

# KRALJEVINA JUGOSLAVIJA

UPRAVA ZA ZAŠTITU



INDUSTRIJSKE SVOJINE

Klasa 18 (2)

Izdan 1 juna 1933.

## PATENTNI SPIS BR. 10055

### Société Oxythermique, Luxembourg, Luxembourg.

Postupak za pogon visoke peći za preradu ruda sa istovremenim proizvodnjem portland cementa.

Prijava od 14 novembra 1931.

Važi od 1 aprila 1932.

Traženo pravo prvenstva od 15 novembra 1930 (Nemačka).

Prema nemačkom patentu br. 441.365 moglo bi se pomisliti, da se u visokoj peći može istovremeno proizvoditi kako sirovo gvožđe, tako i portland cement visoke vrednosti, samo ako se vazduh za promaju visoke peći obogati kiseonikom.

I ako je postizanje ovoga cilja vrlo poželjno, našlo se do sada dovoljno razloga, da se u tom pravcu ne napravi ni jedan opit, jer svaki stručnjak za visoke peći zna, da se nezgode, koje sprečavaju proizvodnju topljivog cementa visoke vrednosti ne mogu ukloniti jedino na taj način, ako se vazduhu za promaju peći dodaje kiseonik. Da bi se uklonile te nezgode, potrebno je da se još ispune i drugi uslovi, bez kojih bi pridodavanje kiseonika vazduhu za promaju peći bilo, što je već dokazano, mnogo škodljive za obrazovanje cementa, nego li uvođenje jako zagrejanog vazduha za promaju bez dodatka kiseonika.

Ako je u patentnom spisu br. 441.365 navedeno da se pridodavanjem kiseonika mogu postignuti više temperature sagorevanja nego bez ovoga, to taj navod nikako ne dokazuje, da se ovo povišenje temperature faktično javlja i u materijalu koji se topi, i da se stvarno jedino tim putem može doći do uspeha u proizvodnji topljivog cementa, jer, ako navedemo samo jedan primer, ni u unutrašnjosti jednog proizvođača pare ne nastaje, ni pri loženju

koje se vrši sa čistim kiseonikom, veća temperatura od temperature koja odgovara pritisku pare, jer se proizvedena toplina troši pri konstantnoj temperaturi, koja je ovde utvrđena temperaturom isparavanja vode.

Kod prerade ruda dolazi na mesto temperature isparavanja vode, temperatura redukcije gvozdene rude. Ovo nastaje za  $\text{FeO}$  kod  $800^{\circ}\text{C}$ .

Ako sada ruda, redukovana na  $\text{FeO}$  dospe u postolje (prošireni deo) visoke peći, što je do sada važno kod visokih peći kao pravilo, onda se bez naročitih mera ne može u tom postolju postignuti za proizvodjenje topljivog portland cementa potrebna dovoljno visoka temperatura, koja teorijski iznosi  $1600^{\circ}$ .

Da bi se jedan kilogram  $\text{Fe}$  reducirao direktno iz  $\text{FeO}$ , mora se osim 65 grama ugljenika dovesti još i 832 cal. osetne topline, prema tome za svaku tonu dobivenog gvožđa 832000 cal., dakle mnogo više nego li je to potrebno za isparenje jedne tone vode. Hlađenje dejstvo redukcije rude na svaku tonu dobivenog gvožđa ekvivaletno je ubrizgavanju 1500 kg vode, samo sa tom razlikom, što se ono vrši tek iznad  $850^{\circ}\text{C}$ .

Pri sagorevanju jednog kilograma  $\text{C}$  na  $\text{CO}$ , bez zagrevanja promajom, obrazuje se samo 2430 cal. osetne topline, a za zagrevanje na  $800^{\circ}$  sa promajom (vazдушnom strujom), obrazuje se 3430 cal., t. j.

Din. 20.



za 1000 cal. više. Kod pogona sa promajom može se 5,5 kg vazduha zagrejati na  $800^{\circ}$ , pri čemu se postolju peći dovodi za  $5.5 \times 800 \times 0,23 = \text{cca } 1000 \text{ cal.}$  više topline.

