



[B] (11) **KUULUTUSJULKAISU**
UTLÄGGNINGSSKRIFT

75331

C Patenti lyönnetty
(45) Patent beviljat 09 08 1988

(51) Kv.lk./Int.Cl.⁴ C 03 B 5/027 // H 05 B 3/00

SUOMI-FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(21)	Patentihakemus - Patentansökning	843627
(22)	Hakemispäivä - Ansökningsdag	17.09.84
(23)	Alkupäivä - Giltighetsdag	17.09.84
(41)	Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	21.03.85
(44)	Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	29.02.88
(86)	Kv. hakemus - Int. ansökan	
(32) (33) (31)	Pyydetty etuoikeus - Begärd prioritet	20.09.83
Ranska-Frankrike (FR) 8314903		
Toteennäytetty - Styrkt		

(71) Saint-Gobain Recherche, 39, quai Lucien-Lefranc, Aubervilliers,
Ranska-Frankrike (FR)

(72) Bernard Martin, Levallois-Perret, Gerard Dossier, Lesigny,
Ranska-Frankrike (FR)

(74) Berggren Oy Ab

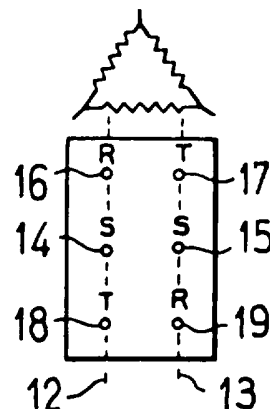
(54) Sähkösulatusuuni lasiintuvaa panosta varten -
Elektrisk smältugn för en i glasform övergående charge

(57) Tiivistelmä

Keksintö liittyy lasin sähkösulatustekniikkaan.

Keksinnön mukaan käytetään uunia, jossa elektrodit on sovitettu pystysuoraan suuntaan pohjalle. Näihin elektrodien syötetään kolmivaihevirtaa. Elektrodit on jaettu ainakin yhdeksi säännölliseksi kokonaisuudeksi, jossa on kaksi kolmen elektrodin riviä. Vaiheet, joihin kunkin rivin elektrodit on kytketty, ovat päinvastaiset (R, S, T; T, S, R).

Keksinnön mukaisella sovituksella päästään erinomaisen tasapainoiseen toimintaan ja toimintanopeuksia voidaan tuntuvasti muuttaa.



(57) Sammandrag

Uppfinningen hänför sig till glassmältningstekniken. Enligt uppfinningen använder man en ugn där elektroderna anordnats vertikalt riktade på botten. Till dessa elektroderna matas trefasström. Elektroderna är fördelade till åtminstone en regelbunden enhet som omfattar tvenne rader om tre elektroderna. Faserna, till vilka elektroderna i var och en rad är kopplade, är motsatta (R, S, T; T, S, R).

Genom arrangemanget enligt uppfinningen uppnår man en utmärkt balanserad funktion och arbetshastigheterna kan kännbart varieras.

Sähkösulatusuuni lasiintuvaa panosta varten

Keksintö liittyy lasinsulatusmenetelmiin ja tarkemmin sanottuna sellaisiin menetelmiin, joissa sulan lasin johtavuutta käytetään hyväksi sulatuksen vaatiman energian kehittämiseksi lasisulatteessa itsessään.

Täsmällisesti sanottuna keksintö koskee sähkösulatusmenetelmiä, joissa virta johdetaan lasisulatekylpyyn elektrodeilla, joita on sovitettu pystysuoraan suuntaan sulatusuunin pohjalle.

Sähköenergiaa käytetään kovin monenlaisiin tarkoituksiin lasin sulatukseen tai kirkastamiseen liittyvissä menetelmissä. Monissa tapauksissa tämä käyttö on suhteellisen rajoittunutta. Kysymykseen tulee esimerkiksi lasisulatekylvyn kuumentaminen paikallisesti eräitten konvektioliikkeiden edistämiseksi tai kuplien poistamiseksi tai myös lämpötilan tasaamiseksi hyvin suurissa kylvyissä.

Näitä erityistapauksia lukuunottamatta sähköenergian käyttö varsinaiseen sulatukseen rajoittuu usein vanhempiin menetelmiin, joissa sulatus suoritetaan polttimien avulla. Näin on varsinkin silloin, kun tuotantokapasiteetti on suurempi.

Huolimatta monista vaikeasti hallittavista tekijöistä poltinuuneilla onkin voitu päästä hyviin käyttöolosuhteisiin valmiiden tuotteiden laadun kannalta. Sähkösulatusmenetelmiä on kehitelty pyrkimällä pääasiassa toistamaan näitä olosuhteita siinäkin tapauksessa, että tällöin ei päästäisikään hyötymään tämän uuden uunien kuumennustavan erityispiirteistä.

Suuritehoiset polttimilla kuumennettavat uunit ovat tavallisesti pitkiä ja matalia. Raaka-ainepanos syötetään uunin toisesta päästä ja lasisulate otetaan ulos toisesta päästä. Kylvyn päällä olevan panoksen paksuus, joka vaihtelee sulatuksen

edetessä, on keskimäärin suhteellisen vähäinen. Lämpötila on hyvin epätasainen tarkastelun kohteena olevasta kylpyalueesta riippuen: alhainen pohjan ja panoksen syöttöpään lähellä, korkea pinnalla ja toisessa päässä.

Sähkösulatuksen valinta muuttaa olennaisesti näitä olosuhteita, jotka tavalla tai toisella liittyvät polttimien käyttöön ja niistä aiheutuvaan lämmönvaihtotapaan.

Tietyllä tavalla pystysuorin elektrodein varustetuissa sähkösulatusuuneissa raaka-ainepanos liittyy lasisulatekylpyyn liikkumatta vaakasuorassa tasossa viimeksi mainitun pinnalla ja panos saattaa peittää koko pinnan. Tässä tapauksessa ja edellyttäen, että koko pinta osallistuu tehokkaasti kylvyn ja sen pinnalla olevan panoksen välisiin lämmönvaihtoihin, sähköuunin pinta-alaa voidaan olennaisesti pienentää samantehoisen polttimin kuumennetun uunin pinta-alaan verrattuna.

Keksintö liittyy tämäntyyppisiin uuneihin, joissa raaka-ainepanos peittää pinnan, uuneihin, joita nimitetään myös "kylmäholviuuneiksi".

Keksijät ovat havainneet, että jotta tämäntyyppisten uunien tuotos saataisiin mahdollisimman hyväksi, erityisen tärkeätä on saada energiansyöttö jakautumaan erittäin tasaisesti koko sulatekylpyyn. Eräs tämän keksinnön tavoitteista on parantaa tätä jakautumista, jolloin tuotannon pysyessä samana voidaan varsinkin pienentää uunin mittoja eli siis säästää tulenkestäviä aineita, mutta myös supistaa lämmönhukkaa eli siis pienentää tuotantokustannuksia.

