoxidării minereului. Pulberea de fier cu 575°C continuă coborârea și este răcită într-un răcitor ⑥ imersat în vracul de pulbere, având o construcție similară cu cea a încălzitorului de minereu ⑨. Ca agenți de răcire, se folosesc gaze de ardere de circa 75°C ieșite din încălzitorul de minereu, care vor evolua între 45°C și 550°C. Răcirea pulberii de fier poate continua până la 35°C într-un schimbător cu apă, amplasat în tronsonul inferior al instalației. Pulberea având 80°C se colectează într-un recipient, de exemplu de circa 20 kg, reprezentând producția pe o oră a instalației. Din acest recipient, se extrage hidrogenul cu o pompă de vid, prin realizarea unui vacuum avansat, sub 1 mbar deci 100 Pa. Se va evacua atât hidrogenul dintre granule, cât și cel aflat în porii granulelor. După 15 minute, în recipient se introduce argon, care, fiind monoatomic, pătrunde relativ ușor în porii granulelor, înlocuind hidrogenul și vaporii de apă. Pulberea de fier răcită și depiroforizată este trimisă la utilizator. Instalația mai cuprinde un schimbător exterior de căldură, al cărui rol este acela de a răci amestecul de 80% H₂ + 20% H₂O, în vederea condensării și eliminării apei în faza lichidă. Necesarul de hidrogen pentru dezoxidarea minereului, la evoluție integrală, fiind de 0,6 m³_n H₂ / kg Fe, prin instalație trebuie să circule (100/20)×12 = 60 m³_n H₂ / h. S-a stabilit anterior că viteza de antrenare a particulelor cu granulație sub 40 microni este de 0,2 m/s, ceea ce conduce la o secțiune de curgere ascensională verticală a amestecului gazos reducător de $60 \times (1 + 600/273) / (3600 \times 0,2) = 0,24 \text{ m}^2$. Această secțiune a poate fi stabilită la 0,5×0,5m², întreaga construcție a schimbătorului fiind metalică. În schimbător intră un amestec de 48 m³_n / h H₂ și 15 m³_n / h H₂O. Din amestec, prin răcirea sa finală la 30°C, rezultă 48 m³_n / h H₂ și 3 m³_n / h vaporii de apă, care sunt încălziți în schimbător, de la 30°C la 580°C, cu un consum de circa 9000 kcal/h. Această căldură, furnizată de amestecul gazos inițial, îl răcește de la 580°C la 150°C. Hidrogenul recirculat în reactorul de pulbere de fier se amestecă cu alți 12 m³_n H₂ / h, furnizați de gazogenul extern, iar ansamblul de 60 m³_n H₂ / h constituie agentul reducător al minereului. Cei 48 m³_n / h H₂ + 3 m³_n / h vaporii de apă trec printr-un plan separator de picături de apă, fiind aspirate și comprimate de un compresor, care le refulează la partea inferioară a schimbătorului de căldură menționat. Se prevede un indicator ④ pentru controlul nivelului minereului și un separator de picături de apă, pentru evitarea antrenării acestora de către hidrogenul aspirat de un compresor, cunoscut în sine.