Ali ako se vazduh na promaji obogati sa 42% sadržinom  $O_2$ , i zagreje na  $800^{\circ}$ , onda dopunsko dovođenje toplone na svaki kilogram sagorenog ugljenika iznosi samo oko 500 cal.

Pošto se za redukciju rude (iz FeO u Fe) u postolju može korisno upotrebiti samo temperatura, koja leži iznad  $850^{\circ}$ , to se prilikom pogona sa vrelim vazduhom gubi u postolju  $850 \times 0,23 \times 5.5 = \text{oko } 1000 \text{ cal.}$  topline, koja se odvodi u šaht, a pri pogonu sa 42% sadržinom kiseonika, ovaj gubitak iznosi samo oko 500 cal.

Ali iz toga se vidi, da se i pored obogaćenja vazduha za promaju sa 42% sadržinom  $O_2$ , dakle sa dvostrukom sadržinom kiseonika, koji se inače nalazi u vazduhu, i pored predhodnog zagrevanja na  $800^{\circ}$  ne dobiva ništa, što bi moglo biti od koristi za proizvođenje portland cementa, i ako se teorijska temperatura sagorevanja podigla sa po prilici  $2500^{\circ}$  na okruglo  $4000^{\circ}$ , jer se istovremeno dopunsko dovođenje topline smanjilo na polovinu usled zagrevanja vazduha za promaju. Međutim temperature od  $4000^{\circ}$  nisu više dozvoljene iz praktičnih razloga.

Glavni uslov za omogućavanje proizvodnje topljivog cementa visoke vrednosti u visokoj peći, ne sastoji se, kao što se to navodi kod patenta 441.365 u obogaćenju kiseonikom vazduha za promaju, već u smanjivanju količine temperature u postolju i na tom saznanju moraju bazirati sve mere za pojeftinjavanje kako same proizvodnje gvožđa, tako i proizvodnje ovoga sa izradom topljivog cementa visoke vrednosti iz zgure visokih peći, bez da se postolju privode veće temperature sagorevanja, koje obloga peći ne bi mogla više da izdrži.

U prvom redu treba izbegavati uzroke velike potrošnje temperature, naime direktnu redukciju rude u postolju visoke peći, i to na taj način da se u šahtu u širokim granicama stvore potrebni uslovi za indirektnu redukciju.

Kod direktne redukcije Fe iz FeO prilikom sagorevanja čvrstog ugljenika u CO, obrazuje se na svaki kilogram ugljenika, koji sagoreva sa kiseonikom iz rude, po 2430 cal. slobodne topline. Ali pri tome treba da se istovremeno iz FeO reducira 4.65 kg Fe, pa se radi toga mora dovesti oko 6300 cal. topline. Nedostaje dakle oko 3870 cal. Ali ako se suprotno tome, redukcija može izvršiti sagorevanjem CO na

$CO_2$ , onda se, prilikom sagorevanja 2 cbm CO (= 1 kg čvrstog ugljenika) sa kiseonikom iz rude, stvara 5600 cal. slobodne topline, koja je skoro dovoljna da se njome postigne potrebna, redukciona temperatura od 6300 cal. Ovde se mora naknadno (dopunski) dovesti samo još 700 cal. Razlika iznosi dakle  $3870 - 700 = 3170 \text{ cal.}$ , na svaki cbm odnosno 2620 cal. na svaki kg kiseonika, koji se oslobađa iz rude.

Ali ova količina topline oduzima se postolju, pa se jasno vidi, da bez dalekosežne indirektno redukcije rude u postolju visoke peći ne može postojati za proizvođenje cementa potreban višak temperature jer se usled velike potrošnje temperature za direktnu redukciju, ne može postignuti dovoljno pregrevanje materijala za topljenje.