Vaikka tunnettua tekniikkaa koskevassa kirjallisuudessa mainitaankin tarve saada kylpy tasaisesti kuumennetuksi, se on edelleen alisteinen kuumennuksen erittäin spesifisille suoritulosuhteille.

Elektrodien sijoittelun uunin pohjalle tulee vastata nimit-

täin eräitä edellytyksiä, joista jotkut ovat ristiriitaisia. Niinpä sulan lasin johtavuus edellyttää mahdollisimman pientä etäisyyttä elektrodien välille, jotta tarvittava teho saavutettaisiin käytännössä hyväksyttävillä virrantiheyksillä elektrodien pinnalla. Elektrodien lähentäminen toisiinsa tarkoittaa samalla vastuksen pienentymistä ja annetulla jännitteellä virrantiheyden kasvua. Tästä syystä elektrodien (tai elektrodiryhmän), jotka voidaan sijoittaa annetulle pohjan pinta-alalle, lukumäärä on rajallinen, vaikka se jouduttai-siinkin tekemään niiden alueiden, jotka toimivat lämmönlähteiden tapaan, paremman jakautumisen kustannuksella kylvyssä.

Samalla tavoin vaikka teollisesti onkin taloudellista käyttää kolmivaihevirtaa, käytännössä pyrkimys vaiheiden tasapainoon edellyttää elektrodien asettamista kolmiomaisesti tai kuusikulmion muotoisesti, mikä ei kovinkaan hyvin käy yksiin niiden sijoittamisen kanssa tasaisesti suorakulmaisissa uuneissa.

Keksintö koskee kolmivaihevirralla suoritettavaa sähkösulatusmenetelmää, jossa käytetään uunia, jonka pohjalle elektrodit ovat jaettuina säännöllisesti yli koko pohjan pinta-alan ainakin yhdeksi säännölliseksi kokonaisuudeksi, joka käsittää kaksi kolmen saman välimatkan päässä toisistaan olevan elektrodin riviä, joihin kuhunkin syötetään jotakin kolmesta vaiheesta R, S ja T, elektrodien vaiheiden järjestyksen ollessa näissä kahdessa rivissä päinvastainen (R, S, T ja T, S, R), jolloin kaksi keskimmäistä elektrodia ovat samenvaiheisia ja laittimaiset elektrodit ovat erivaiheisia, saman rivin kahden elektrodin välisen etäisyyden ollessa jokseenkin sama kuin kahden rivin välinen etäisyys.

Eräässä edullisessa suoritusmuodossa elektrodeja on parillinen määrä kolmen elektrodin rivejä, jotka muodostavat säännöllisiä kokonaisuuksia (R, S, T; T, S, R), jotka on sijoitettu siten, että kahden vierekkäisen kokonaisuuden kahden vierekkäisen rivin elektrodit ovat samassa järjestyksessä (R, S, T;

R, S, T).

Kun keksinnön mukaisessa uunissa on kolme riviä elektrodeja, vierekkäisten rivien elektrodien vaiheiden järjestys on R, S, T; T, S, R; R, S, T.

Jos rivejä on suurempi pariton luku kuin kolme, sijoittelu on mielellään sama kuin jos niitä on parillinen luku, ja sen lisäksi keskellä on yksi rivi, jonka vaiheiden järjestys on päinvastainen kuin kahden sen vieressä olevan rivin.

Mieluiten keksinnön mukaisissa uuneissa kahden vierekkäisen säännöllisen kokonaisuuden kahden rivin välinen etäisyys on yhtä suuri kuin saman kokonaisuuden rivien välinen etäisyys.

Edellä selitetty sijoittelu vastaa sellaisia uuneja, joissa elektrodirivejä voi olla niin monta kuin kysymyksessä oleva tuotantokapasiteetti vaatii. Edellä mainituista syistä on kuitenkin suositeltavaa huolehtia siitä, että käytetyn uunin pituus ei ole kovin paljon suurempi kuin sen leveys. Kovin suurilla tuotantomäärillä näyttää siis olevan eduksi ei liiaksi kasvattaa vierekkäin sovitettujen rivien lukumäärää, vaan jatkaa rivejä uusilla kolmen elektrodin sarjoilla.

Jotta vaiheiden tasapaino saataisiin tällöin säilymään, on suositeltavaa rajoittaa vaihtoja saman rivin kolmen elektrodin sarjojen välillä järjestämällä niin, että elektrodien vaiheiden järjestys muuttuu päinvastaiseksi jokaisen kolmen elektrodin sarjan kohdalla (R, S, T; T, S, R; R, S, T; jne.).

Erityisen edullisesti säännöllisten kokonaisuuksien lukumäärä on 1, 2, 4, 6, 8 tai 9. Suurempiakin lukumääriä voidaan ajatella, mutta ne vastaavat pitkälti tavalliset tuotantomäärät ylittävien tuotantomäärien edellyttämiä käsittelyolosuhteita.

Sijoittaessaan elektrodit edellä selitetyllä tavalla keksijät ovat yllättävästi todenneet, että vaiheiden tasapaino saadaan

säilymään erittäin hyvin. Tämä tasapaino saadaankin säilymään 95-prosenttisesti tai sitä paremminkin.

Edellä sanotusta riippumatta keksintö erottuu myös siksi, että elektrodit ovat uunin pinta-alan huomioonottaen suhteellisen lähellä toisiaan.

Tässä puheena oleva etäisyys $\underline{d}$ on se, joka jää niiden elektrodien väliin, joiden välillä virrat syntyvät. Yhden elektrodiryhmän osalta riittää, että tarkastellaan vierekkäisiä vaihtoon osallistuvia elektrodeja.

Etäisyys on välittömästi sidoksissa käytettävissä olevaan tehoon. Annetulla käytettävissä olevalla jännitteellä teho on kääntäen verrannollinen kylvyn resistanssiin, joka riippuu elektrodien välisestä etäisyydestä.

Mikäli jokaisen elektrodin (tai elektrodiryhmän) ottama virta on olennaisesti sama (mikä liittyy vaiheiden tasapainoon, josta edellä oli puhe) koko kylvyssä, voidaan ajatella, että jokainen elektrodi osallistuu tämän kylvyn jonkin osan kuumentamiseen. Jos $\underline{S}$ on kylvyn kokonaispinta-ala, mainittu osa vastaa kylvyn osaa, jonka pinta-ala on $\underline{S}/n$, n :n ollessa elektrodien (tai elektrodiryhmien) lukumäärä koko uunissa.

Virran syöttö on sitä tasaisempaa yhtäältä, mitä pienempi on jokaisen elektrodin kuumentama uunin pinta-alan osa, ja toisaalta, mitä suurempi on lämmönvaihtoon osallistuvien elektrodien välinen etäisyys.