Revendicări

1. Procedeu de producere de pulbere de fier moale, folosind ca agent reducător hidrogenul, caracterizat prin aceea că utilizează făină de minereu de fier gata măcinat, la granulația uzuală din întreprinderile siderurgice, între 20 și 250 de microni, înlăturând operația de mărunțire a pulberii finale care conduce nu la granule mici, ci la lamele de particule turtite; în scopul controlului debitului și menținerea unui anumit nivel al stratului de minereu, se prevede un ansamblu de câte trei site orizontale, cea din mijloc fiind mobilă cu alternanță, cu 900 ochiuri / cm², permițând trecerea tuturor granulelor sub 200 de microni, iar celelalte două site, deasupra și sub cea mobilă, având rolul de a reduce antrenarea minereului departe de sita mobilă.
2. Procedeu de producere de pulbere de fier, conform Revendicării 1, caracterizat prin aceea că, în scopul obținerii unei eficiențe înalte, procesul de dezoxidare se va desfășura în jurul temperaturii de 572°C și pentru asigurarea unei temperaturi relativ uniforme, fluxul de hidrogen reducător, de circa 0,6 m³_n / kg Fe, traversează uniform straturi subțiri de minereu cu viteze sub viteza de antrenare, de 0,2 m/s, a particulelor mai mari de 18 microni, reprezentând 5% din masa de minereu; se evită astfel înfundarea de conducte cu particule fine de minereu, iar schimbul de căldură între agentul reducător și vracul de minereu se realizează pe suprafețe orizontale, prin straturi de minereu suficient de subțiri, astfel încât căderea de presiune să fie de ordinul zecilor de milimetri coloană de apă.
3. Procedeu de producere de pulbere de fier, conform Revendicărilor 1, 2, caracterizat prin aceea că, întrucât reacția de oxidare a hidrogenului cu oxigenul extras din minereu, cu formare de apă, are loc doar parțial, de circa 20%, în scopul creșterii eficienței utilizării hidrogenului, amestecul de hidrogen și abur este răcit sub 30°C, astfel încât participația celor 20% de vapori să condenseze; hidrogenul este recirculat, fiind reîncălzit după separarea de abur cu căldura cedată de amestecul inițial, într-un schimbător cunoscut în sine, și amestecat cu hidrogen proaspăt; în acest mod, crește utilizarea hidrogenului teoretic la 100%; apa este separată și evacuată în faza lichidă, odată cu nămolul provenit de la particulele fine de fier.
4. Procedeu de producere de pulbere de fier, conform Revendicărilor 1-3, caracterizată prin aceea că, în scopul suplimentării cu 12% a energiei necesare asigurării reacției de dezoxidare, se introduc rezistențe electrice, sub forma a trei benzi/panglici din Kanthal, dimensionate astfel încât la tensiunea nominală a rețelei, să cedeze energia electrică ce asigură deficitul de căldură neacoperit de hidrogenul „ars” în cursul dezoxidării minereului; fiecare panglică este dispusă în mai multe rezistențe legate în paralel, realizând două grupuri formate din câte trei rezistențe, legate de asemenea în paralel; panglicile sunt dispuse în benzi paralele, cu lățimea pe verticală; într-o altă variantă, se descarcă cu frecvență reglabilă un condensator electric, care asigură alimentarea relativ uniformă și continuă cu energie a stratului, acoperind necesarul reacției de dezoxidare.
5. Instalație de producere a pulberii de fier fără carbon, conform Revendicărilor 1-4, caracterizată prin aceea că este alcătuită dintr-un buncăr ①, unde minereul de fier, cu granulația între 20 și 250 de microni cade în particule separate pe un ansamblu de site ②, formând un strat cu grosime variabilă în jurul unei medii de 10 mm; sitele

au ca scop controlul debitului și menținerea unui anumit nivel al stratului de minereu, permițând trecerea tuturor granulelor sub 230 de microni; în scopul obținerii unei eficiențe înalte, procesul de dezoxidare se va desfășura în jurul temperaturii de 572°C; consumul de energie este asigurat în proporție de 88 % termic, iar restul de 12% sunt introduse suplimentar; spațiul ③ de sub ansambelele de site contribuie la organizarea circulației verticale a H₂ și a vaporilor de apă, formați și recirculați; minereul preîncălzit la circa 580°C într-un încălzitor ⑨ intră într-un spațiu gol ⑤, unde se realizează un strat de minereu cu grosimea de circa 3 cm, care este străbătut de fluxul de hidrogen, introdus printr-un distribuitor ④, efectuându-se dezoxidarea; în acest strat, se află trei rânduri de benzi/panglici din Kanthal, dimensionate astfel ca la tensiunea nominală a rețelei să asigure deficitul de căldură neacoperit de puterea calorifică a hidrogenului „ars” în cursul dezoxidării minereului; dintr-un spațiu ⑦ iese amestecul gazos H₂ + H₂O și, într-un schimbător de căldură superior, în sine cunoscut, amestecul se răcește de la 570°C la circa 80°C și suplimentar la 15°C, cu consum de gheață sau zăpadă; apa condensată, împreună cu apa din gheață/zăpadă și cu praful colectat din minereu, se elimină, iar H₂ uscat se recirculă; amestecul hidrogenului provenit de la gazogen cu cel de la un schimbător de căldură din exterior, unde se reține apa, este preîncălzit la circa 580°C și introdus în plan orizontal în masa de pulbere de minereu redus, printr-o rețea de țevi distribuitoare, cu rolul de a-l repartiza uniform la ieșirea din vracul de pulbere și de a finaliza eventualele dezoxidări; hidrogenul ajunge la un răcitor ⑥, care reține apa și separă hidrogenul pentru recirculare; apa este separată și evacuată în faza lichidă odată cu mărunțul de fier sub 20 de microni, evacuat ca nămol, împreună cu apa în exces; încălzitorul ⑨ este format din piese/cutii metalice de 500x150x14 mm, cu câte un racord de intrare a gazelor de ardere la 650°C în partea inferioară, cu diametrul interior de peste 10 mm și cu câte un racord de ieșire a gazelor la 60°C în partea superioară; prin cutiile încălzitorului circulă gaze de ardere, care se răcesc de la 650°C la 50°C, încălzind minereul de la 20°C la 620°C; hidrogenul format din cel proaspăt și cel recirculat este distribuit printr-o rețea de țevi subțiri, la circa 15 mm sub nivelul liber al pulberii de fier, minereu dezoxidat; stratul de pulbere străbătut servește atât la uniformizarea distribuției hidrogenului, cât și la desăvârșirea dezoxidării minereului; pulberea de fier la 575°C continuă coborârea și este răcită în răcitorul ⑥ imersat în vracul de pulbere, având o construcție similară cu cea a încălzitorului de minereu.