Redukcija Fe iz FeO sagorevanjem CO na  $CO_2$  moguća je samo u odsustvu čvrstog ugljenika, jer bi se kod visoke temperature iznad  $850^{\circ}$ , koja važi kao najniža granica jedne takve redukcije, a u prisustvu čvrstog ugljenika, ugljena kiselina, koja se obrazuje prilikom redukcije sa CO, ponova reducirala u CO trošeći temperaturu i čvrsti ugljenik, tako da bi to sa ekonomskog gledišta bilo u osnovi isto što i direktna redukcija, čak i onda kad se ona ne bi vršila u samom postolju nego u šahtu; jer, nedostajuća količina topline morala se uzimati kod do sada uobičajenog pogona visokih peći iz postolja. Ali već je poznato da se pri tome u opšte ne može u većoj meri vršiti indirektna redukcija FeO u Fe, jer se ona može vršiti samo u području temperatura između  $850$  i  $1000^{\circ}$ . Iznad  $1000$  počinje već sinterovanje rude i ona usled toga postaje nepristupačna za svaku redukciju pomoću gasa. Ali pošto kod do sada uobičajenih pogona visokih peći gasovi izlaze iz postolja u šaht sa najmanje  $1600^{\circ}$ , to se sinterovanje ne može sprečiti bez naročitih mera.

Odsustvo čvrstog ugljenika u cilju omogućavanja redukcije rude pomoću sagorevanja CO na  $CO_2$ , predstavlja samo jedan od šest uslova, koji se moraju ispuniti; drugi uslov je briketiranje rude posle predhodno izvršenog finog mlevenja.

Komadi rude ne mogu se uopšte u dovoljnoj meri redukovati u čvrstom stanju iz FeO u Fe, već tek u tečnom stanju posle topljenja. (Ali redukcija  $(Fe_2O_3 \text{ u } FeO)$  vrši se potpuno u šahtu već kod  $500^{\circ}$  pa na više).

Treći uslov je, da se krečnjak, potreban za proizvođenje cementa takođe samelje i doda briketima, jer kreč ima višu tačku topljenja nego li ruda, pa bi se, kad bi bio



u komadima, topio potpuno nejednako-  
merno. Zgura, koja se smatra kao cement  
visoke vrednosti, mora u prvom redu u-  
vek sadržavati konstantnu srazmeru smeše  
kreča i silicijumove kiseline ili gline.

Kroz šaht visoke peći mogu se dakle pu-  
štati samo briketi rude u kojima je pome-  
šan dodatak krečnjaka.

Četvrto: gihtovanje se ne sme vršiti na  
do sada uobičajen način, tako da se izme-  
šana ruda i gorivo ili jedno za drugim,  
gihtuju u kratkim razmacima, da se ne bi  
dala prilika ugljenoj kiselini, koja se obra-  
zuje pri redukciji rude, da odmah jedno  
za drugim, ili istovremeno, dođe u dodir  
sa rudom i sa gorivom, jer bi se mogla  
ponova redukovati u CO.

Dodavanje goriva kroz šaht ne može se  
tako lako nadomestiti dodavanjem goriva  
u peć na neki drugi način (na pr. kroz je-  
dan postrani šaht) jer se gorivo na drugi  
način ne može dovesti u postolje ispod  
materijala za topljenje. Ali, postolje mora  
biti uvek napunjeno gorivom do određene  
minimalne visine. Pošto se gorivo stalno  
troši, to se prema tome ne može vršiti na-  
doknađivanje goriva samo kroz šaht. Ali  
dodavanje goriva mora se vršiti i to tako,  
da se u većoj meri ne vrši ponovna reduk-  
cija ugljene kiseline u CO.

Jedan cbm briketa rude sa pomešanim  
krečnjakom težak je prosečno četiri puta  
toliko koliko jedan cbm koksa. Ako na pr.  
šaht peći ima sadržinu od 100 cbm i ako  
je uvek samo do polovine napunjen brike-  
tima rude, a u drugoj polovini samo sa  
koksom, onda se iznad stuba rude od 50  
cbm nalazi stub koksa, takode od 50 cbm,  
a težina koksa iznosi pri tome po prilici  
samo 1/4 od težine rude.

Temperatura u šahtu treba da iznosi na  
vrhu stuba rude 900—1000°, a na donjem  
kraju (dakle iznad zone topljenja) tempe-  
ratura ne sme biti viša od 1000—1100°.  
Kad gas iz stuba rude prelazi sa 1000° u  
stub koksa, sadrži on po prilici 10 volu-  
menskih procenata = 20 težinskih procena-  
ta ugljene kiseline, koja se obrazovala sa-  
gorevanjem kiseonika iz rude sa CO.