Näiden kahden toistensa kanssa vastakkaisen tendenssikokonaisuuden ilmaisemiseksi sopii tarkastella lauseketta $n \cdot \underline{d}^2 / \underline{S}$.

Keksinnön mukaan ($\underline{d}$ on metrejä ja $\underline{S}$ on neliömetrejä) tämä suhde on edullisesti 0,4-1,4 ja mieluiten, varsinkin suurteho-uuneissa, 0,6-1,25.

Elektrodien sijoittelusta keksinnön mukaisella tavalla saatavat edut voidaan tuoda esiin myös tarkastelemalla muita parametrejä, joilla niilläkin päädytään tällaiseen kylvyn tasalaatuisuuden paranemiseen.

Niinpä kokein suoritettava tarkastelu osoittaa, että Joulen ilmiön kautta tapahtuva energian hajotus paikallistuu pääasiassa elektrodin lähelle. 4/5 energiasta kehittyä elektrodin ympärillä olevassa vyöhykkeessä, jota yksinkertaistaen voidaan pitää homogeenisena. Kun kysymyksessä on pystysuora sylinterin muotoinen elektrodi, tämä vyöhyke vastaa likimääräisesti sylinteriä, jonka läpimitta on 3 kertaa elektrodin läpimitta. Lähennettäessä elektrodeja toisiinsa on selvää, että kaikkien suhteiden ollessa ennallaan nämä lämmönlähddevyöhykkeet kattavat suuremman osan kylvystä ja että sulatus voidaan saada aikaan alhaisemmalla keskimääräisellä lämpötasolla.

Tällaiset parannukset näkyvät käyttöolosuhteissa.

Kun esimerkiksi uunin pinta-alayksikköä kohti on käytettävissä suurempi teho, saadaan tuotanto pinta-alayksikköä kohti olennaisesti suuremmaksi kuin samanlaisilla tunnetuilla uuneilla. Helposti päästään 4×10^3 kg/m² vuorokausituotantoon. Kapasiteetti voi tapauksesta riippuen olla vielä suurempi ja jopa yli 6×10^3 kg/m².

Tässä yhteydessä on korostettava, että ilmoitettu tuotantokapasiteetti pinta-alayksikköä kohti on merkitsevä vain samanlaisissa käyttöolosuhteissa, varsinkin työskentelylämpötilojen osalta. - Seuraavassa näemme yksityiskohtaisemmin, mitkä ovat keksinnön tunnusmerkit lämpötilojen osalta. - Työskentelylämpötilaa nostamalla voidaan nimittäin yleensä nostaa tuotantoa. Tällainen toimenpide ei kuitenkaan ole monista syistä aina suotava. Näitä syitä on etenkin uunin tulenkestävien osien ja elektrodien käyttöikä. Saman uunin, jonka työskentelylämpötilaa on nostettu, käyttöikä, kaiken kaikkiaan tuo-

tettuina tonneina ilmaistun on lyhyempi kuin jos siinä olisi käytetty alhaisempaa lämpötilaa. Toinen syy on se, että energian ominaiskulutus kasvaa lämpötilan nostamisen myötä.

Keksinnön mukaan on siis mahdollista rakentaa vähän tilaa vieviä uuneja, joiden tuotantokapasiteetti on korkea.

Vielä merkittävämpää on todeta, että keksinnön mukaisilla uuneilla saadaan toimintavara laajaksi. Nimittäin vaikka on edullista saada tuotantokapasiteetti suureksi, edullista on myös saada uuni käymään tarvittaessa hidastetulla teholla. Tältä kannalta katsoen keksinnön mukaiset uunit eroavat aikaisemmista uuneista. Korkein tuotantonopeus voidaan vaaratta hidastaa kuudesosaan ja vielä enemmänkin.

Tällainen käyttöjoustavuus johtuu ainakin osaksi lämmönlähteiden paremmasta jakautumisesta sulan lasin sisällä, mikä ilmenee lämpötilojen erittäin hyvänä tasaisuutena joka kohdassa ja näin riippumatta kysymyksessä olevasta keskilämpötilasta.

Lämpötilapoikkeamien kaventuminen kylvyssä antaa nimittäin mahdollisuuden alentaa alinta keskilämpötilaa ja siitä johtuen supistaa panoksen sulatusnopeutta eli uunin tuotantoa.

Käytännössä samoin kaikki se, mikä pienentää lämmönhäviöitä sulatekylvyssä, edistää lämpötilapoikkeamien kaventumista ja siten antaa mahdollisuuden edelleen "hidastaa" tuotantoa.

Niinpä panoksen paksuuden lisääminen pienentämättä sulan aineen tilavuutta edistää tällaista toimintanopeutta.

Yleisemmin sanottuna kaikkien muiden olosuhteiden, etenkin tuotannon ja lasiainepanoksen pysyessä samoina kylvyn keskilämpötila voi olla muutamia asteita ja jopa muutamia kymmeniä asteita alhaisempi kuin aikaisemmissa menetelmissä.

Tästä on seurauksena, että lämmönhukat ovat pienempiä samoin

kuin energian ominaiskulut. Vähennys voi yltää jopa 8 %:iin ja tavallisesti se sijoittuu 4-5 %:n paikkeille.

Keksinnön mukaisten uunien suorituskyvyn parantamiseksi entisestään myös muutkin sovitukset ovat suotavia.

Virrantiheyksien rajoittamiseksi elektrodissa on suotavaa, että niillä on riittävän iso kosketuspinta lasiin. Koska elektrodien pituus on rajallinen, kuten tuonnempana näemme, samoin kuin niiden läpimitta käytännön syistä, on suuria tiheyksiä käytettäessä eduksi korvata yksi yksittäinen elektrodi useiden elektrodien ryhmällä (kahdella tai kolmella useimmiten).

Kun yksittäinen elektrodi korvataan tällaisella ryhmällä, elektrodien välinen etäisyys ei mielellään ole suuri verrattuna siihen etäisyyteen, joka erottaa tämän ryhmän lähimmistä ryhmistä, joiden kanssa vaihdot tapahtuvat. Mieluiten akseli-väli saman ryhmän elektrodilla ei ole pienempi kuin kaksi kertaa näiden elektrodien läpimitta eikä suurempi kuin kahdeksan kertaa tämä sama läpimitta ja mielellään ei suurempi kuin kuusi kertaa tämä läpimitta.

Virrantiheyden pienentäminen elektrodien pinnalla johtaa elektrodin pinnan lämpötilan alenemiseen, jolloin sen kosketuksesta lasiin aiheutuvaa eroosiota saadaan vähennetyksi. Samoin kun lasisulatteeseen tuodaan sama määrä energiaa, sen lämpötila on paikallisesti alempi.

