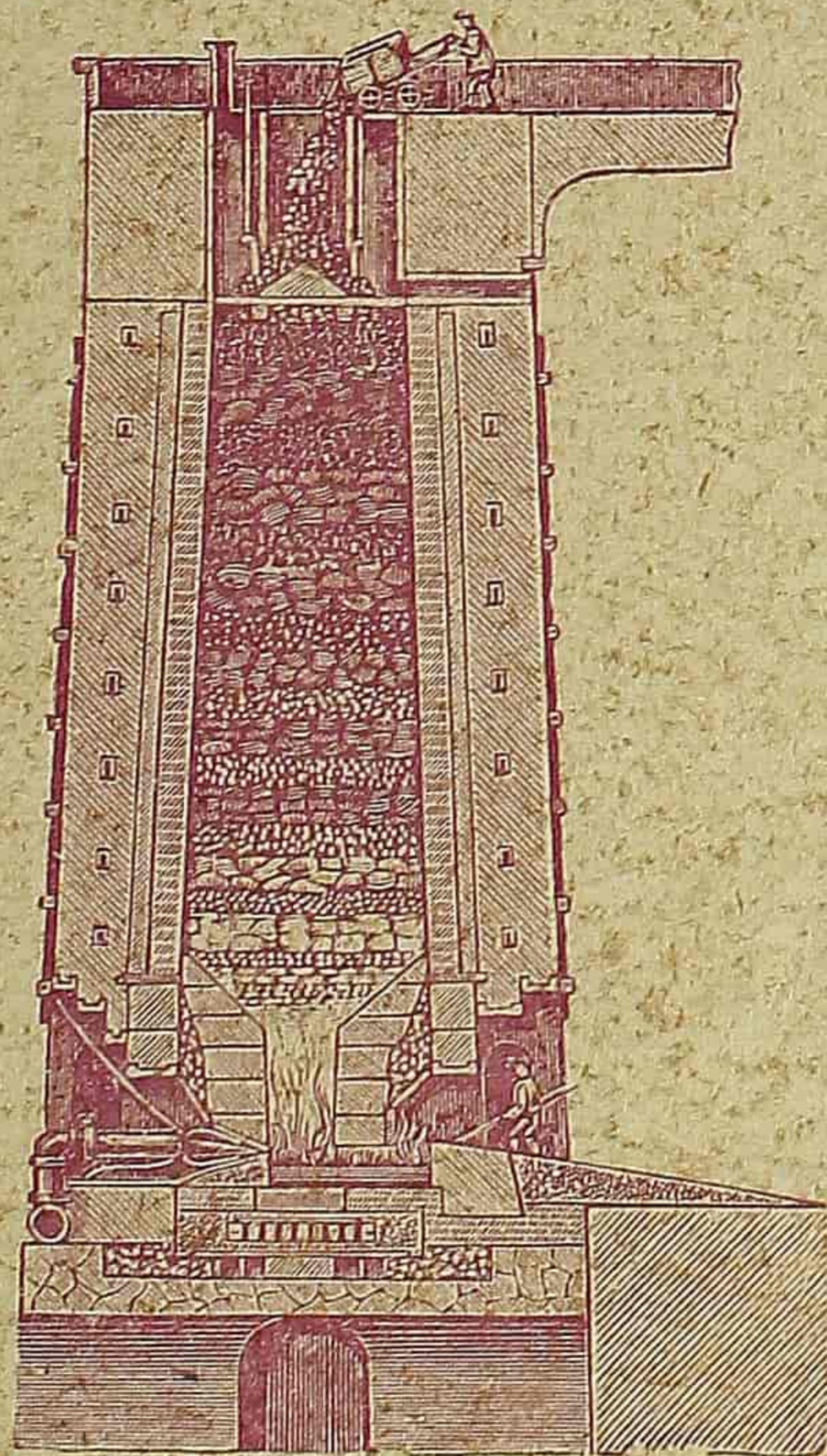


Т. б. б
183

ПЕТАР Т. ПОПОВИЋ
ГВОЖЂАРСКИ ТРГОВАЦ

ГВОЖЂЕ



1927

ШТАМПАРИЈА „ПРИВРЕДНИ ПРЕГЛЕД“, БЕОГРАД.

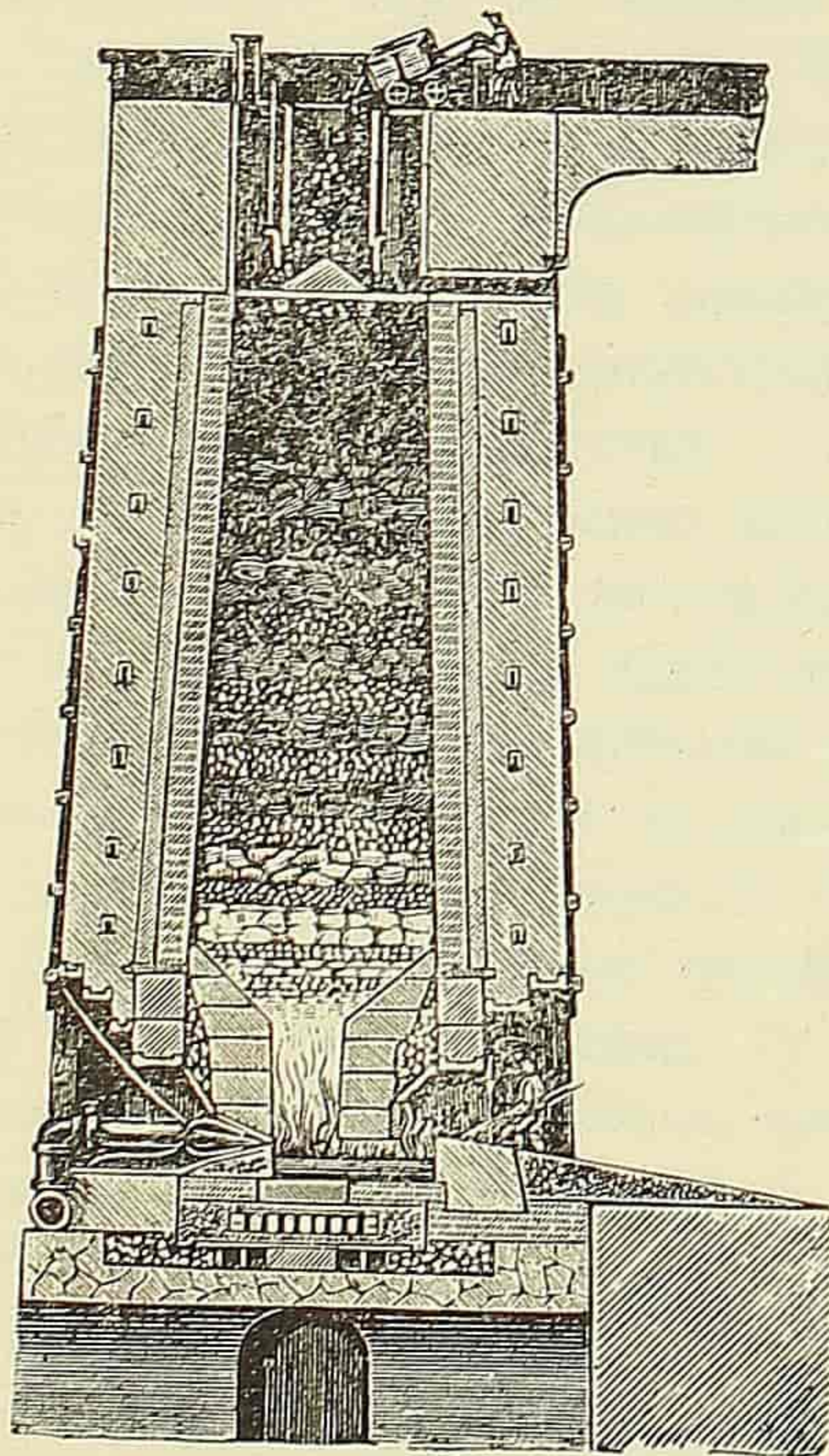
Д. В. 6
183

ID = 2500 87692

УНИВ. БИБЛИОТЕКА
И. Бр. 45196

ПЕТАР Т. ПОПОВИЋ
ГВОЖЂАРСКИ ТРГОВАЦ

ГВОЖЂЕ



1927

ШТАМПАРИЈА „ПРИВРЕДНИ ПРЕГЛЕД“, БЕОГРАД.

ПРЕДГОВОР

Пре него што сам се одлучио да напишем ову скромну књигу, наметала ми се мисао да преведем какво слично дело. Неоспорно да би такав посао био колико лакши, толико и бољи с обзиром на вредност дела, које би свакако било каквог познатог стручњака. Ма да би књига о гвожђу била истовремено прва стручна књига те врсте код нас, ипак сам се подухватио смелости да напишем оригинално дело. Подухватио сам се због тога што је, налазим, потребно већ имати домаћу књигу с обзиром на напредну и већ знатну домаћу индустрију гвожђа и гвожђарије и одговарајуће трговине и занатства.

Гоњен жељом да тој потреби колико је могуће удовољим, ја сам се старао да пронађем и искористим све домаће изворе. На жалост ти су извори веома мали. Сама домаћа литература о гвожђу је незнатна, несређена и разбацана по неким технологијама и стручним часописима, али ни сва сакупљена не би могла да изнаша једно дело. То је најзад и објашњиво и разумљиво. Србија није имала индустрију гвожђа, па јој одговарајућа литература није ни била потребна. Ту индустрију имају нови крајеви Словеначка, Босна и Хрватска, али како је она под старом монархијом била готово искључиво у рукама ненационалним, махом немачким, то се ни потреба за одговарајућом стручном литературом на нашем језику није наметала.

Примораван неоспорном потребом да употребим домаће речи место страних, које код нас нарочито царују у области ове технике, ја сам био принуђен да чиним и смеле покушаје. Био сам слободан да неке изразе у недостатку домаћих, сам стварам, верујући да су они логички и леви. Нарочито сам се том приликом руководио, да они буду и прости. Наравно да сам се морао старати да утврдим да дотични домаћи израз не постоји, обраћајући се зато како меродавнима тако и појединцима из народа.

Од стране литературе користио сам се искључиво немачком. Она је најзад толико обилна, да није ни најмање потребно латати се друге.

Ради овога дела био сам принуђен обилазити многа, како страна тако и домаћа предузећа, при чему сам увек наилазио на предусретљивост Управа. Ја им овом приликом изјављујем своју захвалност за то.

Маја 1927. г.

Београд.

Петар Т. Поповић
гвожђарски трговац

ГВОЖЂЕ И ЊЕГОВО ДОБИЈАЊЕ.

Гвожђе или жељезо.

Грчки: ΣΗΔΕΡΟ.

Латински: FERRUM.

Немачки: DAS EISEN.

Енглески: IRON.

Француски: LE FER.

Гвожђе које употребљавамо у свакодневном животу у најразличнијим облицима није чисто, већ је по своје хемијском саставу легура¹⁾ са елементима металног или неметалног рода. Од метала који се са гвожђем легирају су: манган, бакар, никал, хром, волфран, ванадин, молибден и др. Од неметала су: угљеник, силицијум, фосфор, сумпор, арсен и др. Неки од ових елемената дошли су у гвожђе против наше жеље као саставни део руде из које се оно добило, или из горива, које смо употребљавали за топљење руде (угљеник, манган, бакар, фосфор, сумпор, арсен и др.), а друге смо сами додали гвожђу, да би га добили потребне каквоће (угљеник, хром, волфран, никал, ванадин и др.). Док већина других метала, нарочито племенити, имају већу вредност у колико су чистији, код гвожђа је махом обратно. Елементарно, хемијски чисто гвожђе због своје мекоће и лаког савајања (слично олову или калају) нема никакву техничку примену, осим у галванопластици. Оно се веома тешко добија и тешко топи и евентуална техничка примена не би била рентабилна.