6. Procedeu și instalație de producere de pulbere de fier moale, conform Revendicărilor 1-5, caracterizate prin aceea că, pulberea având circa 80°C, se colectează într-un recipient, din care se extrage hidrogenul cu o pompă de vid, prin realizarea unui vacuum avansat, sub 100 Pa; se va evacua atât hidrogenul dintre granule, cât și cel aflat în porii granulelor și, după câteva minute, în recipient se introduce argon care, fiind monoatomic, pătrunde relativ ușor în porii granulelor, înlocuind hidrogenul și vaporii de apă; pulberea de fier răcită și depiroforizată este trimisă la utilizator.

Desen explicativ

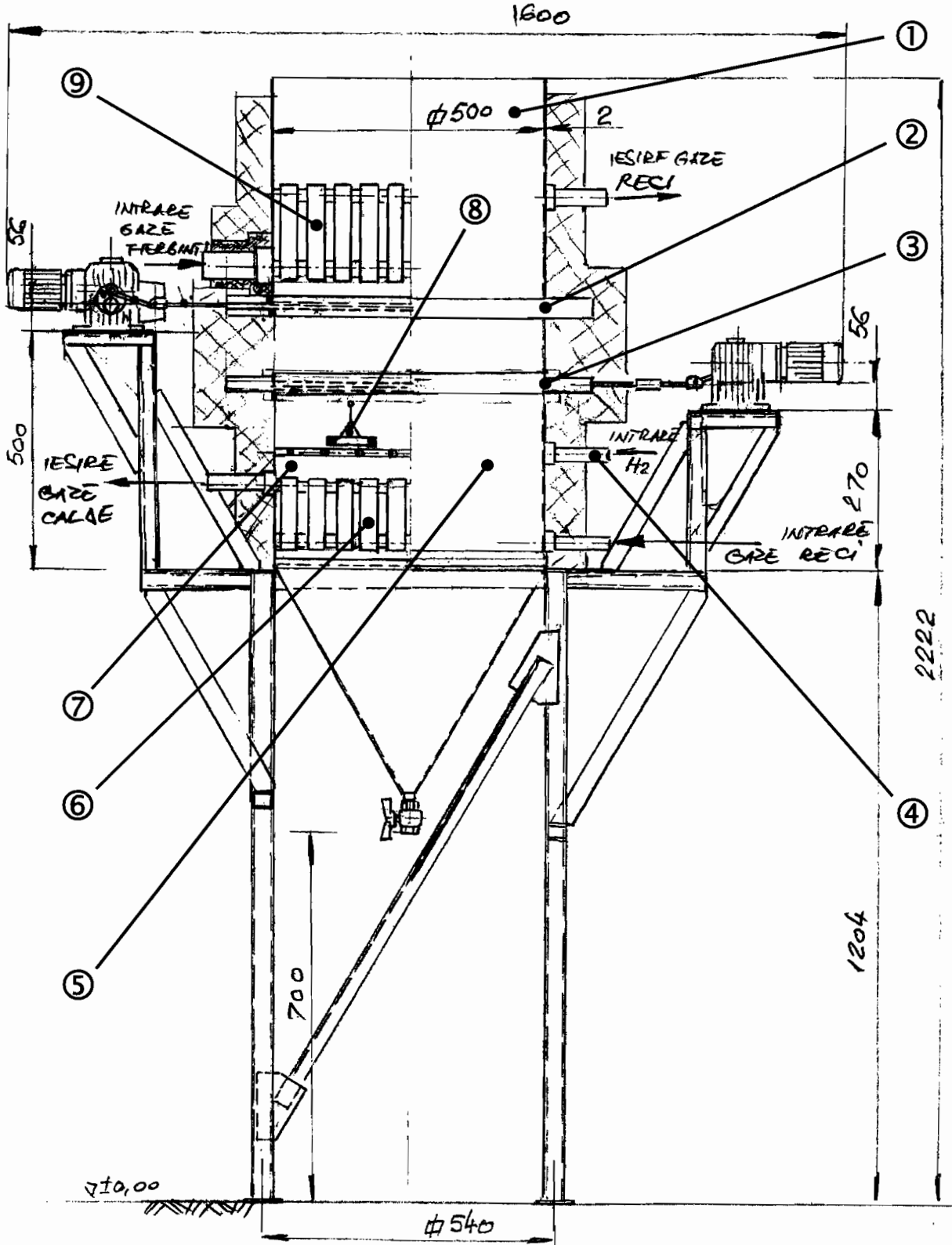


Fig. 1. Schema generală a instalației de producere a pulberii de fier moale.