Pohjan tulenkestävän osan korroosio-ongelmien välttämiseksi kukin elektrodi tai elektrodiryhmä on mieluiten sijoitettu uunin pohjasta ulkonevalle jalustalle. Tällä tavoin estetään paikallisten konvektioliikkeiden korostumista elektrodin tyvessä, sillä nämä liikkeet kuluttavat pohjan tulenkestävää osaa. Jalustan tulenkestävä suojustus on edullisesti vähemmän eroosiota kestävä kuin uunin pohjana oleva tulenkestävä osa.

Koska elektrodin yläpää on etäällä kosketuspinnasta sulaan lasipanokseen, välttää siltä, että elektrodin pystysuoralla osalla tapahtuisi kohdittain voimakkaampaa sulamista, jota edistää paikoittain korkeampi lämpötila. Konvektioliikkeet ovat nimittäin erityisen voimakkaita pitkin elektrodia mihin on syynä lämpötilagradientti vieressä olevan kylvyn kanssa. Kun elektrodin pää on tarpeeksi syvästi upoksissa, pitkin elektrodia syntyvä nouseva lasivirta ottaa mukaan elektrodin pään sulan kylvyn rajasta erottavalla reitinosalla vieressä olevaa lasia riittävän määrän samalla kertaa lämpötilapoikkeaman kaventamiseksi ja panospinnan, jota pitkin tämä virta välittömästi virtaa, lisäämiseksi. Ensisijainen sulamisvyöhyke, joka sijoittuu elektrodin pystyakselille, on tällöin suhteellisen laaja. Päinvastaisessa tapauksessa eli kun elektrodin pää on lähellä kylvyn ja panoskerroksen rajaa, sulaminen tapahtuu nopeasti pienellä pinta-alalla. Tällöin muodostuu panoskerroksessa kraattereita, jotka, jos tämä kerros ei ole kovin paksu, saattavat ulottua sen läpi. Tällainen mekanismi on epäsuotava. Sen lisäksi, että sulaminen tapahtuu epätasaisesti, pintakerroksen muodostama eristys särkyy ja siitä aiheutuva energianhukka saaattaa olla varsin tuntuva.

Elektrodin pää sijaitsee siis edullisesti riittävän etäällä, jotta konvektiovirran lämpötila pinnan tasolla ei pääse liian korkeaksi koko pinnalla vallitsevaan keskilämpötilaan verrattuna.

Käytännössä on eduksi järjestää niin, että elektrodin pään etäisyys pinnasta, joka erottaa lasin muuttumassa olevasta lasiintuvien aineiden kerroksesta, on ainakin kymmenesosa lasikerroksen korkeudesta.

Tietysti sulan lasin pinta voi vaihdella riippuen käyttöolosuhteista (esimerkiksi tuotannon lisäämiseksi lämpötilaa nostetaan ja lasin pinta uunissa laskee). Elektrodin pituuden määrittämiseksi on perustaksi siis otettava alin pinta.

Seuraavassa keksintöä selitetään yksityiskohtaisemmin viitaten liitteenä oleviin piirustuksiin, joissa:

- kuviot 1a ja 1b ovat kaavamaisia kuvia tavanomaista tyyppiä olevasta sähköuunista vastaavasti yläkuvana ja pituussuuntaisena leikkauksena ja ne esittävät elektrodien sijoitusta ja toisesta päästä syötettyjen raaka-aineiden kehittymistä,
- kuvio 2 on kaavamainen yläkuva samoin tavanomaisesta sähköuunista, johon panos syötetään tasaisesti sen koko pinta-alalle,
- kuviot 3a-3e esittävät yläkuvina tyypillisiä elektrodien sijoitteluja keksinnön mukaisessa sähköuunissa,
- kuvio 4 esittää kaavamaisena leikkauksena pystysuuntaisia konvektioliikkeitä, jotka panevat kylvyn liikkeeseen keksinnön mukaisissa uuneissa,
- kuvio 5 esittää kaavamaisena yläkuvana elektrodien kaksoisryhmien sijoittelua keksinnön mukaisessa uunissa.

Kuviot 1a ja 1b esittävät kokonaisuudessaan aikaisemmista polttimin kuunnennetuista uuneista sovellettujen suurteho-uunien järjestelyä.

Näille uuneille on ominaista etenkin kovin pitkänomainen muoto. Sulatusammeen pituus on tavallisesti yli kolme kertaa sen leveys.

Tällainen rakennemuoto on valittu kylvyn kehittymisen edistämiseksi, joka kaiken kaikkiaan tarkoittaa sen laadun muuttamista sillä tavoin, että uppokourusta 1 tuleva lasi on erittäin tasalaatuista.

Tällaisissa uuneissa lasiintuvien aineiden panos syötetään uunin toisessa päässä sijaitsevasta aukosta 2. Tämä panos asetuu sulan kylvyn 3 päälle ja muodostaa kerroksen 4. Tämän kerroksen paksuus ohenee syöttöaukosta lähtien sen muodostavien aineiden vähitellen tapahtuvan sulamisen seurauksena. Tämä kerros saattaa jatkua uunin siihen päähän saakka, jossa

kouru sijaitsee. Koska tämä kouru on upoksissa, eivät siihen pääse aineet, jotka tähän päähän tullessaan eivät vielä ole sulaneet.

Tällaisessa uunissa sähkökuumennus aikaansaa samanlaiset olosuhteet kuin poltinuuneissa. Kuvioiden la ja lb esittämässä mallissa elektrodit 5 ja 6 on sijoitettu säännöllisesti uunin pohjalle 7. Näitä kaksittain uunin molemmin puolin liitettyjä elektrodeja syötetään esimerkiksi yksivaihevirralla. Kunkin elektrodiparin 5, 6 syöttöä voidaan säädellä erikseen, jolloin lämpötilaolosuhteita voidaan muutella uunin kysymyksessä olevan vyöhykkeen mukaan.

Yleensä tällaiset uunit ovat kovasti tilaa vieviä ja niiden energiankulutus on suuri.

Kuvio 2 esittää nelikulmaista sähkösulatusuunia, jossa lämmön hukkaa voidaan supistaa seinämien avulla. Tämän tyyppisessä uunissa, joka on tavallisesti mitoiltaan pienempi kuin kuvioiden la ja lb mukaiset uunit, raaka-ainepanos jakautuu yleensä tasaisesti yli koko sulatekylvyn pinnan ja niissä pyritään myös järjestämään niin, että kylvyn lämpötila varsinkin kosketuksessa raaka-ainekerrokseen on sellainen, että tämä kerros sulaa myös tasaisesti koko pinnan osalta. Tästä syystä elektrodit 8, 9, 10, 11 on sijoitettu symmetrisesti ja sähkönsyöttö (yksi- tai kaksivaihevirralla) tapahtuu niin, että jokaisen elektrodin teho on sama.