Од свију састојака који се са гвожђем легирају, највећу важност има угљеник. Њега у гвожђу може да има обично 0⁰⁵ до 5% и према његовој количини разликујемо у пракси три врсте гвожђа: *сирово, ковно гвожђе и челик*. Међутим веома је

¹⁾ Од италијанске речи *lega* = једињење.

тешко разликовати, одвојити ковно гвожђе од челика или сирово од ковног. Границе се не могу тачно да одреде, јер једно у друго улази без одређеног прелаза, те све зависи од схватања онога што гвожђе употребљава. Док је на пр. једна врста ковног гвожђа за једнога челик, дотле је за другога тврђе гвожђе. За онога што израђује сечива бесемеров челик је обично меко гвожђе, док је оно челик за онога, што израђује гвоздене конструкције. Докле се на пр. у једној земљи гвожђе са 0⁷% угљеника сматра за челик, дотле тај проценат угљеника у другој земљи треба да буде већи, да би гвожђе било челик. Услед тога се ова подела на челик и гвожђе не сматра правилном, већ узима она према методама, по којима се ковно гвожђе добија. Према томе имамо: *варено и отакано ковно гвожђе*, управо варени и отакани челик. (Schweisseisen — Schweistahl, Flusseisen — Flusstahl)

Дакле легирањем са поменутиим елементима добија се гвожђе потребно за одређену употребу. Осим жељене нетопљивости тиме се постиже потребна: *тврдоћа, растегљивост, еластичност*. Магнетична и електрична својства могу ови елементи такође да измене. Али главно хемијско и физичко својство техничком гвожђу даје угљеник, по коме се гвожђе и класифицира.

Гвожђе са 2³—5% угљеника лако се лије и зове се *сирово гвожђе*. Са 0⁰⁵—1⁵% угљеника лако се кује и изове се *ковно гвожђе*. Међутим оно са 1⁵—2³% угљеника нити се добро лије, нити је ковно, те се и не употребљава.

Угљеник се налази у гвожђу или хемијски везан за њега, или слободан (механички везан). Када је угљеник у гвожђу слободан он се издваја као *графит* у кристалима, који се могу видети и слободним оком. Графит се ствара кад се гвожђе са великом количином угљеника источи из високе пећи и постепено охлади. Исто тако богато гвожђе у угљенику загрејано на високој температури ствара т. зв. *темперни угаљ*, који се издваја у облику тачкица, такође кристалне садржине. Хемијски везан угљеник не да се видети голим оком, али се под микроскопом може видети како је он везан за извесне делове гвожђа у којима се издваја као *цементит*, док су други делови гвожђа чисти (ферит).

Гвожђе нам пружа најразноврснија својства. Сва она у главном произлазе из количине угљеника, који се у њему налази. Док на пр. неко гвожђе може да буде толико растегљиво и меко, да се може и хладно исковати у најтање листиће, дотле друго може да буде толико тврдо, да се може прерађивати тек

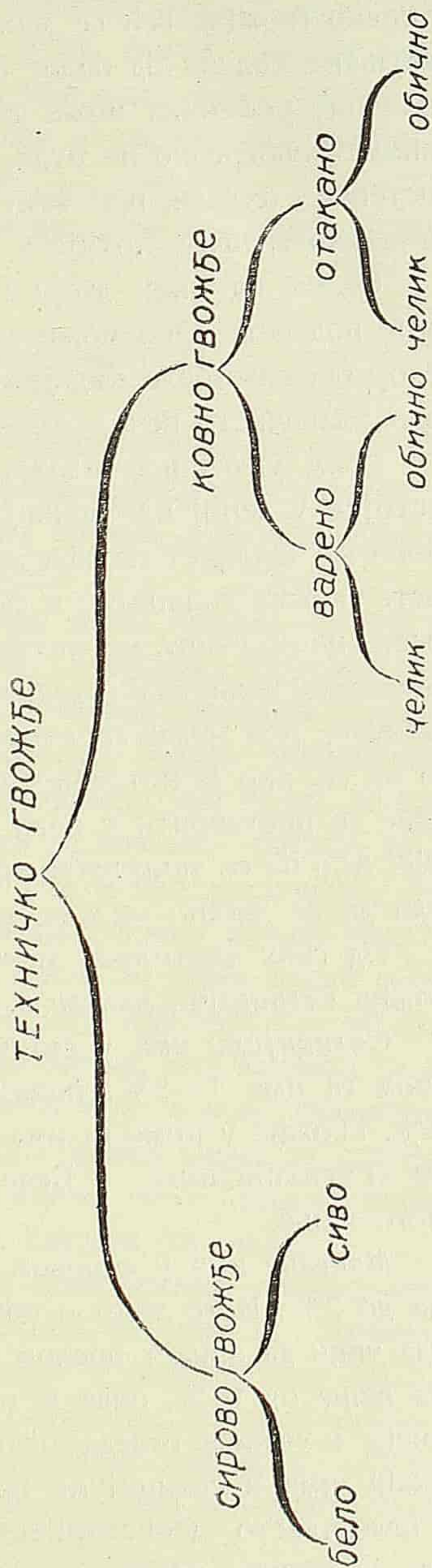
помоћу најтврђих алата. Једно се, дакле, може да кује најбоље, друго се не може да кује ни најмање. Једно се кује хладно, друго тек на жутом усијању, јер на црвеном прска. Извесно гвожђе показује затворено-сив зрнаст прелом, док друго има сребрнаст крупно-кристалан.

Према количини угљеника и начину на који је он за гвожђе везан, извршена је и класификација гвожђа. Ову је класификацију извела међународна комисија у Филадельфији 1876. г.

I. СИРОВО ГВОЖЂЕ.

Продукат је високе пећи, непосредан из руда. Садржи угљеника преко 1⁷%. Не да се ни на који начин нити ковати, нити ваљати, нити стискати (пресовати). Специфичне је тежине 6⁷—8⁸, средње 7²⁵. При топљењу прелази непосредно у течност стање. Према томе како се угљеник у гвожђу налази, да ли хемијски везан или у елементарном стању, разликујемо у главном две врсте сировог гвожђа: бело и сиво сирово гвожђе.

а) *Бело сирово гвожђе.* У њему је угљеник везан хемијски, или делом хемијски, а делом растурен механички. Специфичне је тежине 7—7⁸. Тачка топљења зависи од количине солицијума и мангана. Почиње да се топи у главном од 1100 С. Врло је тврдо, крто, сребрно-беле боје. Добија се када се гвожђе источено из високе пећи брзо охлади, при чему угљеник нема времена да се графитира, издвоји у кристале. Ово се гвожђе понајвише после прерађује у ковно.



б.) *Сиво сирово гвожђе*. У њему се угљеник налази у елементарном стању као графит. Специфичне тежине је 6^7 — 7^6 . Топи се на 1200—1250 С. Мекше је и жилавије од белог сировог гвожђе. Боје је отворено до затворено сиве. Ређе се прерађује у ковно гвожђе, већ се махом употребљава за ливење, јер боље испуњава калупе од белог сировог гвожђа. Крто је, а уз велику количину угљеника може да буде и трошно. Добија се у високим пећима непосредно из руда, када се оточено гвожђе остави да се постепено охлади, при чему се угљеник искристализира у листићима као графит, кртије и мање тврдоће.

Свака од ових двеју главних врста сировог гвожђа има и своје подврсте. Оно може да буде бело-сиво ако више превлађује бело, или сиво-бело кад је обратно; отворено бело сиво или сиво бело плавичасто бело, отворено бело, отворено сиво и т. д.

Осим угљеника садржи сирово гвожђе веома често и друге састојке у већој или мањој мери. Неки од ових састојака утичу добро на квалитет гвожђа као што су манган, титан, а за извесне врсте гвожђа силицијум и фосфор, док по правилу сумпор, бакар, арсен, цинк утичу на квалитет гвожђа неповољно. Претопљавањем се ови нечисти и шткодљиви састојци могу кадкад и да одстране потпуно, при чему се смањује и количина угљеника у гвожђу. Но он се, ако је потребно, лако може додати. Свако сиво гвожђе може се претворити у бело, ако се брзо охлади водом или друкчије. Ако би се тако забијено бело гвожђе поново стопило и оставило да се лагано охлади, пређе опет у првобитно сиво гвожђе.

Од свих састојака, осим угљеника, најчешћи су пратиоци гвожђа *силицијум, манган и фосфор*.

Силицијума има у сваком сировом гвожђу без изузетка. У сивом га има 1—5%, понајчешће 2% а може да пређе и свих 10%. Гвожђе у коме га има више од 10% назива се феросилицијум (*Ferrosilicium*). Бело сирово гвожђе има силицијума много мање.

Мангана има у сировом гвожђу готово увек. Сиво гвожђе га има до 2%. Исто тако и обично бело гвожђе. Чим пређе 2% онда чини да зрнаст прелом белог гвожђ пређе у зракаст. Ако га има више од 10%, онда је прелом раван, огледаласт, те се такво гвожђе и назива огледаласто (*Spiegeleisen*). Ако у таквом гвожђу има и силицијума преко 10% онда се оно назива силико-огледаласто (*Silicospillegeleisen*). Ако мангана има 25%, онда је гвожђе магнетно; међутим чим пређе тај проценат, маг-

нетно својство се изгуби. Одатле па све до 80% мангана, гвожђе се зове *фероманган* (Ferro-mangan). — *Фосфора* такође има готово увек у сировом гвожђу. Највише до 3%. *Сумпор* је врло непријатан гост и може га бити чисто у гвожђу. Има га врло мало, али много значи (сиво до 0.10%, бело 0.15%). *Бакар* долази врло често. Може га бити до 0.1%. *Арсена* има врло мало, али готово увек. Чешће у сивом (до 0%¹⁾). *Титана* и *хрома* има више у белом. У сивом се налази у траговима.

Опширније о сировом гвожђу биће кад буде реч о продуктима високе пећи.

II. КОВНО ГВОЖЂЕ.

Специфичне тежине је 7³³—7⁹¹. Садржи угљеника мање од 1.7%. Даје се ковати, заваривати, ваљати, истезати, стискати. У опште дају се из њега израђивати сви облици. Загревањем се претвара прво у тесто, затим у течност.

Подела ковног гвожђа врши се или према начину на ком се добија, или према његовом механичном својству. Постоје два основна начина, којима се добија ковно гвожђе: *варењем у кашастом стању* или *топљењем у течном стању*. Према механичком својству гвожђе је или *обично ковно гвожђе* или *челик*. Међутим ова подела није одређена и казати за извесно гвожђе да је челик веома је неодређено. Покушавало се чешће, нарочито у Немачкој да се одреди тачна граница између обичног ковног гвожђа и челика, али се у томе није никако могло да успе. Хтело се да утврди, да је челик свако ковно гвожђе, које има чврстоћу 50 кгр. на 1²мм, али се та мера није могла да одржи. Код Енглеца та се граница још теже могла да одреди. Исто тако и код Француза. Код ових се *le fer* употребљавао као општи израз за гвожђе, док се *le acier* употребљава за гвожђе ковно, па се каже да је оно тврдо, меко, *extra-тврдо*. То исто код Енглеца означава

На сувом ваздуху и у води, која нема додира са ваздухом, гвожђе се не мења. Међутим на влажном ваздуху и у обичној отвореној води оно рђа, управо прелази у гвожђа хидро-аксид, који се још брже ствара у присуству соли. При усијању образује се брзо на површини гвожђа извесно црно-сива крпа љуспа. (оксидулоксид), која је у толико дебља у колико је усијање више

¹⁾ О особинама сировог гвожђа биће речи на другом месту.

