



PATENTNI SPIS BR. 5820.

Emil Gustav Torvald Gustafsson, metalurg, Stockholm, Švedska.

Postupak za izradu metala u električnim elektrovodnim pećima.

Prijava od 26. septembra 1927.

Važi od 1. marta 1928.

Traženo pravo prvenstva od 27. septembra 1926. (Švedska).

Ovaj pronalazak odnosi se na postupak za izradu metala, na pr. gvoždja, čelika i legura gvoždja, kod kojih se metal sadržajuća šarža, istovremeno sa redukcijom ili posle redukcije, obrazujućim metalom i zguru topi u električnoj peći, koja preko kupatila u peći ima na dole upravljene elektrode, koje se mogu izdizati i spuštati. Postupak se naročito može primeniti, ako je sloj redukovan i stopljen na kupatilu od zgure u jednoj takvoj peći, i to kao relativno tanak sloj, koji pliva na takvom kupatilu od zgure ili leži u istom. Kupatilo od zgure može se obrazovati, pre nego što se uvede sloj ili za vreme topljenja, i zatim raste postepeno za vreme topljenja usled zgure, koja se u dubini obrazuje iz sloja.

Pronalazak se može primeniti kod postupka navedene vrste, gde su potrebne velike peći, na pr. od 250 kilowatta na elektrodu ili još veće, dok za male peći ne dolazi u obzir.

Kod izvršenih topljenja slojeva, koji sadrže gvozdenu rudu i drveni ugalj ili kameni ugalj i kreč u srazmerama, prilagodjenim za dobijanje pogodne zgure i željene sadržine ugljena u gvoždju, pri čem su slojevi sastavljeni od briketa fino usitnjenih sirovina ili od više ili manje dobre mešavine pogodnih količina krupno ili sitno zrnastih sirovina, pokazao se, da napon u peći između jedne elektrode i metalnog kupatila odn. dna peći u početku topljenja, mora stojati u izvesnoj srazmeri prema primenjenoj jačini struje,

t. j. da otpor između elektrode i metalnog kupatila mora imati određenu vrednost, da bi se postiglo najbolje iskorišćavanje struje u peći, kao i same peći, i najbolji tok celog postupka za izradu metala, kao i manja potrošnja elektroda. U električnim pećima za čelik, na pr. tipa Heroult, i u električnim pećima za sirovo gvoždje, na pr. tipa elektrometala, ovaj otpor održava se uvek na jednoj vrednosti, koja nije dovoljna za pomenuti postupak redukovanja, ili drugim rečima, primenjeni napon suviše je mali u srazmeri prema primenjenom električnom efektu. Napon između dveju elektroda u pećima za čelik održava se obično na 110—120 volti, ako se uzme trofazna naizmenična struja i tri elektrode. Za jednu peć određene veličine potreban efekt reguliše se dovedenom jačinom struje i to na pr. upotrebom elektroda vezanih u trougao po običnoj jednačini.

$$N = \sqrt{3} \cdot e \cdot i \cdot \cos S$$

pri čem N = efekat u vatima

e = napon u voltima

i = jačina struje u amperima

cos A = faktor dejstva

Pretpostavimo, da je $\cos S = 0.90$ i e = 110 volti, za peć od 300 kw biće jačina struje i = od prilike 17.500 amp. Za Heroult-peć gore navedene veličine biće napon između jedne elektrode i metalnog kupatila $110 = 63.5$ volti. Odnosno otpor između elektrode i metalnog ku-

patila biće $63.5 \div 17500 = 0.0039$ ohma, što je

dovoljno za običnu peć za čelik. Isti niski otpor ili još niži uobičajen je kod običnih peći za sirovo gvoždje elektrometalnog tipa kod kojih napon između svake elektrode i kupatila za gvoždje pri upotrebi jačine struje od 12.000 do 16.000 amp. iznosi normalno 30 do 40 volti, što odgovara ohmovom otporu od prilike od 0.0025 ohma.

Predmet ovog pronalaska je postupak za rad velikih peći tehničkih srazmera gore navedenog tipa pri sprovođenju postupaka pomenute vrste, koji postupak omogućava bolje iskorišćavanje dovedene električne energije kao i same peći, zatim bolji tok celog postupka za izradu metala i manju potrošnju elektroda.