Tässä aikaisemmin ehdotetussa mallissa elektrodit ovat kuitenkin suhteellisen etäällä toisistaan, kylvyn kuumentuminen ei tapahdu täysin tyydyttävästi eikä ominaiskulutus ole optimaalinen.

Kuviot 3a-3e esittävät elektrodien tyypillisiä sijoitteluja keksinnön mukaisissa sähkösulatusuuneissa.

Yksinkertaisuuden vuoksi näissä kuvioissa on esitetty vain

sulatekylvyn rajat ja elektrodien asettelu uunin pohjalle. Kytkennät kolmivaihesyöttöön on merkitty kaikkien samanvaiheisten elektrodien osalta samalla merkillä R, S tai T.

Kuvio 3a esittää kaikkein pienintä keksinnön mukaista kokonaisuutta. Tässä sovituksessa kuusi elektrodia on ryhmitelty kahdeksi riviksi 12 ja 13. Yhden rivin kolmeen elektrodiin syötetään kutakin vaihetta. Kaksi keskimmäistä elektrodia 14 ja 15 ovat samanvaiheisia. Molempien rivien laitimmaisat vierekäiset elektrodit 16, 17 ja 18, 19 ovat erivaiheisia.

Esitetyissä suositeltavissa suoritusmuodoissa saman rivin kahden elektrodin välinen etäisyys on aina sama ja tämä etäisyys on sama kuin kahden rivin välinen etäisyys.

Uunissa, jolla on tällainen konfiguraatio, elektrodien väliset päävaihdot tapahtuvat tietysti lähimpien elektrodien välillä. Elektrodi 16 vaihtaa elektrodien 14, 17 kanssa ja vähemmän elektrodin 15 kanssa. Elektrodi 14 vaihtaa elektrodien 16, 18 kanssa ja hieman vähemmän elektrodien 17 ja 19 kanssa ja niin edelleen.

On merkille pantavaa ja kokemus osoittaa, että vaikka elektrodeja ei ole sijoitettu kolmion muotoon eikä säännöllisen kuusikulmion muotoon, tiheys jokaisella vaiheella ja energian häviäminen jokaisen elektrodin ympärillä on erittäin tasaista. Poikkeama ei ylitä 5 % ja saattaa olla alle 3 %. Toisin sanoen kun elektrodit on sijoitettu tasaisesti pohjalle, myös kuumennus on tasaista. Tällainen sijoittelu soveltuu siis hyvin sellaisen panoksen sulatukseen, joka kerrostetaan kokopinnalle.

Uunissa, jossa on tällainen sijoittelu, sulan lasin ulosotto voidaan sijoittaa yhtä hyvin mille sivulle tahansa. Mieluiten kouru sijoitetaan ammeen symmetria-akselille.

Kuvio 3b esittää edellisenkaltaista sijoittelua, jossa on

kolme elektrodin riviä 20, 21 ja 22. Kahta ensimmäistä riviä syötetään samalla tavoin kuin kuviossa 3a. Kolmatta riviä 22 syötetään kuten riviä 20.

Tällainen sijoittelu, vaikka siinä ollaankin lähempänä kompaktia muotoa, osoittautuu vähemmän tasapainoiseksi kuin edellinen. Vaiheiden tiheyden poikkeama ei kuitenkaan tavallisesti ole 5 % suurempi.

Kuvio 3c esittää sovitusta, jossa on neljä riviä, eli siinä on kaksinkertaistettu kuvion 3a sovitus sijoittamalla rivit kaksittain symmetrisesti siten, että kunkin rivin 23 ja 24 elektrodit ovat molemmin puolin samassa vaiheessa. Tässä sovituksessa kumpikin puolisko on käytännöllisesti katsoen riippumaton toisesta erityisesti silloin, kun, kuten kuviossa on osoitettu, uunin kutakin puolta syöttää yksi muuntaja. Vaihdot näiden puoliskojen välillä ovat erittäin vähäisiä. Kokonaisuus pysyy erittäin hyvin tasapainossa.

Kuviot 3d ja 3e esittävät yksikköjä, joissa elektrodien lukumäärä on vielä suurempi. Näissä kuvioissa rivejä on kaksi kertaa enemmän kuin edellisissä esimerkeissä, kunkin käsittäessä kuusi elektrodia. Vaiheiden sijoittelu samassa rivissä on kuten edellä symmetrinen, niin että kumpikin puolisko A ja B toimivat käytännöllisesti katsoen toisistaan riippumattomina.

Kuviossa 5 esitetty sovitus on samanlainen kuin kuviossa 3c. Tässä yksittäiset elektrodit on korvattu kahden elektrodin sarjoilla. Saman ryhmän elektrodit ovat riittävän lähellä toisiaan, jotta ne toimivat käytännöllisesti katsoen yhtenä elektrodina toisiin elektrodiryhmiin nähden.

Kuvioissa 3 ja 5 kolmivaihesyöttömuuntajat on esitetty kaavamaisesti pienillä kolmioilla. Nämä kolmiot on sijoitettu elektrodiryhmien kohdalle. Tällaiset syöttökaaviot ovat suositeltavimpia, mutta muunkinlaisia kaavioita voidaan käyttää,

etenkin käytetyistä muuntajista riippuen.

Kuvio 4 valaisee pystysuorilla elektrodeilla kuumennetun sulatekylvyn käyttäytymistä. Uuni on esitetty leikkauksena kahden elektrodin 25, 26 kohdalta.

Tässä kuviossa lasisulatekylpyä 27 peittää lasiintuvien aineiden kerros 28. Tätä kerrosta täydennetään jatkuvasti tavanomaiseen tapaan liikkuvalla jakelujärjestelmällä, joka syöttää koko pintaa toistuvaa monimutkaista rataa seuraten. Tätä laitetta ei ole esitetty.

Ainekerroksen 28 ja uunin holvin 29 välinen tila voi olla suhteellisen pieni. Sen on kuitenkin oltava riittävän korkea, jotta syöttölaite pääsee kulkemaan siinä.

Kylvyssä 27 lämmönlähteinä toimivat elektrodit 25 ja 26, kuten olemme nähneet edellä, synnyttävät konvektiovirtauksia. Nämä virtaukset on esitetty nuolilla varustetuilla silmukoilla. Ainoastaan näiden virtausten yleissuunta on merkitty.

Liike on nouseva pitkin elektrodeja. Kuumentunut lasiaine myötäilee sitten sulatekylvyn ja sen päällä kelluvan kerroksen 28 välistä pintaa ja laskeutuu sitten takaisin joko seinämiä pitkin tai uunin keskivyoähykkeessä.