трајало, и које се брже ствара ако ваздух има слободан приступ гвожђу. При ковању ове љуспе²⁾ одскачу у виду варница. За овај губитак се каже да је гвожђе изгорело.

Обично меко ковно гвожђе садржи угљеника око 0⁵%, па и много мање. Кадкад и нимало. У овом случају су потребни други састојци, да би гвожђе било добро за употребу. Сви ови састојци могу се садржавати у ковном гвожђу у минималним количинама, осим мангана, кога може бити и свих 2%.

Према количини угљеника и других субстанца ковно гвожђе од обичне отворене сиве боје може да буде и бело-сребрнасте отворено-голубијасте, па чак и затворено-сиве. Угљеник, манган и сумпор дају гвожђу затворену боју, док фосфор и силицијум отворену. Правило је пак, да добро гвожђе буде отворене боје са слабим сјајем, или са јаким сјајем али затворене боје. Оно треба да се на црвеном усијању добро заварује и прерађује — кује, а на белом да се два парчета сједињују као восак.

Угљеник и остали састојци дају гвожђу и друге особине као чврстоћу, еластичност, тврдоћу, растегљивост, савитљивост и др.

Тврдоћа се може повећати и ковањем — сабијањем, ваљањем, а умањити, ако се запрејано гвожђе метне у хладну воду. Међутим ако у гвожђу има више угљеника, утапањем у хладну воду постизава се обрнут резултат (каљење). Ако се пак такво гвожђе поново загреје и пусти да се лагано охлади, добија се првобитна тврдоћа.

Варено гвожђе се топи на 1500—1600, а отакано на 1350 до 1450. Прво се, дакле, топи знатно теже. Као што напомену смо специфична тежина ковног гвожђа је 7.35—7.91. Варено је међутим мање специфичне тежине због извесне количине шљаке, коју у себи има, а која је од гвожђа лакша.

По развлачљивости добро гвожђе превазилазе само платина, злато и сребро, а у растегљивости превазилазе га калај, бакар и цинк.

Варено гвожђе, зато што се не добија при течном стању, никад није потпуно хомогено, већ има у себи мање или више згуре, што зависи од брижљивости при преради. Ова се згура делом истисне ковањем и другим прерађивањем.

Прелом. Као и сви метали и гвожђе је у чврстом стању кристално формирано. Кристали који припадају регуларном систему,

²⁾ Ковачина.

могу да буду издвојени у слободном простору, на пр. у једној рупи или мехуру у гвожђу. Они онда образују дивну творевину облика јеле. Међутим у хомогеном гвожђу кристали се не могу слободно да развију и када се такво парче преломи, на прелому се покажу зрнца Величина ових зрнаца зависи од хемијског састава гвожђа и начина, на који се оно добило. Ковно гвожђе са више угљеника т. ј. челик има фиња и ситнија зрнца, него гвожђе са мање угљеника. Слично утиче на финоћу зрнаца и манган, али у мањој мери. Фосфор изазива груба, крупна зрнца. Није тешко научити, да се по величини и сјају зрнаца познаје од прилике састав гвожђа, ако се само зна како се добило. Када се добро загрејан челик нагло охлади у води, добија прелом фино-зрнаст. Челик који садржи више угљеника, има после каљења тако фина зрнца, да се голим оком не дају видети. Лаганим пак хлађењем стварају се грубља зрнца. Ковањем и механичном прерадом у опште, зрнца се такође префињују.

Ковност. Гвожђе се на обичној температури ретко кује. То је тежи и спорији рад. Оно се кује обично кад се загреје. Гвожђе се кује док је вруће, како каже пословица. Загревање се врши данас највише угљем. Дрво се ређе употребљава, али дрвени угаљ врло радо. Загрејано на температури од 200—400° С. гвожђе показује плавичасту боју. На тој температури гвожђе ковати је врло опасно, јер много прска. У колико је гвожђе чистије, у толико се лакше кује. У колико је угљеника у њему више, у толико се теже кује. Са угљеником до 1²% може се донекле ковати, међутим ако га има 17%, није апсолутно ковно. Силицијум у већем проценту утиче на ковност исто тако као и угљеник. Манган утиче на ковност повољно кад га има до 1%. Међутим штетљив је чим га има више. Фосфор врло мало утиче на ковност, док сумпор утиче најгоре, јер гвожђе, у коме има сумпора, на црвеном усијању при ковању прска. Мало више у гвожђу мангана ову незгоду искључује. Међутим око мангана има мање него обично, онда сумпора не сме бити никако више од 0¹%. Ако у гвожђу има згуре, што нарочито бива у вареном, онда се при ковању показује склоност за цепање. (Под чекићем се одвајају и оцепљују парчад).

Гвожђе које се ломи, прска на црвеном усијању, има кончасту текстуру, затворену боју и слаб сјај; заварује се веома тешко. Међутим на белом усијању се кује лепо и у хладном стању је доста тврдо. Исто као и сумпор, и бакар чини да гвожђе прска на црвеном усијању.

Гвожђе које прска при ковању, кад је хладно има отворену, скоро белу боју, на прелому веома сјајна и љускава зрнца. Поред фосфора, ако га има преко пола од сто, антимон, арсен, цинк и хром такође чине гвожђе ломљивим при хладном ковању. На црвеном пак усијању ово се гвожђе лепо прерађује и изврсно заварује. Ако у гвожђу има силицијума преко 0³%, онда оно прска на свакој температури; не да се нипошто ковати. Гвожђе, које прска на црвеном усијању, при свакој температури показује врло малу чврстоћу, међутим тврдо је кад је хладно.

Да би се два парчета гвожђа могла да споје, потребно је да површине, које требају да се додирују, буду потпуно чисте, да не буду ни мало зарђале, нити да имају загоретина (ковачине). Да би се гвожђа добро спојила, она се на спојним површинама, када буду загрејана на потребној температури за заваривање, посипају финим песком или извесним прашком. Овај песак или прашак образује на високој температури са оксидом гвожђа лако топлјиву силикатну згуру, која се сабијањем исцеди, те се чисте површине споје.

Најбоље се заварује гвожђе, које осим врло мало мангала, нема никакав други састојак. У томе лежи и највећа вредност мангана и њега за ту сврху треба свака ливница гвожђа. Он осим тога чини гвожђе и тврђим. О овоме ће бити опширније; када буде реч о добијању ковног гвожђа Томасовом и Симен-Мартиновом методом.

У колико у гвожђу има више угљеника, у толико се теже заварује. Мекано ковно гвожђе се, дакле, лакше заварује од челика. Да би се гвожђе могло добро заваривати, не сме имати угљеника више од 0⁵%. Манган такође не сме да пређе 0⁵%, а силицијум ни толико (Највише 0²%). Сумпор и фосфор не утичу много на заваривање ако су у малој количини и ако су ту нарочито ради чврстоће гвожђа.

Тврдоћа. Чисто гвожђе је веома мекано. У колико оно више садржи споредних састојака, у толико је и тврђе. Код гвожђа се разликују две врсте тврдоћа: природна и вештачка. Природна тврдоћа је она, коју гвожђе има кад се лагано охлади, а вештачка је она, која се постизава хлађењем гвожђа у води, уљу и др. Челик по тврдоћи стоји између сировог и меканог ковног гвожђа. Исто место заузима и по тачци топљења. Он се, дакле, топи на нижој температури, те је према томе погоднији за ливење од мека-

ног гвожђа, а заварује се и кује лакше, у колико мање има угљеника. Међутим најдрагоценија особина челика је каљење, т. ј. повећавање његове тврдоће наглим прелажењем из усијаног у хладно стање. Том приликом оно добија и својства која нису пријатна: кртост и ломљивост, која су у толико већа, у колико је била већа разлика у температури и у колико се брже хладило.

Своју одговарајућу тврдоћу добија челик ако се загреје до одређене температуре и нагло охлади. Ретко је мајстор толико вешт, да ту температуру може да утврди од ока. У том случају може да се послужи и инструментом, који се зове пирометар. Ипак у пракси се ради махом друкчије. Овде се челик увек загреје више. Свагда се тврди, љути челици загреју мање од мекших. Први се загреју обично на усијању трешњеве или вишњеве боје, а други на црвеном. Овако загрејан челик нагло се замочи у воду и брзо извади, тако да се том приликом обично охлади само толико, колико је потребно да изгуби усијање. При даљем хлађењу на ваздуху веома лепо се види како челик мења боје. Чим се из воде извади има белу боју, која постепено прелази у плаву. Затим боје се мењају овим редом: бело, љубичасто, плавичасто, црвено, смеђе, затворено жуто и жуто. Све ове боје се изређају на температури од 350—200 С. При појави одређене боје, челик се убаци у воду поново и потпуно охлади. Тиме је калење завршено. Овако се кале обично челици простији. Практично је да се потпуно окаљени челик оплемени попуштањем. При првој радњи загрејани челик се потпуно охлади. Тиме он, наравно, добије своју крајњу тврдоћу, која обично не одговара својој правој вредности, јер услед крајње напетости настану извесне пукотине по површини челика. Осим тога он је прељут, крт. Да би се добила његова права тврдоћа, он се мора поново да загреје до одређене температуре, односно до одређене боје, па поново охладити у води. При овом загревању, односно попуштању, цементит се постепено ослобођава стеге, при чему и тврдоћа челика попушта. Ово омекшавање, односно попуштање заустави се потпуним хлађењем у води. При загревању боје се појављују обрнутим редом. Попуштање се врши на обичном жару или, да би се мењање боја боље пратило, на жуто или бело усијаној гвозденој плочи. Попуштање на плочи је чистији и прецизнији посао, па се финији предмети махом овде попуштају.

Ако је челик и пре калења био много тврд, онда се калење не врши у хладној води, јер би челик много испрскао. Такав челик

кали се у топлој води или у течностима, које спорије хладе (на пр. у уљу, сапуници, карболу и др.). Извесни челици кале се у песку, земљи, извесном лишћу, па и на обичном ваздуху. Челици који су пре каљења много меки, морају се при каљењу брже хладити. За то се може да узме обична вода, у којој има сумпорне киселине.

Специфична тежина челика је између 7^4 и 8, просечна 7^{75} . Каљен челик има мању специфичну тежину, јер се каљењем повећава запремина по дужини пола од сто, а кубно 1 и по од сто. Челик природне тврдоће има сивкасто-белу боју, а може да има и скоро белу. Међутим исти челик кад је каљен добије боју отворенију и сјајнију. Челик је по правилу ситнијег прелома у колико има више угљеника и у колико је више прерађиван. Каљен челик показује на прелому ситнија зрнца.

Челик је према другим субстанцама осетљивији од меканог гвожђа. Потребна је само најмања количина фосфора, па да буде тврђи и кртији. Заједница са манганом и силицијумом даје му, као и угљеник, већу тврдоћу, али само кад је ових у мањој мери.