Ovaj cilj po pronalasku postiže se time, što se električna struja za vreme glavnog dela topljenja dovodi peći sa takvim naponom između elektrode odn. dovodi svakoj elektrodi i metalnom kupatilu odn. na dno peći pri početku topljenja u srazmeri prema dovedenom električnom efektu, da cjelokupni otpor u svetlosnom luku i uzguri iznosi najmanje 0.020 ohma na elektrodi.

U ovom odnosu sa izrazom »ohmov otpor« misli se na odnos između napona i jačine struje, a sa izrazom »topljenje« vreme između dva ispuštanja mase.

Pri radu peći sa ohmovim otporom, koji je niži od 0.020 ohma po elektrodi, pokazalo se, da se postupak ipak može sprovesti, mada sa teškoćom, ali u sravnjenju sa radom peći sa većim otporom znatno je veća potrošnja struje i elektroda, redukovanje ide sporije i temperatura u donjem delu peći teži da postane visoka, što utiče na postojanost peći. U koliko je otpor veći, u toliko će se bolje razvijati redukcija i topljenje sloja na kupatilu od zgure ili u istom. Prema tome topljenja se mogu izvesti sa dobrim uspehom sa ohmovim otporima do 0.06 ohma po elektrodi i u svima stupnjevima, koji između leže, n. pr. 0.022, 0.025, 0.030, 0.035, 0.040, 0.045, 0.050 i t. d. ohma po elektrodi. Pri redukovanju i topljenju u električnoj peći na pr. od 3000 kw sa slojem od briketa ili komadja, koji sadrži smešu fino razdeljene oksidne rude i fino razdeljenog redukcionog sredstva, pokazalo se, da se najbolji uspeh postiže onda kada peć radi sa ohmovim otporom od 0.035 do 0.045 ohma između svake od triju elektroda i metalnog kupatila. U još većim pećima, na pr. od 5000 kw ili više, teško je iz praktičnih razloga, da se otpor održi na najvećim vrednostima, na pr. preko 0.040 ohma, jer

se naponi između elektroda, t. j. glavni naponi, penju pri tom na takvu visinu, da nastaju teškoće u pogledu izolovanja elektroda i opasnosti po radnike, ako dovedena struja nije podeljena na veći broj manjih elektroda, što je međutim nezgodno sa različitih gledišta, i to na pr. zato, što se slabi svod peći i što bi bio potreban odgovarajuće veći broj mesta za hladjenje i naprava za dovod struje. U takvim vrlo velikim pećima može bit potrebno zadovoljiti se sa manjim otporima po elektrodi, na pr. 0.020 do 0.030 ohma, mada bi bolje bilo imati veće otpore. Naročito ako se slojevi moraju redukovati ili istopiti, koji nisu iz smeše fino razdeljenih sirovina koje su iz briketa ili u komadju, već iz više ili manje slobodne mešavine ovih sirovina, pokazalo se kao potrebno da peć radi sa visokim otporom. Za takve slojeve potrebno je primeniti otpor najmanje od 0.025 ohma pri čem su bolji otpori sa većom vrednošću.

Takodje se pokazalo, da otpor između elektroda odn. svake elektrode i metalnog kupatila može varirati zavisno od prirode metala, koji se izradjuje. Ako je potrebno izraditi na pr. legure gvoždja iz sloja gvozdene rude i drugog sloja, koji sadrži oksidnu rudu legurnog metala, koji se slojevi u proizvoljnom redu jedno za drugim redukuju i tope, otpor, koji se upotrebljava pri redukovanju i topljenju sloja gvozdene rude može biti različit od onog, koji se upotrebljava pri redukovanju i topljenju sloja sa legurnim metalom. Kao opšte pravilo važi, da otpor mora biti u toliko manji, u koliko je teže redukovati i topiti ili samo topiti metal odn. leguru.