Kod površnog rasmatranja moglo bi se  
pretpostaviti, da će se ova ugljena kiselina,  
pri naknadnom prolazu kroz stub koksa  
ponova redukovati u CO.

Ali za jednu takvu redukciju potrebno  
je, usled njenog jako izotermičkog toka,  
ne samo prisustvo čvrstog ugljenika, već  
i znatno privođenje topline. Gas ima tem-  
peraturu od 1000°, a redukcija CO<sub>2</sub> u CO  
vrši se samo ne temperaturi od 750° pa na  
više. Privedena osetna količina topline je  
prema tome  $1000 - 750 \times 0.23 =$  oko  
60 cal. za svaki kg gasa. Pošto se za re-

dukciju jednog kg CO<sub>2</sub> mora dovesti oko  
800 cal. osetne topline, to svaki pretvore-  
ni kg gasa može redukovati samo količi-  
nu  $\frac{60}{800} = 0,075$  kg ugljene kiseline u CO,

dok 0,2 kg ostaju u gasu. Dakle, 3/5 CO<sub>2</sub>  
sadržine ostaju. Stvarno ostaju 4/5, jer se  
toplinom sadržanom u gasu mora pokriti  
i ostala potreba topline šahta.

Kad je veći deo stuba briketa istopljen,  
onda prestaje i obrazovanje CO<sub>2</sub>, a stub  
koksa, koji se nalazi ispod narednog stuba  
briketa može se sada jače zagrejati. Ali, u  
međuvremenu je i u postoju potrošena od-  
govarajuća količina koksa, tako da sledeći  
stub koksa ima tako dovoljno prostora; na  
taj način šaht postaje slobodan, stub brike-  
ta se spušta, nakon čega ponova stupa u  
dejstvo postupak redukcije rude.

Ali ako se u šahtu, što je to ovde slu-  
čaj, ne treba da vrši nikakvo mešanje pu-  
njenja rude sa punjenjem koksa, onda se  
i punjenje ne sme zagrejati više nego po  
prilici samo oko 1000°, jer bi ina-  
če briketi rude sinterovali, a time bi i pu-  
njenje, usled nedostajućeg labavljenja po-  
moću koksa, postalo nepropusno za pro-  
laženje gasa. Sinterovanje sprečava osim  
toga i redukciju rude sa CO.

Dakle, kao peti uslov potrebno je, da se  
šahtu dovodi takva toplina, koja će sa  
sigurnošću sprečiti sinterovanje briketa  
sastavljenih od rude i krečnjaka, jer je  
temperatura iz postolja izlazećih gasova  
suviše velika za to.

Pošto je kod do sada uobičajenog po-  
gona visokih peći sa vrelim vazduhom za  
promaju količina gasova koji izlaze iz  
postolja veća nego što to odgovara po-  
trebi topline šahta, to ne postoji moguć-  
nost, da se bez povećanja gubitaka na  
toplini usled povećanja izlazne tempera-  
ture giht gasova pomeša (pridoda) gas za  
hladenje, pomoću kog bi se mogla tempe-  
ratura šahta smanjiti na željenu meru, po-  
što taj gas za hladenje ne sme biti hlad-  
niji od 1000°, jer on pre mešanja nailazi  
na punjenje šahta, pa bi ovo delimično  
jako ohladilo.