Стврдњавање челика бива на овај начин. Гвожђе је везано са угљеником у сразмери 3:1, т. ј. 3 атома гвожђа, а један атом угљеника ($Fe_3 O$). Под микроскопом се на челику могу приметити два саставна дела: Чисто гвожђе које се зове *ферит* и једињење гвожђа и угља, које се назива *гвожђа-карбид* или *цементит*. Остали елементи ако их има, дајвећим делом су се растурили у фериту или цементиту и не виде се. Изузетак чини само сумпор ако је у већој количини, који се овде појављује између кристала гвожђа, те тиме спречава спајање ферита и цементита, услед чега се такав челик лако ломи, прска (није хомоген). Али и цементит почиње да се на температури изнад 700 C. растура по челику. Ово се растурање врши при чврстом стању, те се и назива чврсто растурање. Тако растурен угљеник назива се *очвршћавајући*. При хлађењу угљеник се поново издвоји, онај исти што се при усјавању растурио. Али ако се хлађење врши нагло, онда цементит нема времена да се издвоји, те остане у гвожђу растворен. Лако је увидети да ово у неку руку на силу издвајање има за последицу молекуларну затегнутост, која се манифестује у веома повећаној тврдоћи и чврстоћи челика. Извесне материје, које се додају гвожђу, омогућавају његову тврдоћу у великој мери, пошто се растворе у фериту или цементиту. (Хром, Волфран и др.). Они притом утичу на толико споро подвајање цементита, да је до-

вољно и хлађење на обичном ваздуху, да би се спречило његово издвајање.

Чврстоћа. Од физичких својстава ковног гвожђа за праксу чврстоћа је можда најважнија. *Ломљивост* означава меру, до које се једна шипка гвожђа дебела 1 мм² неће да изломи. Поред ломљивости и отпорности при кидању постоје и мере: *еластичност* и *растегљивост*.

Чврстоћа гвожђа се уопште пење, у колико више има других састојака. Наравно до извесне мере. Хемијски чисто гвожђе је изванредно меко и веома растегљиво. На чврстоћу гвожђа највише утиче угљеник и она расте све до 1 од сто. Међутим у колико расте тврдоћа, у толико опада растегљивост. Манган такође уиче на чврстоћу гвожђа као и угљеник, али не у толикој мери. Силициум, у колико га сме да има, веома мало увећава чврстоћу. Сумпор утиче веома штетно на чврстоћу, јер чини гвожђе ломним кад је хладно. Фосфор очвршћава гвожђе, али га чини кртим. Довољна је само која десетина од грама, па да гвожђе под ударом чекића прска као камен. Сумпор даје гвожђу чврстоћу врло мало, али га чини веома кртим на црвеном усијању, управо кад треба ради ковања да буде растегљиво. Према томе сумпора у гвожђу сме да буде највише до 0¹⁰%. Напоменули смо већ да метали: никал, хром, волфрам, ванадин, молибден веома много повећавају чврстоћу гвожђа, те се употребљавају за израду челика специјалне и племените врсте.

Ковање, каљење, пресовање, ваљање такође утичу на чврстоћу као и на тврдоћу. Оне зависе и од начина, на који је гвожђе добијено. На пр. течно гвожђе је и чвршће и жилавије, него варено истог хемијског састава.

За извесну потребу од велике је важности електрично и магнетично својство гвожђа, као на пр. за грађење динамомашина, електро-мотора, за телефонску жицу и апарате и т. д. Гвожђе прима магнет врло лако. Прима га више и задржава га дуже, у колико има више угљеника. То дејство у великој мери потенцира присуство хрома, волфраме и кобалта. Међутим ако у гвожђу, односно челику, има силицијума, онда они врло брзо примају и испуштају магнетизам, те су веома погодни за електричне машине и трансформаторе. Гвожђе је такође добар електрични спроводник, али не тако добар као на пр. бакар.

ИЗ ИСТОРИЈЕ.

Може се најслободније рећи, да је историја гвожђа исто што и историја човечанства, а културе у опште нарочито. Знамо да је човек пре гвожђа употребљавао камен и за доказ да је та епоха била веома дуга, служе нам разлике у савршености израде предмета од камена, које смо нашли. Међутим ништа не знамо из историје тога доба, у коме су људске заједнице биле породице или малене групе. Тек употребом гвожђа људске заједнице се развијале у веће групе, у племена, па најзад у државе. А тек у већој заједници човек је могао да се културно уздиже, да ствара више вредности, да створи историју. Јер историја и јесте живот заједнице а не јединке и кад се говори о историји јединке посебно, значи говори се о њеном животу у заједници, без које она не би могла да ствара историју у оном смислу, у коме се она данас с једне стране погрешно схвата.

Од колике је важности данас гвожђе по живот човека и његове заједнице — друштва, државе —, није потребно нарочито доказивати. С правом се може рећи, да се данас без гвожђа не би могла да замисли наша егзистенција. Никада човек у овој мери није био везан за гвожђе као данас, те се данашњи век и назива гвоздени век. Ма да је потрошња гвожђа данас огромна, и ма да се већ помишља на његово нестајање, ипак се веома тешко може да замисли будућност, у којој би употреба гвожђа била сведена на много мању меру, а камо ли престала. Угљу, који данас уз гвожђе има највећу примену, већ се донекле дашла замена и већ се без много бојазни мисли на будућност, у којој би га услед његове несташнице могла да замене друга средства за производњу енергије. Међутим ако би се баш и могла да замисли будућност без гвожђа, за сада себар није могла да замисли култура без гвожђа. Крајна фантазија бар замишља гвоздена магнетна поља за стварање енергије.

Данас се не може да замисли један јачи привредни живот и један већи културни полет, ако се у гвожђу оскудева. Земље које данас имају највише гвожђа, управо које га највише добијају и троше, имају највећу индустрију и највећу културу. (Енглеска, Америка, Немачка, Француска).

Говорећи о историји гвожђа ми ћемо се морати мало дотаћи и историје других метала, бакра, цинка, злата и др., у колико је потребно да се историја гвожђа боље објасни.

Свакако да је пре гвожђа човек морао од метала прво пронаћи злато, јер га је оно прво својим сјајем морало привући. При том добијање злата није скопчано са топљењем и дугим техничким радњама као код гвожђа, јер је оно упрскано у зрнцима, љусницама или влакнима у камену или песку, хемијски потпуно чисто. Међутим злато није човеку могло услед своје мекоће да пружи она средства, која су му била потребна за одбрану од дивљих животиња, са којима је морао да води борбу, нити да од њега прави оруђа, која су му потребна за живот. Оно је увек остало као украс и као замена вредности. Човеку је био потребан један тврђи метал и он га је нашао у гвожђу. На који је начин човек дошао до гвожђа, постоје различита тумачења, од којих су два највероватнија. Једно је као и оно, како су Феничани дошли до стакла. Човек је на једном месту био запалио велику ватру, па је после приметио испод пепела неку стопљену сиву металну масу, која се могла ковати. Значи да је ватра горела на гвозденој руди, која је била лако топљива. Међутим како је за топљење гвоздене руде потребна температура, која се на горњи начин свакако не да постићи, ако се за гориво употреби обично дрво, сем ако човек и онда није употребљавао дрвени угаљ, што свакако није било тешко изумети, онда ће друго тумачење бити још вероватније: да је човек прво упознао гвожђе из метеора, које кад-кад може да буде без мало чисто. Ово тумачење увелико учвршћује чињеница, да и данас извесни некултурни народи кују своја оруђа искључиво од овог гвожђа.

Прелаз из каменог доба у доба метално свакако није могао бити брз. Још дуго су људи, и ако су већ били знали за гвожђе, употребљавали камење, што нам сведоче многе ископине, у којима су поред оруђа од камена нађени и предмети од метала (бронзе).

По томе што се поред камених оруђа из прастарог доба нису налазили предмети од гвожђа, већ готово искључиво од бронзе,

да се закључити, да су свуда пре гвожђа знали за бронзу и да је после каменог доба настало доба бронзе. Међутим ова наука нема данас много присталица и остаје посве сигурно, да је човек пре бронзе употребљавао гвожђе. Ово ћемо мало после покушати да докажемо.

Не треба, међутим, мислити да су сви људи на свету били на истом ступњу културе у исто време. На пр. стари Египћани, Асирци и др. су се већ служили гвожђем, кад је код других народа, нарочито у сев. Европи, био још у употреби камен. И данас се у Африци налази на дивља племена, која не знају за гвожђе.

Један од најјачих аргумената за побијање тврдње, да је гвоздено доба настало после каменог а пре бронзаног, то су ископине у сев. Европи. Када се зна да је сев. Европа из каменог доба изашла више хиљада година доцније од народа источне Азије и сев. Африке и када се у тим ископинама налазили веома ретко предмети од гвожђа, већ махом од бронзе, онда је лака претпоставка, да је гвоздено доба настало после бронзаног. Међутим како су народи севера били потпуно варвари према народима југа и истока, то је посве лако закључити, да су они ову бронзу радије куповали ради њене веће вредности и лепоте, него гвожђе. То доказује и факат, да су се поред камених предмета налазили бронзани тако лепо израђени и уметнички украшени, да је један овако нагао прелазак из каменог доба у бронзано за ове народе немогућ. Да су извесна племена знала за гвожђе пре бронзе, доказују и прастаре топионице гвожђа код Св. Галена у Јури, где су пронађени чекићи, ашови, и слични алати од камена, којима су свакако људи разбијали гвоздену руду. Слична су открића учињена и у Аустрији. Најзад ничим се онако лепо ишарани бронзани предмети нађени поред камених нису могли да израде, него неким тврђим и оштријим од бронзе, а то је могло да буде само гвожђе. Међутим тврдња, да су стари знали да отврду бакар, апсолутно је неоснована.

Чињеница, да је нађено веома мало гвоздених предмета из прастарог доба, може се да објасни тиме, што се гвожђе брже оксидише, распада, нарочито у влажној земљи и што су стари народи, који су били веома религиозни, у своје гробнице остављали предмете лепше и луксузније, предмете од бронзе, а не од гвожђа. Ипак су се у старим гробницама у предњој Индији, земљи у којој се гвожђе свакако знало пре него у Европи, налазили гвоздени предмети. Ако се и у песмама најстаријих песника није

помињало гвожђе, то не значи да га није било; то значи да ни онда није било згодно за поезију, као што је згодно на пр. злато или бронза.

Најбитнији основ против предпоставке, да је бронзана култура старија од гвоздене, јесте у металургијској чињеници. Апсолутно се не може усвојити, да су стари могли знати за један тако тежак процес, којим се добија бакар, зре него што су знали да добијају гвожђе, које се лакше топи и чија се руда налази скоро свуда, док се бакарна налази много мање, а чист бакар веома ретко. За добијање бронзе потребан је калај, који се веома ретко налази. За мешавину бакра и калаја, да би се добила легура бронзе, потребно је извесно знање, које се много теже може да претпостави пре много простијег знања за добијање гвожђа. Уз то се бронза не кује, већ само лије и много је вероватније, да је човек прво правио предмете ковањем, а то је могуће само од гвожђа, него ливењем, за које је потребно извесно више знање (на пр. прављење калупа). Није најзад искључено, да је на неким местима човек ипак пре познавао бакар него гвожђе, нарочито тамо, где га много има и где је руда чиста, као на пр. у Америци, где је гвоздена руда иначе тешко топљива.

Када су и где људи почели да добијају гвожђе из руде није нам познато. Како се то прво познавање гвожђа налази у преисторијском добу и како људи нису могли да запамте тај почетак, то су проналазак гвожђа приписивали каквом богу и божанском бићу. Мисирци богу Озирису, Грци Прометеју, Римљани Вулкану, Германи Одину и т. д.