Razlog zato, da u ovom postupku ohmov otpor mora biti mnogo veći, nego kod običnih električnih peći za čelik i sirovo gvoždje, leži u naročitom načinu redukovanja i topljenje sloja, koji pliva po kupatilu ili leži u istom. Pri tom toplota mora biti raspodeljena preko površine kupatila, gdje je najveća potrošnja toplote, što se postiže obrazovanjem dovoljno dugih svetlosnih lukova između elektroda i kupatila od zgure. Pošto se u kupatilu uvek nalazi srazmerno veliki otpor, koji raste sa visinom kupatila, mora se stoga postaviti prilično veliki otpor između elektrode i metalnog kupatila, t. j. napon mora biti veliki u sravnjenju prema dovedenom električnom efektu, jer inače, ako se jačina struje automatski drži konstantnom pomoću automatskih regulatora, koji regulišu i položaje elektroda u odnosu prema metalnom kupatilu, elektrode se potapaju u kupatilo, tako da se ne obrazuju

svetlosni luci. Povećana krivina temperature jednog svetlosnog luka pokazuje jasno, da svetlosni luk mora imati izvesnu, priličnu dužinu, da bi se dobila dobra raspodela toplote preko kupatila. Dužina svetlosnog luka i srazmerno veliki sloj zgure uzroci su potrebnog velikog otpora, ili, drugim rečima kazano, potrebnog velikog koeficijenta srazmere između napona i jačine struje. Rad svetlosnog luka za vreme redukovanja i topljenja daje osim toga preimućstvo da elektroda ne dolazi u dodir sa slojem, što je od naročito značaja, ako treba izraditi metal odn. leguru siromašnu u ugljeniku a koji prima ugljenik.

U jednom procesu ove vrste otpor u zguri ima važan zadatak, da razvije potrebnu toplotu za održanje temperature u zguri i metalu, koji ispod iste leži. Postupci, kod kojih se sloj, na ili u površini zgure redukuje plivajući ili biva istopljen, koja površina može obrazovati krutu koru na mestima, gde leži sloj, ne mogu se sprovesti sa dobrim uspehom, ako se električna toplota bez takvog otpora dovede u zguru, na pr. samo preko dva svetlosna luka, koja se nalaze više kupatila, pri čem potrošnja toplote na površini kupatila čini nemogućim, da se dobije dovoljno velika temperatura na donjem delu peći, u koliko se za temperaturu više kupatila mora održati ona ispod temperature kritične za postojanost peći. Kada struja prodje kroz zguru, razvija se znatna količina toplote u isto, usled otpora, tako da je zgura dovoljno topla, da zagreje metal do potrebnog stepena i da toplotu da sloju, koji pliva ili leži na površini zgure. U koliko je teže topliviji metal koji se izradjuje, u toliko topliji mora biti metal na dnu peći, da tamo ne bi očvrsnuo. Pri izradi legure, koje sadrže veliku količinu legurnog metala, na pr. ferorom siromašan u ugljeniku ili takozvanog gvoždja bez rdje sa 13—15% hroma, mora se dati zguri srazmerno veliki deo otpora po elektrodi. Celokupan otpor u zguri i u svetlosnom luku mora za vreme glavnog dela topljenja biti najmanje 0.020 ohma po elektrodi ili još više.

Ako za vreme topljenja temperatura metala teži da se smanji, tako da nastaje opasnost, da metal očvrsne ili da mešanje između metala i zgure ne bude tako dobro, kao što se to želi pri izvlačenju sumpora iz metala, zgodno je, da se elektroda odn. elektrode za vreme kraće ili duže periode topljenja spuste u zguru, t. j. da se otpor po elektrodi smanji i da se na taj način dovede velika količina toplote donjim slojevima kupatila zgure. Prome-

nom položaja elektroda u odnosu prema metalnom kupatilu i promenom celokupnog otpora po elektrodi u svetlosnom luku i u zguri može se dakle toplota po želji dovesti različitim delovima kupatila i na taj način regulisati temperatura u različitim delovima peći. Peć se obično pokreće na taj način, da električni efekt ostaje konstantan, t. j. da se za određenu vrednost napona jačina struje održava na odgovarajuću vrednost, što se može izvršiti automatski radećim regulatorima, koji se mogu podesiti na različite vrednosti jačine struje i na taj način regulisati položaj elektroda u odnosu prema metalnom kupatilu. Kod velikog otpora, t. j. srazmerno dugog svetlosnog luka, vrši se dovod toplote u glavnom do površine kupatila; u srednjem otporu, t. j. kratkom svetlosnom luku ili pri početnom dodiru između elektrode i kupatila, vrši se najveći dovod toplote još uvek do gornjeg dela kupatila, a pri malom otporu, t. j. potapajući elektrodu u zguru, vrši se najveći dovod toplote do donjeg dela kupatila.