Tätä pääliikettä seuraa enemmän tai vähemmän voimakkaita mukana tulleita sivuliikkeitä. Esimerkinomaisesti nuolet I osoittavat näiden induktiovirtausten suuntaa nousevien virtausten lähellä.

Elektrodien tyvi on suojattu eroosiolta erityisen kestävää tulenkestävää ainetta olevilla jalustoilla 30.

Seuraava suoritusesimerkki koskee eristyskuitujen valmistukseen tarkoitettun lasin sähkösulatusuunia. Tähän tarkoitukseen valmistettu lasi ei vaadi kovin pitkälle vietyä kir-

kastamista. Tämän tyyppisessä sovellutuksessa uunista tuleva lasiaine ohjataan suoraan kuidutuslaitteisiin.

Tämän tyyppiseen sovellutukseen käytetään lasiaineita, joiden koostumus painoprosentteina on tavallisesti seuraavanlainen:

SiO ₂	60 - 67	CaO	6 - 9
Al ₂ O ₃	3 - 5	MgO	0 - 4
Na ₂ + K ₂ O	16 - 20	B ₂ O ₃	0 - 5.

Koostumukset voivat sisältää myös erilaisia määriä MnO:a, BaO:a ja vähäisiä määriä eri alkuaineita. Ne voivat sisältää myös fluoria suhteellisina määrinä, jotka eivät ylitä tavallisesti 4 %:a.

Fluorin tehtävänä on, kuten tunnettua, helpottaa lasiintuvien aineiden sulamista. Päinvastoin kuin tavanomaisissa lieskauuneissa fluorin läsnäolo sähköuuneissa ei aiheuta ilmakehänsaastumisongelmia, koska näiden uunien kaasupäästöissä on siitä hyvin pieniä määriä.

Näiden lasikoostumusten valmistukseen käytetään raaka-ainepanosta, joka koostuu hiekasta, maasälvästä, booraksista, natriumkarbonaatista, dolomiitista, kalkkikivestä ja fluorisälvästä.

Panos syötetään erittäin hyvin sekoitettuna. Panos on mahdollisesti etukäteen kalsinoitu sen sisältämän veden poistamiseksi.

Sulattaminen suoritetaan kuviossa 5 esitettyä tyyppiä olevassa uunissa.

Uunin pohjan pinta-ala on 48 m² (6 x 8). Kylvyn syvyys voi vaihdella käyttöolosuhteista riippuen. Se voi olla enintään 1,6 m ja aleta elektrodien pituuden huomioonottaen 1,10 m:iin.

Molybdeenielektrodien läpimitta on 70 mm. Ne ovat kosketuksessa kylpyyn noin 800 mm:n pituudelta. Tätä pituutta voidaan muutella tarpeiden mukaan 200 mm:stä ylöspäin tai alaspäin.

Liitäntäteho käytettävissä olevaan verkkoon on noin 11000 kVA. Muuntajissa ja kytkennöissä syntyvät hävikit pienentävät hyötytehon noin 10500 kVA:iin. Kunkin vaiheen jännitettä voidaan säädellä ja se voi olla enintään 200 V.

Tästä käytettävissä olevasta tehosta riippuen uunin tuotantokapasiteetti asettuu enintään noin 220 tonniin vuorokaudessa eli noin 4,5 tonniin/m² vuorokaudessa.

Kaikkein suurinta tuotantokapasiteettia varten sulan lasimassan lämpötila uunin ulosotossa asettuu noin 1450°C:een ja ominaiskulutus on noin 850 kWh tuotettua lasitonnia kohti.

Uuni voi toimia vaikeuksitta myös hidastettuna, jolloin tuotanto on noin 1 tonni/m² vuorokaudessa tai vähemmän.

50 tonnin vuorokausituotannossa lasin lämpötila uunin ulosotossa on enää vain 1250°C. Energiankulutus on tällöin noin 950 kWh tonnilta.

Kysymyksessä oleviin kulutusarvoihin päästään edellä mainitulla koostumuksella, johon on lisätty 10 % lasimursketta.

Tällaiset tulokset ovat merkittäviä ensiksikin vähäisen ominaiskulutustason ja alhaisen työskentelylämpötilan vuoksi, kun otetaan huomioon sulatetut määrät. Tällaisella uunilla saatu energiansäästö samanlaisiin aikaisempiin uuneihin verrattuna (tuotantomäärän ollessa sama) on yli 6 % riippumatta siitä, millainen käyttönopeus on kysymyksessä.

Lisäksi keksinnön mukainen uuni voidaan panna toimimaan paljon hitaammin kuin mikä on mahdollista samanlaisissa tunnetuissa uuneissa.

Nämä parannukset johtuvat, kuten olemme nähneet, tämän uunin erityisrakenteesta. Erityisesti elektrodien välinen etäisyys on 1,9 m, mikä vastaa suhdetta:

$$nd^2/S = 12 (1,9)^2 / 48 = 0,9.$$

Toinen keksinnön mukaisten uunien etu liittyy siihen seikkaan, että tuotannon ollessa sama, mutta työskentelylämpötilan alhaisempi tulenkestävien osien ja elektrodien eroosio supistuu varsin tuntuvasti. Uunin käyttöikä, joka on erittäin tärkeä parametri, on siis erityisen edullinen keksinnön mukaisessa tapauksessa.

Patenttivaatimukset

1. Sähkösulatusuuni lasiintuvaa panosta varten, jossa uunissa sulatusenergia hajoaa Joulen ilmiön avulla sulaan massaan ja jossa on elektrodeja (25, 26), jotka on sovitettu pystysuoraan suuntaan uunin pohjalle ja joihin syötetään kolmivaihevirtaa, **tunnettu** siitä, että elektrodit on jaettu tasaisesti yli koko pohjan pinta-alan ainakin yhdeksi säännölliseksi kokonaisuudeksi, joka käsittää kaksi kolmen elektrodin riviä (12, 13; 20, 21; 21, 22; 23, 24), joissa elektrodit ovat saman välimatkan päässä toisistaan, että jokaiseen elektrodiin (14, 15, 16, 17, 18, 19; R, S, T) syötetään josta-kin kolmesta vaiheesta R, S, ja T, elektrodien vaiheiden järjestyksen ollessa näissä kahdessa rivissä käänteisiä (R, S, T ja T, S, R), jolloin kaksi keskimmäistä elektrodia (14, 15) ovat samanvaiheisia ja laitimaiset elektrodit (16, 17 ja 18, 19) ovat erivaiheisia ja että saman rivin kahden elektrodin välinen etäisyys on jokseenkin sama kuin kahden rivin välinen etäisyys.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen uuni, **tunnettu** siitä, että elektrodeja on parillinen lukumäärä kolmen elektrodin rivejä, jotka muodostavat säännöllisiä kokonaisuuksia (R, S, T; T, S, R), jotka on sijoiteltu siten, että kahden lähekkäisen kokonaisuuden kahden vierekkäisen rivin (23, 24) elektrodit ovat samassa järjestyksessä (R, S, T; R, S, T).