Добијање гвожђа у старо доба, о коме историја зна, било је, наравно, веома примитивно. То се радило у пећима, које су се правиле од камена или блата и које нису биле више од пола метра. Вероватно да су се често употребљавале обичне јаме. Ту се руда бацала и топила помоћу дрвеног угља. У овим примитивним пећима, које су обично постављене на ветрометини, на обреницима или врховима брегова, није се успевало да постигне температура, која би могла да стопи гвожђе у течно стање, већ се добијало гвожђе кашасто, тестасто; сабијено у груду, која се после вадиле и даље прерађивала. И данас овакве пећи употребљавају урођеници у Африци, у Средњој Индији и другде.

Доцније се за удување ваздуха у пећ и расpirивање ватре употребљавали мехови направљени од сирове животињске коже и покретани руком или ногом. Оваке и сличне пећи се употреб-

љавале све до средњег века. Стари народи: Египћани, Феничани, Грци и Римљани ни за више хиљада година културног живота нису у добијању гвожђа и метала у опште много напредовали, јер су техничка и хемијска знања била веома незнатна. Употребљавали су само руду, која се врло лако редуцира.¹⁾

Египћани нису били у ствари трговачки народ. Други су к њима долазили ради размене производа. И сами њихови верски обичаји забрањивали су им, да иду из земље. Као и све државе старог века и Египат је био уређен по кастама. Најнижа, бесправна каста, били су робови. То су били ситни околни народи, које су Египћани подјармљивали. Они су им служили највише у индустрији, а поглавито у рударству. И то ће бити један од узрока што се у Египту, па и у осталом тако уређеном свету, индустрија није развила на ону висину, на којој је била духовна култура. Тамо је сва култура била у рукама свештеника, а они се нису хтели да занимају за грубе радове, као што су копање руде, топљење и ковање. Изгледа да је тамо гвожђе било најраније познато. Руде је било доста. Данас има много трагова који показују, да је рад на копању некад био интензиван, нарочито на Синајском полуострву и у планинама источно од Нила. Врло богате у рудама биле су Етиопија и Нубија. Зна се да су Египћани увозили доста гвожђа, нарочито гвоздене робе и из других земаља, нарочито из Етиопије, где се гвожђе, вероватно, најпре добијало. Изгледа да је индустрија гвожђа била најразвијенија за владе Фараона Мибемпеса, који је владао око 3900 год. пре Хр., по томе што реч мибемпес значи пријатељ гвожђа. На неким сликама нађеним у мисирским гробницама из 3000 год. пре Хр. виде се слике плуга и тестера и неких алата. Рударска техника била је у Египту прилична. Стари Мисирци нису копали само руду са површине, већ су бушили земљу и ходнике осигуравали дрвеним гредама, баш као и данас што се ради. Воду су одводили каналима, избацивали судовима или т. зв. египатским завртњима.

¹⁾ На којој је висини било развијено рударство, нарочито пре Римљана, не да се тачно утврдити. Стари нису копали велике лагуме или окна, јер за то нису имали много потреба, већ су махом руду узимали са површине. Изгледа да су у томе отишли даље Египћани, што доказују неки њихови стари рудници, који су толико искоришћени, да се њихово поновно отварање данас не исплаћује.

Стари Асирци и Вавилонци, мада сурови и војнички народи, у својој земљи су били веома радни и створили су у ондашње доба једну од највећих култура. Ни у једној земљи у то време занатство, нарочито израда оружја, није било тако развијено, као код њих. При сваком свом походу Асирци су доводили у своју земљу као робове добре мајсторе. За време једне војне њихов краљ Набукадоносор (604—561 пре Хр.) довео је масу мајстора из Дамаска, који су допринели великом напретку у изради оружја. Стари Асирци су добијали и челик, мада не у данашњем смислу, већ као неку врсту доброг и тврдог ковног гвожђа. Колико су ценили гвожђе доказ је тај, што су махом од побеђенога захтевали и данак у гвожђу, а и сама царска кола била су од гвожђа.

Феничани су били најзнатнији трговачки народ. Земљорадњом се нису бавили уопште, а занатством нешто мало. Главно им је занимање било трговање по Средоземном мору, Малој Азији, Леванту и др. Изгледа да су чак допирали до Индије и ишли на Цејлон. Сва размена робе ишла је у то доба преко њих. Зна се да су мало робе израђивали сами и то само ону, којом су трговали, али су знали веома лепо прерађивати, дотеривати облик предметима, које су куповали у једној земљи, да би продали у другој. Нарочито су били велики мајстори у ливењу бронзе, која им је била један од најважнијих артикала. У индустрији су ипак више полагали на количину него на квалитет. Били су веома вешти колонизатори и успели су најзад, да све тачке на обалама Средоземног Мора поседују. Прву колонију основали су на острву Кипру, одакле су добијали бакар, и одатле господарили осталим острвима Архипелага¹⁾. На ушћу реке Поа основали су град Адрију, по коме је доцније и само море добило своје име. Све до 1200 год. пре Хр. главни град био им је Сидон, кога је разрушио краљ Аскалон, а потом постао главни град Тир. Унутрашњим размирицама, услед чега се један део племства исели са свим својим имањем и оснује на афричкој обали град Картагену, која је после наследила феничанску моћ и славу, потом непрестаним ратовањима са Асирцима и најзад цветањем других ње-

¹⁾ Феникија никада није била држава у правом смислу. Народ је семитског стабла сличан Јеврејима и населио је Сирију на обалама Средоземног Мора, групишући се око појединих градова, који су имали своју самосталност. Некад су се представници градова састајали ради договарања и саветовања.

них колонија и дизањем Грчке, почео је Тир да губи своју моћ. Пошто га је Набукадоносор после дугогодишње опсаде освојио, преузео је вођство опет Сидон, али је то већ било на заходу феничанске трговачке моћи.

Феничане у трговини су наследили Грци. Њихов географски положај, згодни и заклоњени заливи и безбројно острвље, били су веома згодан услов за морепловство и трговину.¹⁾ Само захваљујући овом свом положају Грчка и данас, мада земља сиромашна и неплодна, може да егзистира и да свој државни живот унапређује, али у међународној заједници не заузима ни приближно оно место, које је некад имала. Некад су Грци били најкултурнији народ света. Центар културе био је Атина, која је била културно жариште за цео свет и која се почела да развија у главном после победе над Персијанцима. (— 480. г.). Неки споменици њихове културе, као на пр. у уметности, нарочито вајарству, у песништву за време Перикла у средини V века пре Хр. и данас су недостижни. У философији Платон и Аристотело су цинови, којима ни доцнији векови нису дали једнаке.

Док су у северном делу Грчке, Тесалији и Коринту, цветали култура и уметност, дотле су у јужном делу полуострва Пелопонезу, кога су насељавали војници и ратници Шпартанци, биле сасвим ниже вредности. Насупрот Атињанима, чија је земља имала демократско уређење, Шпарта је била земља једног малог броја господара, који су били војници и ратници и једне масе бесправног робља, које је за прве радила, да би исти могли слободно ратовати,¹⁾

¹⁾ Колико су Грци ценили трговину најбољи је доказ тај, што су од војне дужности ослобођавали лица, која се баве трговином.

¹⁾ Перијеци који су обделавали земљу, бавили се занатством и трговином, били су слободни, али су морали плаћати данак и нису имали политичка права. Хелоти или робови којих је било највише, били су потпуно бесправни и живели по шумама и пољима као стока.

Атина је била демократска по томе, што је имала парламентарну владавину — сенат састављен од свих грађана, док су грађани ипак били подељени на класе по богатству. Поред ових били су метеци (странци), који су могли да тргују и да раде остале послове, али нису смели имати имање нити могли гласати после ових било је робова који су употребљавани за све тешке радове (обрађивање земље, у рудницима и др.).

Атина и Шпарта биле су у непрестаном међусобном ратовању са веома променљивом срећом. Уједињење Грчке тек су извели „варвари“ Македонци, прво са краљем Филипом, а завршили са Александром Великим. Но после тога почиње и опадање Грчке и њене културе, која се после једним делом пренела у Рим, да би после била оборена од Хришћанства, скоро умртвљена кроз цео средњи век, а пробуђена талијанском ренесансом.

Историја Грчке је веома велика и лепа и њу треба сваки да познаје бар у главним линијама. Међутим за нас је од особене важности да знамо, да ли је у Грчкој било индустрије гвожђа и на којој се висини она налазила.

Грчка је у гвозденој руди богата. Највећа налазишта се налазе на Пелопонезу, где се гвожђе и добијало. Међутим оно се није добијало сразмерно богатству у гвозденој руди. Најважнији мајдани били су Евбеји и Калкидику, затим у Македонији и Малој Азији, које су највише биле под Грчком. Гвожђе се добијало нарочито у области Калибра. Ехил чак назива ову област мајком гвожђа. Први гвоздени новац је ковао Ликург (у 9. веку пре Хр.). Грци су израђивали и челик, али је то свакако била нека боља врста гвожђа, јер није утврђено, да се за добијање челика знала каква посебна радња. Знано се само за једну пећ у којој се руда топила и која је, према околностима, давала разне продукте. Хомер је разликовао две врсте гвожђа, обично гвожђе и плаво, које је несавитљиво. Међутим није искључено, да су стари Грци знали добијати челик на један начин, који је у Индији био познат и да су до те методе дошли после похода Александра Великог. Он се састојао само у томе, што се обично гвожђе закопа у земљу и остави да га рђа наједе што више. После се ковањем остатак гвожђа, које је тврђе, још боље отврди. Овако и данас на неким местима у Јапану ковачи добијају тврдо гвожђе. Гвожђе, што су га Грци и стари народи уопште добијали, није било хомогено, већ неједнако, на неким местима тврђе на неким мекше; не чисто, већ местимично са остацима згуре. Оно је од прилике било као данашње лоше варено гвожђе.

Колика се важност у старо доба поклањала рударству, може се закључити из Демостенових беседа, у којима је он на многим местима подвлачио потребу, да држава више ради на подизању рударства. Из њих се може закључити, да су стари Грци имали и нарочите рударске органе. И главни државни приходи долазили

су од рудника, па тек од странаца и досељеника, док су царине на робу износиле највише 2%.

Грци уопште нису били у правом смислу занатлије. Они се нису бавили ни индустријом, јер су тај посао сматрали понижавајућим и остављали га метецима. Они се бавили демократијом и државном политиком. У Шпарти се сматрало, да занатство квари и тело и душу, те је пуноправним грађанима било чак и забрањено, да се њиме баве. У Атини и на Коринту ово није баш тако строго узимано. Грци су свакако научили прерађивати гвожђе и друге метале од азијских народа, у првом реду од Феничана. На Коринту се израђивала најбоља бронза, а у Атини изгледа да је била израда гвожђа на великој висни. У Лаконији се израђивали алати и челично оружје.

У *Палестини* је добијање и прерада гвожђа веома стара; позната још од VII столећа пре Хр., те ће свакако бити старија него у Грчкој. Средиште ове индустрије био је Дамаск, у коме се израђивала чувена сечива и оружје. Познато је да су Јевреји носили добро гвоздено оружје и да им је гвожђе било познато још пре Мојсеја.