Pošto kod postupaka topljenja, koji ovde dolaze u pitanje, kod kojih je slaganje slojeva sa metalom na kupatilo u peći neprekinuto ili se uvodi u međuprostore prilagodjene postupku, postepeno raste visina kupatila a sa time i pad napona kao i otpor u kupatilu za vreme topljenja, onda bi značilo, ako se celokupan otpor u svetlosnom luku i u zguri održava konstantan, da bi se pad napona u svetlosnom luku ili otpor svetlosnog luka stalno smanjivao. Da bi se ovo izbeglo zgodno je, da se jedan deo zgure jedan put ili više puta za vreme topljenja ubode ili na drugi način ukloni. Sa ove tačke gledišta najzgodnije je, neprekidno ubadanje zgure, tako da se sloj zgure održava na određenoj visini, ali je ovo vrlo teško sprovesti. Pri upotrebi prevrćućih peći srazmerno je lako ubadati zguru češće, a da ne mora nastupiti kakvo prekidanje postupka. Visina sloja zgure prilagodjava se pri tom tako, da otpor zgure pruža toplotu potrebnu samo za održavanje kupatila i zgure toplim, dok se ostala toplota razvija na mestu, gdje je najveća potrošnja toplote, i to po površini kupatila.

Povećanje otpora i pada napona u kupatilu za vreme topljenja može se i na drugi način kompenzirati umesto ubadanjem zgure, i to na pr. povećanjem napona između elektrode i kupatila u jednom ili više stupnjeva, tako da se pad napona ili otpor svetlosnog luka kao i njegova dužina mogu održati. Pri nepromenjenoj jačini struje povećava se pri tom električna energija dovedena peći. Takvo

regulisanje napona može se postići na pr. promenom uključivanja transformatora ili brojem namotaja primenom pogodnih mesta transformatora. Ako se električna energija mora održati konstantnom, što je obično slučaj, mora se smanjiti jačina struje dovedena peći, i to u istom stepnju kao što se povećava napon, što se postiže regulisanjem elektrode, najbolje pomoću automatskog regulatora, na takav položaj, koji odgovara kako većem padu napona tako i smanjenoj jačini struje. Dovod struje reguliše se na taj način zgodno promenom napona i položaja elektroda u odnosu prema kupatilu, tako da se celokupan otpor u svetlosnom luku i u zguri izmedju svake elektrode i kupatila povećava u istoj meri kao što se povećava pojedinačan otpor u kupatilu, t. j. otpor svetlosnog luka održava se konstantan za vreme topljenja.

Nedostaci povećanog otpora usled rastuće visine kupatila za vreme topljenja postaju manji, ako zgura ima veliku električnu specifičnu moć sprovoda. Na taj način je moguće pogodnim prilagodjivanjem sastave zgure kompenzirati ove nedostatke, i to na pr. obrazovanjem jako bazične zgure, ili time, što se zguri daje velika sadržina metalnih oksida, što je u takvim slučajevima od naročite koristi, ako se tiče izrade metala sa malom sadržinom ugljenika, na pr. gvoždja ili njenih legura sa manje od 0.05% ugljenika.

Peći, u kojima treba sprovesti postupak po pronalasku, pored pripadajućih električnih transformatora i sprovoda i t. d. mogu se dimenzionisati ili za veliki napon, na pr. 110—220 volti izmedju elektroda odn. svake od elektrode i kupatila, ili za napon ispod 110 volti. Usled toga mogu se uzeti visoki naponi, a da se ne predju granice pronalaska. U prvom slučaju pri upotrebi trofazne naizmenične struje i triju elektroda biće glavni napon izmedju elektroda 190—380 volti, koji naponi dosada nisu primenjivani kod električnih elektrodnih peći. Kod takvih visokih napona broj elektroda srazmerno je mali, naročito kod najvećeg napona, ili pri otporu na pr. od 0.03 do 0.04 ohma po elektrodi. U drugom slučaju, i to pri upotrebi napona ispod 110 volti, mora se povećati broj elektroda, da bi se dobio manji električni efekt po elektrodi, tako da napon primenjen na elektrodu dodje u takav odnos prema električnom efektu, da odgovara željenom većem otporu. U prvom slučaju postiže se preimućstvo, da su gubitci u energiji manji kod transformatora i sprovoda, a električna izrada peći jefti-

nija, dok se u drugom slučaju dobija bolja podela toplote preko cele površine kupatila.