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen uuni, **tunnettu** siitä, että kahden vierekkäisen säännöllisen kokonaisuuden kahden rivin välinen etäisyys on yhtä suuri kuin saman kokonaisuuden rivien välinen etäisyys.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen uuni, **tunnettu** siitä, että siinä on kolme riviä (20, 21, 22) elektrodeja ja että vierekkäisten rivien elektrodien vaiheiden järjestys on R, S, T; T, S, R; R, S, T.

5. Jonkin patenttivaatimuksista 1-4 mukainen uuni, **tunnettu** siitä, että siinä on rivejä, jotka käsittävät useita kolmen elektrodin sarjoja (A, B), jolloin elektrodien vaiheiden järjestys muuttuu päinvastaiseksi jokaisen kolmen elektrodin sarjan kohdalla (R, S, T; T, S, R; R, S, T; jne.).
6. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen uuni, **tunnettu** siitä, että kun elektrodit on jaettu tasaisesti yli koko pohjan pinta-alan S ja sähkövirtaa vaihtavien elektrodien välisen lyhyimmän etäisyyden ollessa d , niin suhde nd^2/S on 0,4-1,4, jolloin n on elektrodien (tai elektrodiryhmien) lukumäärä.
7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen uuni, **tunnettu** siitä, että suhde nd^2/S on 0,6-1,25.
8. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen uuni, **tunnettu** siitä, että minimituotantomäärä hidastetulla käynnillä on pienempi kuin kuudesosa maksimituotantomäärästä.
9. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen uuni, **tunnettu** siitä, että elektrodit on korvattu samanlaisten sylinterin muotoisten elektrodien ryhmillä, jolloin saman ryhmän vierekkäisten elektrodien akselinväli on vähintään kaksi kertaa elektrodin läpimitta ja korkeintaan kahdeksan kertaa tämä läpimitta.

Patentkrav

1. Elektrisk smältugn för en i glasform övergående charge, i vilken ugn smältningsenergi avledes genom Joules effekt in i den smälta massan och vilken innehåller elektroder (25, 26), som anordnats vertikalt riktade på ugnsbotten och som matas med trefasströmmen, **kännetecknad** av att elektroderna är likformigt fördelade över bottenhela area till åtminstone en regelbunden enhet, som omfattar två rader (12, 13; 20, 21; 21, 22; 23, 24) om tre elektroder, där elektroderna har

samma avstånd till varandra, att varje elektrod matas med en av de tre faser R, S och T, med omvänd ordningsföljd (R, S, T och T, S, R) av elektrodernas faser i dessa två rader varvid de två mellersta elektroderna (14, 15) är i samma fas och de yttersta elektroderna (16, 17 och 18, 19) är i olik fas och att avståndet mellan två elektroder i samma rad är någorlunda detsamma som avståndet mellan två rader.

2. Ugn enligt patentkravet 1, **kännetecknad** av att elektroderna har jämnt antal rader av tre elektroder, vilka bildar regelbundna enheter (R, S, T; T, S, R), som är placerade så, att elektroderna i de två bredvid varandra befintliga raderna (23, 24) av två närbelägna enheter har samma ordningsföljd (R, S, T; R, S, T).

3. Ugn enligt patentkravet 2, **kännetecknad** av att avståndet mellan två rader i två bredvid varandra befintliga regelbundna enheter är lika stort som avståndet mellan två rader inom en samma enhet.

4. Ugn enligt patentkravet 1, **kännetecknad** av att den innehåller tre rader (20, 21, 22) elektroder och att fasernas ordningsföljd för elektroder i bredvid varandra befintliga rader är R, S, T; T, S, R; R, S, T.

5. Ugn enligt något av patentkraven 1 till 4, **kännetecknad** av att den innehåller rader, som omfattar flera satser (A, B) om tre elektroder, varvid ordningsföljden av elektrodernas faser förändras till motsatt invid varje sats om tre elektroder (R, S, T; T, S, R; R, S; T; osv.).

6. Ugn enligt något av de föregående patentkraven, **kännetecknad** av att när elektroderna är likformigt fördelade över bottenens hela area S och det kortaste avståndet mellan de elströmsutbytande elektroderna är d , så är proportionen nd^2/S lika 0,4-1,4, varvid n är antalet elektroderna (eller elektrodgrupperna).

7. Ugn enligt patentkravet 6, **kännetecknad** av att proportionen nd^2/S är lika 0,6-1,25.

8. Ugn enligt något av de föregående patentkraven, **kännetecknad** av att minimiproduktion under minskat arbetsgång är mindre än en sjättedel av maximiproduktionen.

9. Ugn enligt något av de föregående patentkraven, **kännetecknad** av att elektroderna har ersatts med grupper av samma slags cylinderformiga elektroder, varvid axelavståndet av de bredvid varandra befintliga elektroderna i samma elektrodgrupp är minst lika två gånger elektroddiametern och högst åtta gånger denna diameter.