Изгледа да су од свих народа *Кинези* знали за гвожђе понајраније, још на 3000 год. пре Хр. Међутим тачност столећа није могла бити утврђена. *Аријанцима* у Азији било је гвожђе познато одавно. Исто се тако одавно знало за гвожђе у *Индији*, што се да утврдити по згури, која се тамо налази. Па и осталим народима крајњег Истока изгледа да је гвожђе било много раније познато него Египћанима, Грцима и Јеврејима.

Чим је почела да опада грчка моћ, почела се на Апенинском полуострву да ствара једна друга држава, Римска Држава. Римска култура је наставак грчке, али Римљани у том погледу ипак нису могли да стигну своје учитеље, ма да су у другом правцу ове превазишли, на пр. у моћи и организацији државе.

У погледу државног уређења и спољне политике Римска Држава се битно разликовала од Грчке. Док се грчки државни живот усредсређивао на подизању благостања помоћу рада, а освајање било брига другог реда, више гоњена трговачким инстинктима, дотле је Римска Држава била искључиво милитаристичка и освајачка; трговина и индустрија су долазили у други ред. Прави Римљани нису се чак овим ни занимали, јер док је трговина била готово искључиво у рукама Грка, дотле су се индустријом, занат-

ством и рударством бавили робови и побеђени.¹⁾ У колико нису били војници, Римљани су се бавили земљорадњом и сточарством. Занатство и индустрија развијали се махом тамо, где су услови били за то повољни, на пр. поред путева или рудника, у приморским варошима и сл.

Пре Римљана били су тамо господари Етрурци, веома марљив и радан народ, који је био Римљанима и учитељ за сваки рад. Римљани су се за једну земљу, коју освоје, само толико привредно заинтересовали, у колико она може да им да оно, што има из прве руке. О примени какве технике или о стварању нових услова за економско подизање и експлоатацију, нису се много бринули. Они су се у првом реду бринули за државу и њену моћ, а о радности само у толико, у колико им је потребно за снабдевање најнужнијим потребама. Постоји додуше предање, да је још краљ Нума основао еснафе лончарске, бојациске, обућарске, ковачке, али њихово даље развијање не може да се припише Римљанима. На против, у колико се Рим снажио, занати су опадали, јер је слободном римском грађанину могла да приличи само земљорадња. Све остало потребно и луксузно давали су Римљанима побеђени народи.

И ако прерада метала није била у Риму на оној висини, каква је била у Грчкој или Финикији, ипак се према ономе, што се до сада ископало да закључити, да занатлије нису биле баш невеште. Ножари, бравари, ковачи добро су разумели свој посао. Међутим ово се постепено занемаривало, у колико се развијала жудња за богатством, за својином. Сва политика државе се управила споља на освајања, на свађе и конфликте с другим народима и државама, нарочито са Картагеном, која је у то време била највећа трговачка позиција у свету. Победом над Картагеном и њеним освојењем Рим је постао господаром света. У њему је било сакупљено све светско богатство. Превелико уживање није могло да гони људе на стварање, те је наступило лењствовање, а то је први услов за неморал и изопаченост. Сељак је почео да се задужује плаћајући велику камату и кад није могао на време да плати, бива му имање

¹⁾ Римљанин по природи никад није био трговац, нити је у земљи било независног трговачког staleжа. Сенатор није могао да буде трговац, док су ритери то могли. Трговином су се бавили Грци а доцније и Јевреји, док се Римљанин бавио само банкарством (аргентарији или менсарији).

Извоз гвожђа био је код Римљана забрањен.

продавано без милости у бесцење, а он затваран. Тако је мало по мало сва земља прешла у мали број руку, те су римски грађани подељени у мали број оних који су уживали, и огроман број бескућника и робова, који су очекивали да им се храна удели у циркусима или на јавним светковинама и гозбама.

Рударство и добијање гвожђа и других метала водили се као најчистија шпекулација и били у рукама каквог богаташа, који посао није нити водио, нити разумевао.

У Пампеји је био један еснаф за златаре, а у Регијуму једна уметничка школа за ливење.

У ископаним гробницама у Етрурији нађени су предмети од гвожђа, бронзе и племенитих метала, веома лепо израђени. Уопште стари Етрурци били су веома културан и радан народ и били су прави мајстори у изради металних предмета. У самој својој отаџбини Римљани су добијали гвожђе највише на острву Елби. Када је доцније тамо нестало дрво за топљење руде, они су руду преносили на копно у Популонију (Етрурија) и тамо топили.

Ван свога полуострва руду су топили тамо, где су је и добијали. Највише су гвожђе доносили из Шпаније, Галије и Британије. Рудно богатство Балканског Полуострва, нарочито наше земље (Illiricum), још онда је привукло пажњу Римљана, па су свакако ради тога ове земље и освојили. Вађење и топљење руде било је у то доба доста развијено. На Копаонику, Руднику и другим местима још и данас се налазе остаци згуре из тог доба. Над сваким рудником су постављали надзорнике (*procuratores metallorum*) над којима је био један врховни надзорник за целу Илирију (*Comes metallorum per Illiricum*).

За време Плинија било је у Комуму топионица, у којима се топило гвожђе, које је после хлађено у води, добијало велику тврдоћу. У Галији је индустрија гвожђа веома стара. У Масилији се од гвожђа израђивале чувене римске ратне машине. Много су гвожђарске робе добијали из Енглеске. За време Јулија Цезара било је највеће наоружање, за које су махом радиле фабрике у Шпанији. (У Новој Картагини, Билбилису, Толеду.)

Римљане је све више привлачио сјај и драж истока и у колико су се културно уздизали, у толико су већу пажњу обраћали на Исток, основавши и данашњи Цариград, који им је био као друга резиденција. У то време почела је да се диже на Леванту, у коме је трговачки саобраћај веома жив, Александрија град веома напредан, богат, постајући све више културно средиште југа.

Сеобом народа и поделом Римске Империје на два царства, Источно са престоницом Цариградом и Западно са Римом, почиње и опадање римске моћи. Прво је пропало западно царство (476), но ик је источно егзистирало још читавих 1000 год., непрестано се борећи са варварским народима. (1453. год.)

Стари народи су знали кад-кад тако лепо да израђују предмете од гвожђа и осталих метала, да то и данас изазива дивљење. Кухињско посуђе, ланци, дугмад, нарочито накит, израђивали су Асирци и Египћани савршено лепо. Изгледа да су Индијанци најраније знали ковати и то потпуно мајсторски. Према Аристотелу Лиђани¹⁾ су први пронашли бронзу. Лидија се за владе Крезове сматрала најбогатијом државом²⁾, имала је много злата у наносима реке Пактола, која је протицала кроз средину земље. Лиђани у такође израђивали и изврсан челик, а у изради накита од злата и сребра бил су највећи мајстори у свету. Они су били први народ, који су почели да употребљавају металан новац, који је био од легује злата и сребра, у облику печата и тежак 14 грама. На једној страни имао је главу бика, а на другој паралелограм. После њих новац су увели Персијанци а затим Грци. Код Грка новац су прво увели Шпартанци за време Ликурга, који је кован од гвожђа.

Пропашћу Западног Римског Царства завршава се стари век и почиње средњи. Борба хришћанства са старим светом била је дуготрајна и у велико је апсорбовала стремљења ка материјалној и духовној култури човечанства, те се средњи век с правом може назвати мрачним, испуњен сеобама народа, крсташким војнама, борбом цркава и црквених каста. Сва духовна култура била је у рукама свештенства и она се стварала према прописима и жељи цркве, која се била све више удаљавала од правог хришћанства, стварајући редове и секте. Тек после Лутерове реформације, а нарочито после талијанског ренесанса, почиње еманципација културе од цркве.

Један од највећих догађаја средњег века је ширење Мухамедове вере, чији су следбеници народи Мале Азије и Арабљанског полуострва, нарочито ови други, ношени верским фанатизмом кренули да освајају друге земље и за кратко време обарајући све што им је на пут стало, успели да освоје целу Малу Азију, Сирију

¹⁾ Држава у Малој Азији.

²⁾ Богат као Крез, каже се и данас.

са Палестином, целу северну Африку и под вођством свога калифе *Тарика* пређу у Шпанију 711. год. Овим освајањем мухамеданаца бива доведен у опасност целокупан међународни саобраћај на Средоземном мору, па према томе и сама тадашња култура. Утврдивши се неко време у Шпанији, Арабљани, односно Маври, почеше да загрожавају франачкој држави и осталој Европи. Срећним исходом битака на пољима *Тура* и *Поантиера*, буду Маври потучени од *Карла Великог* и бачени натраг у Шпанију. После овог пораза њихова ратоборност опада и они се убрзо одају мирном животу и раду, створивши веома лепу културу, чију су основу донели још из постојбине. За време њихове владавине Шпанија је била земља за пример; избраздана каналима и добрим путевима; имала најразвијенију земљорадњу у то време, лепе вароши у којима су цветали занатство и трговина. Владавина Мавара у Шпанији бележи у историји света у опште један светао период материјалне културе и духовног напретка. Многи споменици ове културе очували су се и данас: путеви, канали и остаци грађевина.

Рудним богатством обилна, Шпанија је дала услов Марвима да рударство, које је после пропасти Римског Царства било занемарено потпуно, развију на једну знатну висину. Сву добијену руду Маври су прерађивали у земљи, те је ово било услов да се и занатство развије. Док су Римљани гвожђе у главном прерађивали у оружје, дотле су Маври осим оружја, које је из извесног челика, израђивали и остале потребе: кољопривредне алате, браве и други оков за грађевине, ковали ланци и клинце, окивали кола и т. д.

Једним делом истерани из Шпаније, а другим се претопивши у *Шпањолце*, Маври завршавају своју културу.

У Франачкој за време *Карла Великог* започиње једна нова култура. Овде је народ био прилично густо насељен, па је почео да се интензивније одаје земљорадњи и занатству. После *Карлове* владавине царство подељено на његове синове ослаби, те са тим овај део Европе почиње да губи своју важност и свој престиж.

Сада се улази у еру крсташких ратова, који скрећу погледе европских народа са југа и запада опет на исток. У почетку из чисто верских побуда, ради ослобођења *Христовог гроба*, који је био у рукама мухамеданаца, ова се војна, упознавши учеснике са богатством и сјајем истока, претворила у војну за освајањем и пљачком. При свем том овај хришћански покрет имао је и добре резултате. Он је упознао народе међу собом и у многоме допринео, да се култура истока, нарочито ондашње *Византије*, која је

била већа него у земљама запада, великим делом овамо пренесе. Неоспорно је, да је овим хришћанским походима оживела и трговина, која је дотле у Европи била скоро замрла. Са овим се почело да развија и занатство, нарочито занати, који су били у вези са спремањем опрема за крсташку војску. Израђене сабље, копља, мачеви и друго оружје сада су од доброг челика. Тајна тврдоће челика већ је била откривена ако не хемијска, оно механичка и мајстори су знали скоро потпуно вештину каљења.

— Нешта због тога, што је саму крсташку војну махом организовала црква са средиштем у Риму, а нарочито због свог географског положаја као најзгоднији посредник за Азију и Левант, Италија је опет постала центар светске трговине, али не са обновљеним старим центрима, већ са новим. Сада се подиже Венеција, коју су саградили бегунци, што су се из разрушене Аквилеје склонили испред Хуна. Поред Венеције важни су центри били Ђенова и Пиза. Сада су венецијанске ратне лађе ишле и тамо, где су некада могле да иду само ратне. Некада се трговина кретала готово искључиво између приморских градова, сада су каравани ишли и преко Алпа и Пиринеја па и Карпата. Ишло се нарочито далеко на север и била жива трговина са садашњом Немачком, Холандијом и Шведском. У то доба је и наша Јадранска обала била жива и наш Дубровник постаје велики и важан трговачки град, преко кога је ишла готово сва трговина Западног Балкана, па и једног дела Бугарске. Култура Дубровника прешла је доста и у народ, бар у осталим градовима словенског југа, и тај период чини један осветљени део наше историје.