Protiv predloženog načina regulisanja dovoda struje, prema određenom otporu izmedju elektroda i metalnog kupatila odn. kupatila za zguru mogla bi se staviti primedba, da je podela otpora na zguru u svetlosni luk različita kod različitih preseka elektroda, pri čem se dovedena struja raspoređuje preko veće površine kupatila i na taj način je otpor manji, u koliko je veći presek elektroda. Ovo bi moglo biti tačno, ako elektroda dodiruje zguru ili je u istoj potopljena, ali čim se obrazuje svetlosni luk izmedju elektrode i zgure, ovaj će u glavnom deistvovati na pr. izmedju jednog dela donje ivice elektrode i kupatila i obično kretati se po obimu elektrode. Podela struje u zguri biće usled toga praktično ista pri radu sa svetlosnim lukom sa različitim prečnicima elektroda, bar ispod onih granica koje dolaze u pitanje za peći tehničko-komercijalnih mera. Drugi razlog za to, da se prečnik elektroda ne mora naročito voditi računa, leži u tome, što je donji deo elektrode za vremen rada uvek potrošen i u različitim prilikama može imati vrlo promenljiv presek. Pri upotrebi elektroda većeg preseka otpor elektrode može biti manji nego kod manjeg preseka, pri čem se uvek mora održati ispod granica od 0.020 ohma po elektrodi.

Osim izrade gvoždja i njegovih legura, što je gore napomenuto kao primer, pri čem se tretira sloj gvozdenog oksida i, ako je potrebno, oksid jednog legurnog metala zajedno sa redukcionim sredstvom koje može biti termičko redukciono sredstvo, kao fero-silicium, fero-aluminium-silicium, aluminium ili tome slično ili ugljen ma koje vrste ili smeša ugljena i termičkog redukcionog sredstva, postupak po pronalasku može se primeniti i pri izradi drugih metala iz njihovih oksidnih ruda, na pr. aluminium i njegove legure iz gline ili boksita, ili iz njihovih sulfidnih ruda na pr. primenom kalciuma ili gvoždja kao sredstvo za vezivanje sumpora, na pr. cink iz kompleksnih ruda, koje sadrže cink i olovo. Pronalazak prema tome nije vezan za naveden primer pomenu-tih materija, već se može primeniti pri svakoj izradi metala iz ruda ili drugih materija koje sadrže metal.

Patentni zahtevi:

1. Postupak za izradu metala na pr. gvoždja i njegovih legura, pri čem se metalni sloj, eventualno u vezi sa redukcijom ili posle, obrazujući metal i zguru na i u

kupatilu, topi u električnoj peći, koja ima jednu ili više elektroda na dole upravljanih, koje se mogu izdizati i spuštati, naznačen time, što se električna struja za vreme glavnog dela topljenja dovodi peći sa takvim naponom u srazmeri prema primenom električnom efektu, da celokupan otpor u svetlosnom luku i u zguri iznosi najmanje 0.020 ohma po elektrodi.

2. Postupak po zahtevu 1 za izradu metala koji vezuju ugljenik a imaju malo ugljenika, na pr. kovno gvozdje i čelik, redukovanjem i topljenjem sloja koji sadrži oksidnu rudu i redukciono sredstvo, na pr. materijal koji sadrži ugljenik, naznačen time, što se celokupni otpor u svetlosnom luku i u zguri održava između 0.03 i 0.05 ohma po elektrodi.