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

—

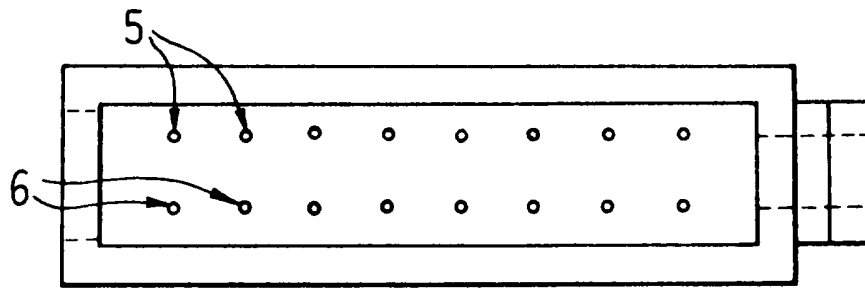


FIG. 1a

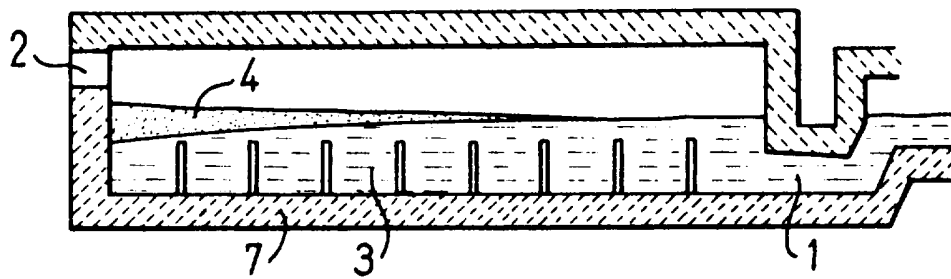


FIG. 1b

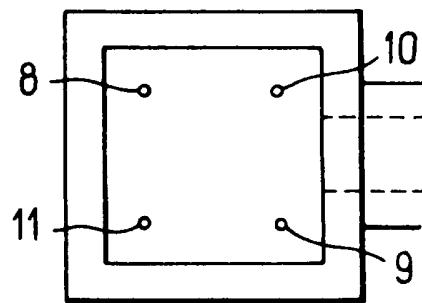


FIG. 2

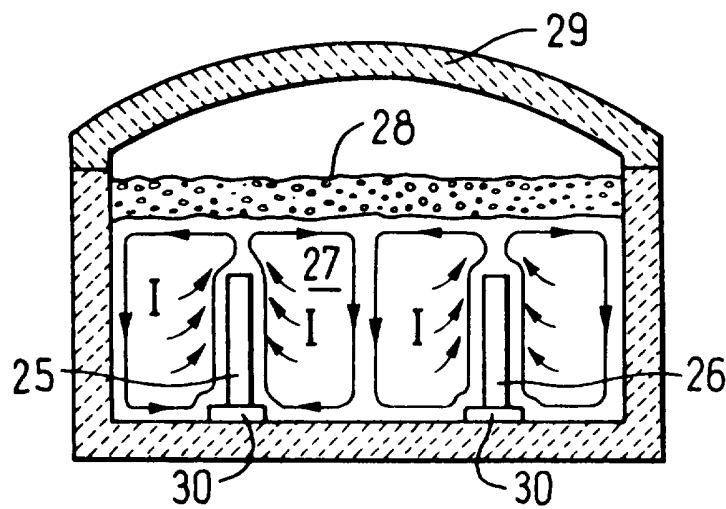
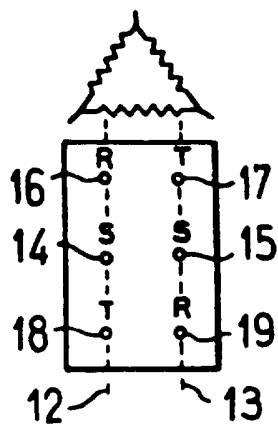
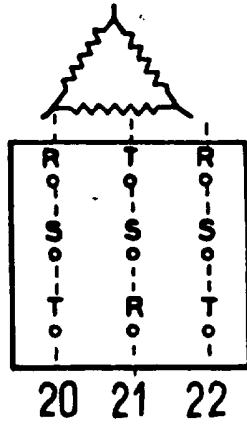
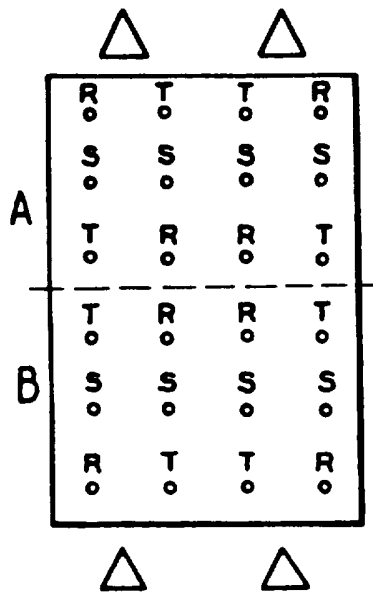
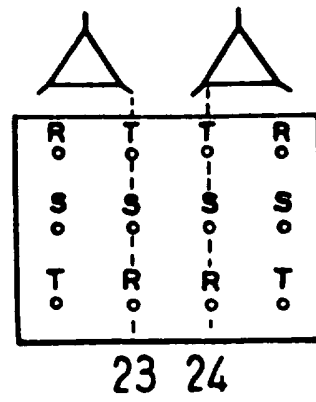
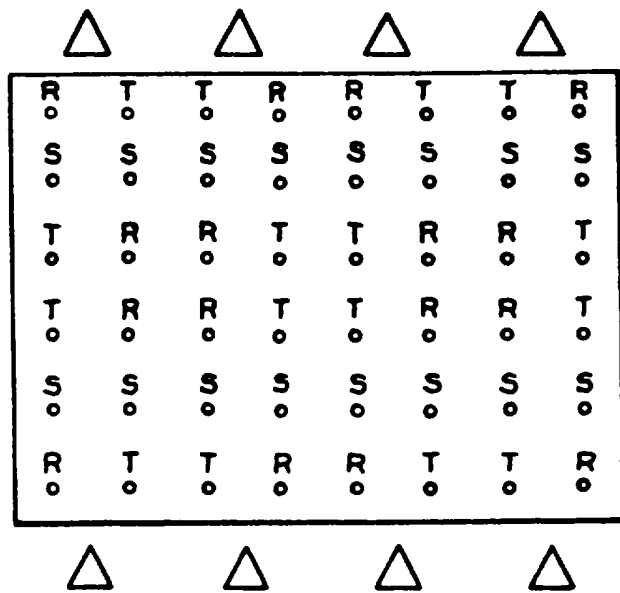
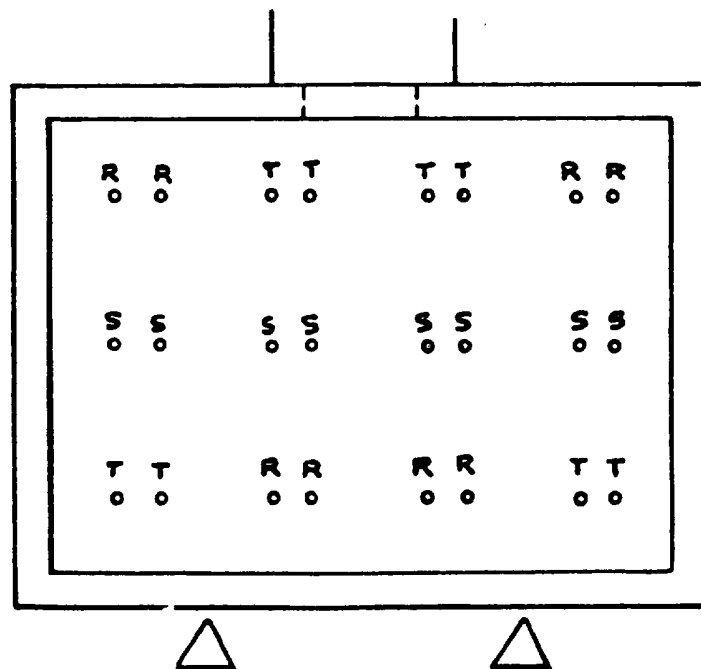


FIG. 4

FIG. 3aFIG. 3bFIG. 3cFIG. 3dFIG. 3eFIG. 5