Трговина је све даље ишла за истраживањем нових пијаца. Највећу привлачност имала је Индија, у коју се веома тешко могло да дође, услед веома великог и напорног пута, који за караване није увек био сигуран. Било је правило да трговац пише тестамент, када крене за Индију. Да би се избегла ова опасност, која је нарочито за Хришћане била велика, а и путовање било скопчано са тешкоћама око непрестаног стоварања робе, помишљало се, да се до Индије дође морским путем.¹⁾ За компас се већ у то време знало; њега су у Европу донели арабљански трговци. На идеју да се до Индије дође морем, дошао је још картагењанин Хано у V столећу пре Хр., и она је оживела тек сада.

¹⁾ Роба је при пролазу кроз разне државе морала да плаћа царину, што је њену вредност много поскупљавало.

Како у то време није било морске везе са Истоком, јер Суецки канал није био прокопан, природно је да се дошло до закључка, да тај пут мора да води кроз Гибралтар, па западном обалом Африке. Први су покушали овим путем да до Индије дођу Португалци, који стешњени Шпањолцима беху принуђени да се одаду морепловству и Бартоломеј Диас успе 1487. год. да оплови јужни рт Африке. (Добра Нада.) Једанаест година доцније други морепловац Васко де Гама успе заиста, да дође до Индије.

Убрзо за овим пада и откривање Америке, један од највећих, ако не највећи догађај у историји човечанства. Учени ђеновљанин Христоф Колумбо, за чије време се већ у географским списима наговештавало о земљиној округлини, дошао је на мисао, да се до Индије, која је на Истоку, може доћи морем, ако се путује право на Запад. Потпомогнут новчано од тадашње шпанске краљице Изабеле, он спреми експедицију и 8. августа 1492. г. крене на пут. После 17 дана најмучнијег путовања он наиђе на копно. То је било данашње острво Сан-Салватор, које припада Панамском архипелагу. Одатле је Колумбо после прешао и на друга острва.

Од проналаска Америке настаје један нов период у животу народа и држава. Средоземно Море, које је дотле било центар међународног саобраћаја и трговине и чије су земље представљале најнапреднији и најкултурнији део човечанства, постепено је морало да губи свој значај на рачун Атланског Океана, на чијим се облама сада почеле да стварају нове и снажне државе. Одмах по проналаску Америке Шпањолци и Португалци су нагрнули у земљу злата, освојивши је ускоро сву. У овим освајањима Шпањолци су употребљавали топове и пушке, док су се Мексиканци, и ако беху доста просвећени и имали доста добро организовану државу, бранили оружјем од камена. Перуанци су пак имали оружје од бронзе. Не мислећи ни најмање на културно и економско подизање освојених земаља, Шпањолци су искључиво пљачкали, односећи у првом реду злато и сребро, јер су веровали да се право богатство земље у њима састоји (меркантилизам).

Док су се Шпањолци бавили пљачком по Америци и одавали уживању, сјају и ленствовању у својој земљи, дотле се на обали Атланског Океана развијао један мали народ, *Холандски*, који је ускоро успео да постане најмоћнија трговачка сила и почео да води колонизаторску политику у модерном смислу. Антверпен је у то време био оно, што је била некад Венеција.

Исту политику су у XVII веку прихватили *Енглези*, који су све више и више насељавали Америку и успели, противно Шпањолцима и Португалцима, да тамо заведу рад, да обделавају земљу, да копају и топе руду. Управо да Америку колонизирају. Ниједан народ дотле није умео тако да отвори изворе богатства и да их учини трајним, као Енглези. Наравно да су они радом успели, да господарство Шпањолаца постепено ослабе и да га најзад потпуно сузбију. Данас Шпањолци само из традиција имају неког утицаја у неким државама јужног дела континента, док је северним делом потпуни господар англо-саксонска раса.

Уваживши сву важност рада као први и главни услов за благаостање, Енглези су брзо успели да освоје светске пијаце и да створе једно богатство, које дотле у историји човечанства није било познато. Обдарени проналазачким духом, они су свету дали најважније проналаске, од којих проналазак парне машине (*Ват*, друга половина XVIII века) отвара нову еру човековог делања.

Тек проналаском парне машине, гвожђе добија прави свој значај. Гвоздена машина постаје покретач свег индустријског стварања и она је успела, да и позитивну и негативну улогу овог метала, без кога се данас ипак не може, развије до мере, која се пре тога није могла ни да замисли. Данашњи човек, који живи у доба машинизма и индустријализма, често долази на мисао, да је машина узрок многом друштвеном злу и беди. Истина да је још *Плиније* у I столећу после Христа, уочивши негативно својство, које гвожђе може да има за човека, казао: у колико гвожђе добија већу важност и примену, у толико смрт лакше добија крила. Пророчанство Плинија додуше у многоме се до данас испуњавало, али верујући, управо полазећи од претпоставке да је човечанство бесмртно и верујући, да ће гвожђе имати све већу примену, долазимо до закључка, да се реч Плинија неће обистинити до краја. Када се узме у обзир брзина, са којом је гвожђе улазило у човекову употребу, негативног карактера и период, који оно својом владавином од проналаска парне машине до данас обележава, дошли бисмо убрзо до логичног закључка, да је човечанству крај близу. А то би било једно смешно пророчанство. Страх Плинијев у I веку је потпуно оправдан, ако је гледао битку, у којој се војске наоружане гвозденим мачевима, копљима и стрелама брже уништавају, него некада војске, које се бориле каменом или праћком. Он је онда видео, како се људи грозничаво журе, да своје бронзане и бакарне оклопе и оружје

замене гвозденим, јер је ово убиственије. Његов страх је, наравно, морао бити онда оправдан, јер он није видео машину, која у раду замењује човека, није видео гвоздене и парне бродове, који обилазе свет и враћају се брзо, гвоздене мостове преко којих лети једна поворка гвоздених кола пуних људима и људским потребама. Није видео ни гвоздени плуг, ни парну вршалицу.

Највише се приговара данашњој машини, да је душу, коју она има, одузела од човека и да човека, коме је одузела душу, претвара у просто, механичко биће, које она гута као што бог Молох гута своју рођену децу. Верујемо, међутим, да ово схватање машине у данашњици, које је више социјално-класно и не опште, јер је условљено психологијом данашњег најамног радника, неће у будуће моћи бити оправдано, јер ће се и психологија ова изменити, када човек буде потпуни господар машине. Једно правилно схватање социјалне функције индивидуе, наравно под предпоставком да се за њу створе други, правилнији и праведнији услови и односи, условиће пуно осећање, да је сваки човек господар елемената за стварање. Тек онда, када буду испуњени сви услови, да се човек може попети на висину сазнања, да је он господар света, а то време, надамо се, није тако далеко, тек онда ће имати осећање, да је њему машина роб, који служи искључиво њему. Јер неоспорна је истина, да је машина једини објект, којим човек треба и може да руководи без страха на грижу савести; јер ће доћи време, када ће употреба и животињске, а не само људске снаге у данашњем смислу, бити грех. Брзина, са којом се техника из дана у дан усавршава, доводи нас до веровања, да није далеко време, када ће машина у толико мери замењивати човека и потребна му добра стварати толико брзо и много, да ће му бити потребан само мали део времена ради стварања средстава за егзистенцију, а сав преостли, много већи део времена, служиће му за умно, душевно и физичко усавршавање. Узевши у обзир овај моменат и онај, када човек потпуно поседујући машину и њом управљајући има пуно осећање да је он господар материјалног и моралног стварања, долазимо до закључка, да ће се онда остварити и идеал правога човека: мир на земљи; закључка противно ономе, који је поставио славни историк I века.

Многи ће с правом рећи: па машина је и узрок садашњим ратовањима, јер је она творац надпроизводње добара, а ова је изазвала борбу за освајањем пијаца! Јесте, она је заиста родила

модеран империјализам, као што су, у осталом, империјализми рађани и од других мајки, али ако се боље унесемо у будућност ми ћемо видети, да ће баш машина убити и рат и освајања. Посматрајући напредак машинизма није ли могућ закључак, да ће се читаво човечанство моћи убити једном машином. А то се неће догодити, јер се човечанство само никада неће уништити. Најзад напредак ваздухопловства не доводи ли у опасност саме државне границе?

Једна од највећих и најважнијих примена гвожђа јесте данас у саобраћајним средствима, у бродовима и жељезницама. Парну лађу измислио је Енглеz Фултон 1807. год., а локомотиву такође Енглеz Жорж Стефензон 1814. г. Два епохална проналаска, који су из основа изменили дотадашњи саобраћај. Где су се некада каравани и коморе вукли преко равница и брегова, где су некада смерне једрилице или обичне дереглије, користећи се повољним ветром и чекајући на њега, недељама пловиле од једног пристаништа до другог, често заборавивши кад су пошле, сада тамо јуре жељезнице и шиште пароброди. Жељезнице пројуре за неколико сати читаве државе, за неколико минута стигну из једног места у друго, прелећу преко мостова, који сада нису од дрвета, па ни камена, већ од гвожђа и постављени преко стотинама метара широких река или долина. Док су некад једрилице пловиле не смејући се удаљити од обале, сада гвоздени пароброди прелазе океане за неколико дана. Проналаском парне машине чини човечанство највећи скок унапред, у нови век, који се с правом назива гвоздени. Злато, које је толико терало човечанство у борбу, уступило је сада потпуно предност гвожђу, коме због његовог техничког својства културни напредак човечанства највише дугује. Данас је гвожђе, осим основна три елемента животна, за човека највећа потреба и човечанство се без њега не да замислити. Основни услов за привредни и културни напредак једнога народа или државе је богаство у гвожђу. Основни покретач свакој радности је гвожђе. Не да се замислити већа индустрија једне земље, ако је она сиромашна у гвожђу.

Проналазак парне машине пада у времену, када се и услови рада у опште мењају. Француска револуција је та, која је рад почела да поставља на ново и прво место. Тек одатле човек прелази на један виши степен стварања добара, улази у индустрију у правом смислу. Може се слободно рећи, да се ни рударство, ни индустрија средњег века, нису нарочито разликовали од оних

старог века. Било би смело тврдити, да се средњи век има у том погледу чиме да поноси. Као и некад и у средњем веку су руду одваљивали чекићима и пијуцима, жарили је или поливали сирћетом да би била трошнија, те се лакше топила.¹⁾ Дечаци су је туцали у ступама од ливеног гвожђа или камења. Свуда су се употребљавали заробљеници, робијаши. Радна снага била је, дакле, јевтина и увек довољна, те се није много мислило на усавршавање метода. Јасно је каква је могла бити судбина ових бедника, који су помишљали само на хлеб и воду.

После преокрета, који је настао услед сеобе народа, опали су увелико рударство и индустрија. Тек када се свет почео да примирује, стабилизира, почеле су ове радности да оживљавају. Већих новина у методама за добијање гвожђа није било све до проналаска парне машине, која је од једном унела епохалне промене. Њена примена до XIX века била је, у главном, у покретању мехова за распиривање горива и у црпењу воде из рудника. Прва машина у руднику употребљена је 1788. г. у Прусској код Хетштета.