Kako se na temperaturu gasova, koji  
izlaze iz postolja u šaht, ne može uticati,  
postoji samo jedno rešenje, t. j. smanji-  
vanje količine gasa, koja izlazi iz postolja  
u šaht. Ova količina gasa iznosi na svaki  
kg dobivenog gvožđa, kod uobičajenih  
visokih peći sa vrelim vazduhom za pro-  
maju, prosečno oko 3,6 kg a ta količina  
obično malo prevazilazi potrebu topline  
šahta. Ova količina ne sme se dakle ni u  
kom slučaju povećati pridodavanjem gasa  
za hladenje, pa se prema tome količine iz  
postolja izlazećih gasova, moraju što više



smanjiti, a to treba da se postigne u prvom redu izdvajanjem azota iz vazduha za promaju, a osim toga i smanjivanjem potrebe toplote u postolju visoke peći. Izdvajanje azota nema tu svrhu, da se time postigne viša temperatura, već da smanji količinu gasa, koja sa previsokom temperaturom izlazi u šaht, da bi se iznad zone topljenja mogao još uduvati gas niže temperature, da bi se postigla temperatura gasne smeše, koja ležeći ispod temperature sinterovanja ruda.

U koliko se ruda u šahtu može redukovati već do po prilici 90% sagorevanjem CO na CO<sub>2</sub> sa kiseonikom iz rude, ograničava se pri dobijanju Thomasovog sirovog gvožđa, potreba temperature u postolju na smanjenje ove poslednje za 10%, kao i na zagrevanje punjenja od 1000° na temperaturu topljenja, kao i na topljenje gvožđa i zgure. Pri tome se na 2000 kg materijala za topljenje na svaku tonu dobivenog gvožđa sa jednom tonom proizvodnje cementa, pri 1600° uključivo gubitci toplote u postolju, utroši cko 600.000 cal., a u tu svrhu mora upotrebiti 500 kg koksa, od kojih se 450 kg = 400 kg C mora spaliti vazduhom za promaju, koji sadrži kiseonika.

Pri izdvajanju celokupnog azota iz kiseonika obrazovalo bi se oko 1000 kg gasa, ali takav pogon nije izvodljiv usled visoke temperature sagorevanja. Obrazovana količina gasa treba da se tako podesi, da na svaki kg spaljenog ugljenika dođe po prilici oko 4 kg gasa, da se ne bi prekoračila temperatura od 2500°, a zato je potreban vazduh za promaju sa po prilici 42% sadržine O<sub>2</sub> i sa 58% sadržine azota.

Ali kao što je poznato, azot predstavlja ne samo nekristan već šta više i štetan balast u visokoj peći, jer on razređuje redukcionj gas, pa time pogoršava dejstvo indirektno redukcije.

Prema tome je korisno, da se azot izdvaja u što je moguće većim količinama i da se u cilju smanjivanja temperature sagorevanja oduvava giht gas u zonu sagorevanja i to u količini, koja je 1 1/2 puta veća od težine kiseonika, t. j. 2 kg gihtgasa na 1,33 kg kiseonika (na svaki kg spaljenog ugljenika). Pošto gihtgas koji se uduva, sadrži po prilici 25% CO<sub>2</sub>, koji se u postolju redukuje u CO, to dobivena celokupna količina gasa iznosi oko 4 kg, ili pri potrošnji od 400 kg C, dobiva se u postolju 1600 kg gasa, koji izlazi u šaht. Ali, pošto potrošnja gasa u šahtu iznosi 3600 kg, to se iznad zone topljenja mora u šaht dovesti još oko 2000 kg gihtgasa. Na mesto gihtgasa moglo bi se upotrebljavati i vodena para ili ugljena kiselina kao sred-

stvo za hlađenje loženja kiseonikom u postolju i u šahtovima za sagorevanje, ili samo u postolju, ali ovo je skopčano sa većom potrošnjom goriva i kiseonika, koja bi samo onda mogla biti opravdana, ako bi postojala potreba za povećanom mogućnošću lifierovanja gasa visoke vrednosti iz visoke peći. Suprotno tome javlja se smanjenje potrebe goriva i kiseonika, ako se iz gihtgasa prethodno izdvoji ugijena kiselina pomoću jakog hlađenja, i to pre nego što se gihtgas uduva u postolje visoke peći ili u ložište sa ugljenom prašinom.

Količina gihtgasa koja se uduva iznad zone topljenja zagreje se direktno loženjem sa ugljenom prašinom na 1000 do 1100° pri čemu se u gasu sadržana ugljena kiselina istovremeno redukuje u CO pomoću viška ugljene prašine.