3. Postupak po zahtevu 1 ili 2, naznačen time, što se dubina kupatila za vreme topljenja tako reguliše, na pr. ubadanjem zgure neprekidno ili proizvoljno često za vreme topljenja, da otpor u zguri daje toplotu potrebnu samo za održanje kupatila i zgure toplim, dok se ostatak otpora u svetlosnom luku polaže između elektrode i kupatila radi razvijanja toplote potrebne za redukovanje i topljenje sloja.

4. Postupak po zahtevu 1, 2 ili 3, naznačen time, što se napon između svake elektrode i metalnog kupatila za vreme topljenja povećava u jednom ili više stup-

njeva, prema tome kako se otpor povećava u kupatilu, koje za vreme topljenja postaje manje.

5. Postupak po zahtevu 4, naznačen time, što se za održavanje konstantnim dovedenog električnog efekta jačina struje smanjuje u istoj meri, kao što se povećava napon.

6. Postupak po zahtevu 1 do 5, naznačen time, što je sastav sloja tako podešen, da se pri topljenju u peći obrazuje električno sprovodna zgura, u cilju, da se otpor u zguri smanji i da se povećava pad napona elektrode, koji stoji na raspoloženje svetlosnom luku, odn. da se povećava otpor svetlosnog luka.

7. Postupak po zahtevu 1—6, naznačen time, što se električni efekt dovodi peći sa naponom od 110—220 volti između svake elektrode i metalnog kupatila pomoću takvog broja elektroda, da je celokupan otpor elektroda najmanje 0.020 ohma, najbolje još više.

8. Postupak po zahtevu 1—6, naznačen time što se električan efekt dovodi peći pomoću tolikog broja razdvojeno rasporedjenih elektroda, da se može održati napon od najviše 110 volti između svake elektrode i metalnog kupatila pri celokupnom otporu po elektrodi od najmanje 0.020 ohma, najbolje još više.

Ukupni otpor u svetlosnom luku i u zguri najmanje 0.020 ohma po elektrodi.

2. Postupak po zahtevu 1 za izradu metala koji vezuju ugljenik a imaju malo ugljenika, na pr. kovno gvozdje i čelik, redukovanjem i topljenjem sloja koji sadrži oksidnu rudu i redukciono sredstvo, na pr. materijal koji sadrži ugljenik, naznačen time, što se celokupni otpor u svetlosnom luku i u zguri održava između 0.03 i 0.05 ohma po elektrodi.

3. Postupak po zahtevu 1 ili 2, naznačen time, što se dubina kupatila za vreme topljenja tako reguliše, na pr. ubadanjem zgure neprekidno ili proizvoljno često za vreme topljenja, da otpor u zguri daje toplotu potrebnu samo za održanje kupatila i zgure toplim, dok se ostatak otpora u svetlosnom luku polaže između elektrode i kupatila radi razvijanja toplote potrebne za redukovanje i topljenje sloja.

4. Postupak po zahtevu 1, 2 ili 3, naznačen time, što se napon između svake elektrode i metalnog kupatila za vreme topljenja povećava u jednom ili više stup-njeva, prema tome kako se otpor povećava u kupatilu, koje za vreme topljenja postaje manje.

5. Postupak po zahtevu 4, naznačen time, što se za održavanje konstantnim dovedenog električnog efekta jačina struje smanjuje u istoj meri, kao što se povećava napon.

6. Postupak po zahtevu 1 do 5, naznačen time, što je sastav sloja tako podešen, da se pri topljenju u peći obrazuje električno sprovodna zgura, u cilju, da se otpor u zguri smanji i da se povećava pad napona elektrode, koji stoji na raspoloženje svetlosnom luku, odn. da se povećava otpor svetlosnog luka.

7. Postupak po zahtevu 1—6, naznačen time, što se električni efekt dovodi peći sa naponom od 110—220 volti između svake elektrode i metalnog kupatila pomoću takvog broja elektroda, da je celokupan otpor elektroda najmanje 0.020 ohma, najbolje još više.

8. Postupak po zahtevu 1—6, naznačen time što se električan efekt dovodi peći pomoću tolikog broja razdvojeno rasporedjenih elektroda, da se može održati napon od najviše 110 volti između svake elektrode i metalnog kupatila pri celokupnom otporu po elektrodi od najmanje 0.020 ohma, najbolje još više.

Ove nezadovoljne karaktere, koji sadrži tran-