Prema tome u šahtu kruži brlo aktivan redukcionj gas, koji skoro i ne sadrži azota (a koji je sagorevanjem gasnog ugljena u ložištu sa ugljenom prašinom osim toga obogaćen još i vodonikom), a ta činjenica ima se smatrati kao šesti neophodni uslov, koji omogućava ekonomsku preradu rude uz istovremeno proizvodnje portland cementa.

Na priloženom crtežu pokazan je šematski jedan primerični oblik visoke peći, koja služi za izvođenje napred opisanog postupka.

Ona se sastoji iz šahta a i postolja b, iz dva šahta c' i c'' za sagorevanje ugljene prašine u cilju zagrevanja kružnog toka gihtovih gasova za pokriće dopunske potrebe toplote šahta; iz dizna f za privođenje kiseonika i smeše koja se sastoji od gihtgasa i prašine goriva; iz dizna g za smešu gihtgasa i kiseonika. Cement za topljenje oduzima se kod h kao tečna zguza visoke peći sa velikom sadržinom kreča, a proizvedeno gvožđe ispušta se kod k.

Iz crteža se također vidi, kako se mora vršiti punjenje da bi se sprečilo ponovno redukovanje ugljene kiseline, koja se obrazuje pri sagorevanju CO sa kiseonikom iz rude.

Kroz dizne f dovodi se kiseonik za zagrevanje gasa na 1000—1100° u šahtovima za sagorevanje c' i c'', a odvojeno od kiseonika dovodi se smeša gihtgasa i ugljene prašine. U postolje duva se kiseonik i malo gihtgasa (odvojeno jedan od drugog), kroz dizne g.

Glavna karakteristika ovog pronalaska sastoji se u skupnom dejstovanju napred opisanih mera, naime u smanjenju potrebe toplote u postolju izazivanjem u širokim granicama indirektno redukcije rude, pomoću po sebi poznatog briketiranja ru-



da uz upotrebu vrlo aktivnog od azota slobodnog redukcionog gasa; u novom postupku punjenja u cilju sprečavanja ponovne redukcije ugljene kiseline, čija je upotrebljivost osigurana sprečavanjem sintezovanja briketa, pošto se iz postolja u šaht izlazeće količine gasova visoke temperature, znatno smanjuje izdvajanjem azota i vazduha za promaju, kao i smanjivanjem potrebe topline u postolju, pa se na mesto toga uduvava iznad zone topljenja na manje visoku temperaturu zagrejan gas, tako da se obrazuje temperatura mešanja, koja ne može prouzrokovati sintezovanje punjenja.

Pored toga pridaje se velika važnost zajedničkom briketiranju rude sa krečnjakom radi dobijanja jedne zajedničke tačke topljenja i jedne ispravne uvek konstantne srazmere mešanja kreča i silicijumove kiseline ili gline.

#### **Patentni zahtevi:**

1. Postupak za pogon visoke peći za preradu ruda sa eventualnim istovremenim proizvođenjem portland cementa, naznačen novim načinom gihtovanja peći u

obliku neprekidnog stuba goriva i materijala za topljenje sa prostorno tako velikim odstojanjem između punjenja materije za topljenje i sledećeg punjenja goriva, da ponovna redukcija ugljene kiseline, usled dodira sa užarenim ugljenikom, može nastati u vrlo ograničenim srazmerama.

2. Postupak prema zahtevu 1, naznačen time, što se potreban dodatak krečnjaka ili paljenog kreča pridodaje briketima rude približno u onoj srazmeri, koja odgovara sastavu portland cementa visoke vrednosti.

3. Postupak prema zahtevima 1 i 2, naznačen time, što se u cilju sprečavanja sintezovanja rude u šahtu, iz postolja izlazećim vrelim gasovima sagorevanja pri meša hladniji, preimućstveno redukujući gas, i što se istovremeno, parcijalno ili totalno, izdvaja azot iz vazduha za promaju.

4. Postupak prema zahtevima 1, 2 i 3, naznačen time, što se na mesto jednog iz vazduha za promaju izdvojenog dela uduvava u postolje i to u prostor za sagorevanje, jedan redukcion gas.