Употреба каменог угља у добијању гвожђа такође није много стара. У Енглеској од IX, у Немачкој од X, а у Белгији од XI столећа. Важан датум у историји гвожђа је почетак употребљавања експлозива, прво само барута, а доцније динамита. Барут се почео да употребљава у почетку XVII века, а динамит у половини XIX.

Како су од прилике изгледале прве пећи за топљење руде, било је речи раније. Доцније, када су почели да се употребљавају мехови, те су пећи добиле нешто друкчији облик; у главном су биле веће. Великих разлика у системима пећи и методама добијања гвожђа није било. Културни народи у старом веку нису у томе били много измакли од својих некултурних савременика. Тек у новије доба, када је хемија добила своју примену у добијању метала, тек тада је ова разлика постала већа.

Да би се руда могла лакше да топи, стари су је знали предходно пржити и ситнити. У ту сврху додавало се често и олово, које је као теже падало на дно, мешало се са горивом и на тај начин се губило. Римљани, који сами у почетку нису били рудари

¹⁾ Ливије прича да је и Ханибал на свом прелажењу преко Алпа употребљавао сирће, да би могао лакше да отклони стење, куда би пролазила његова војска.

и топионичари, већ су све ово остављали својим поданицима или давали под закуп, тек доцније су за време цара почели и сами овим да се занимају, или да преносе на државу. Да би спречили пљачку и убијање вредности металу, постављали су топионице у близини рудника или шума. Њихове су пећи, зидане од камења или иловаче, биле копија шпанских пећи, високе, да би отровни гасови ишли што више горе. Један отвор нешто мало изнад подножја пећи, од прилике на месту где сагорева гориво, служио је за удувавање ваздуха, док је други нижи служио за избацивање згуре. У старом веку су мехове искључиво покретали људи, а тек у средњем отпочео је да се употребљава водени пад. Најстарији документи о употреби воде датирају из Штајерске из XIII столећа и вероватно да се са употребом воде ту и почело, јер је Штајерска и у то време била важна рударска област. Топљење руде у таквим пећима, које су се звале пећи комадне или курјаче **Stück или Wolföfen** било је на тај начин, што се руда мешала лећа и вероватно да се ту са употребом воде и почело, јер је са дрвеним угљем и стопљено гвожђе се сабрало у виду груде — комада на дно пећи, одакле се после вадило кроз нарочити отвор, пошто се удувавање ваздуха предходно заустави. Згура, које је у грудима било доста, истискивана је после ковањем. Једна грудина била је тешка 200—300 кг. и дневно се могле да добију највише две.

Сличне пећи употребљавале су се и код нас у Варешу још од Римљана и задржале су се скоро до овог века, када су проградиле високе пећи. У својој књизи Индустрија и занати I део г. Миливоје Савић, говорећи о производњи сировог гвожђа и гвоздених израда у Варешу, вели о пећима, које су се за ту сврху употребљавале ово:— „Пећи су биле својина једног човека или више ортака с тим, да је сваки по извесном реду топио гвожђе, када на њега ред дође. Изузев ових чекића још је било око 50 ковача у Варешу, који су израђивали будаке, мотике, ножеве, потковице и клинце. Исто тако је било ковача у Вијаку и Крчевини. Пећи су биле 5 мет. високе, радиле су механичким меховима и угљеном од тврдог дрвета. Могле су да прераде 6000 ока руде за три дана. Давале су две врсте гвожђа, ковнога и то „прт или мацу“ које се отакало сваких 10 сати и то 1700 до 2700 ока и други бољи квалитет „надо“, које се добијало при послетку разваливши огњиште, и то око 300 ока. Почињало се у понедељак у јутро, а свршавало се у суботу у вече, прерадивши две партије. Послуга пећи се је састојала из једног топионичара и три помоћ-

ника. Рачуна се да је једна пећ давала годишње око 420 товара, а да је целокупна годишња производња сировог ковног гвожђа била око 10.000 товара, што би изнело 12.000.000 кгр., а то би одговарало око 25.000.000 кгр. гвоздене руде. Сирово ковно гвожђе је после у ватри уз водене чекиће са водом кретане мехове, претапано и варено. При варењу се је употребљавао само угаљ од меког дрвета. Ту је гвожђе и искивано у веће предмете, као раонике, цртала, шине за кола, шипке за ограде, сачеве, будаке, мотике, сикире и сл.“

Осим ових пећи употребљавала се у то време за добијање ковног гвожђа и једна врста малих, ниских, јамастих пећи т. зв. „ватре“ или цурњаче (Rinnöfen), којима је цев за удувавање ваздуха нагнута косо на ниже. За бржи, али мањи посао, оне су биле спретније од првих, много јевтиније и употребљавали су их нарочито путујући ковачи, као што их и дан-дани употребљавају цигани ковачи у Влашкој. У Шлезији и Саксонској оне су се одржале до XIX века. На Корзици пак одржале су се до скоро у свом првобитном облику, а у сев. Америци до скоро, наравно у савршенијем облику.

На Пиринејима одржала се и данас метода старих Баска. Ови каталонски ковачи прво руду прже, па потом истуцају и просеју. Затим у пећи, сличној курјачи, набацају прво угљен, који сагори, да би је загрејао. Сада се на средини пећи намести усправно једна обична гвоздена плоча, па се са једне стране пећ испуни угљеном, а са друге иситњеном рудом. Пошто се и једно и друго добро набије, плоча се удаљи. Затим се пећ потпали и пусте мехови у рад. У колико се руда топи и силази, у толико се додаје угљен и водом наквашена руда. Пошто се згура избаци и мех заустави, груда се извуче и даље прерађује.

Сличне јамасте пећи „ватре“ употребљаване су и код нас у Врањском округу на Власини за време Турака, готово до пред само ослобођење ових крајева. Ми ћемо овде изложити у целини опис свих тих радова, које су нешто описали у своје време (1879. год.) и послали као извештај о рударству у ново-ослободеним крајевима Министру Финансија инжињери Гудовић, Хофман, Клерић и Машин, а нешто наш познати геолог Др. Д. Антула у својој књизи „Преглед рудиште у Краљевини Србији“, коју је издало рударско одељење за париску изложбу 1900. год.:

„Размер радова зависио је поглавито од јачине воде за испирање, која се спроводила нарочитим каналима „вадама“ често из

даљине од 15—20 км. Воде су довођене у уставе изнад ископаних стрмих јаркова, у које радници набацају већином јако истрошене, готово земљасте, рудовите микашисте, за време док се устава не испуни водом. Кад је ова пуна, онда се вода пусти преко накопане масе у јарковима, коју вода односи и слаже, кад јој се брзина смањи, на нарочито подешеним местима, по специфичној тежини. Затим се вода поново заустави и рад продужава на исти начин. У кишовитим годинама овај се рад обавља 10—15 пута а местимице и 20 пута дневно. Руда се таложи у нарочито постројеним јаругама „хандацима“ на 2—3 км. од рудишта, где блажији пад терена наступа. У ове се јаруге концентришу сви стрмији јаркови и оне имају 3—5 устава у одстојањима од 0.5—3 км., према нагибу терена и природи самог рудишта. Пред сваком уставом налазе се коритасте јаме „корубе“, у којима се руда поступно концентрише и препира. Овај рад траје обично месец дана.“

Даље радове описује сам Др. Антула овако:

„Када су ове ниже јаруге (хандаци) испуњени водом, онда наступа т. зв. „гоњење руде“. Радници са чакљама и мотикама зађу у јаруге и гоне наслагани материјал на ниже помоћу воде, која се поново из вада пропушта. Овим гоњењем, које траје 2—3 дана, испирају се хандаци потпуно; притом се избацује крупно нераспадно комађе, докле вода односи као мутљак ситније камените примеске и на тај начин се добија потпуно концентрисана руда. Када се руда догони до прве бране, онда управо настаје право препирање руде у коритима и тако препрана руда преноси се у топионице. Пошто је рад завршен у првој уставу, прелази се на другу, где се на исти начин гони и испира руда, која се промакла из прве уставе и тако се рад продужава све до последње бране. Овако једно гоњење може дати 50—60 па и више возова¹⁾ руде, т. ј. 32000—38000 кгр., а на уставама обично се добија на свакој нижој упола мање, но на предходној вишој. То је у главном манипулација рада у овим рудиштима, која само врло мало варира према јачини распадања рудовите стене, краткоћи или дужини места, подесног за главне хандаке и према већој или мањој садржини гвожђа у руди.

Рад на овим рудницима отпочиње у рано пролеће, око Младенаца и врши се непрекидно до Илина-дне. За то се време повади

¹⁾ Један воз има 500 ока или 600 кгр.

и највећа количина руде. Ако је кишно доба, рад се продужава и даље, иначе тек у октобру месецу. Ова рудишта не дају подједнаку количину руде (магнетит). Главна су рудишта на Горњој Вади у Власини, која су давала просечно по 400 возова руде и „Козмичка Вада“ са својим огранком и „Антина Вада“ у Црној Трави, које су давале просечно 800—1000 возова руде, дакле 512.000—640.000 кгр. Остале ваде давале су, како која, од 30—300 возова руде. У Хусејин-пашино време добијало је годишње из свију рудника преко 14—2.000 возова, што би се могло сматрати као максимална продукција у овим крајевима.

Овако добијене пренашају се у „вигње“ и ту се још једном препирају, тако да руда постане веома чиста. Од страних примесака садржи још нешто мало кварца и силиката алуминије и алкалије. Топљење руде вршено је по застарелом начину, у ниским јамастим пећима од 2 м. висине. Ове пећи грађене су од набијене ватро-сталне глине, која је вађена у селу Бањици и Клисури, а и код Пећине ниже Црне Траве. Шаржирање врши се пошто се пећ најпре запреје и обично на 100 кгр. руде употребљавано је 60 кгр. ђумура. Стопљено сунђерасто гвожђе скупља се на дну пећи, које је обложено „штибом“ од набијеног ситног угља и образује т. зв. „расовач“, који се вади и рад у пећи прекида, када шљака нарасте до отвора („сапад“) на пећи. Пре но што се расовач извади чека се да сав угаљ у пећи сагори, а после се разваљују прса, мехови зауставе и расовач вади пијуцима и великим кљештама. Осим ових расовача добија се и неколико мањих комада сунђерасте шљаке, која садржи обично мање гвожђа, а много више оксида гвожђа. Чим је расовач извађен, пећ се одмах затвара и поново шаржира. Смењивање раденика бива са сваким поновним шаржирањем, т. ј. свака смена производи по један расовач.

Расовачи се после преносе у „самокове“, а тако исто и извађено сунђерасто комађе шљаке, из које се добија најмекше и по квалитету најбоље гвожђе. У самоковима се гвожђе прецишћавало од шљаке, дезугљенисало у ковно гвожђе и искивало у прутове од 10—20 кгр. Од једног расовача добијано је 3—6 прUTOва, односно 60—120 кгр. ковног гвожђа. За самокове употребљавана је искључиво водена снага и на један самоков потребна су три витња. Њихова годишња продукција могла је износити обично око 120 расовача, а самоков давао је годишње највише до 90.000 кгр. кованог гвожђа.“

Рударски инжињер пок. Машин извео је 1878. год. веома интересантне податке о преради гвоздених руда у овим крајевима. Ми ћемо их у целини изнети, јер нам они најбоље илуструју ову индустрију гвожђа, која је и ако веома примитивна, давала гвожђе одличног квалитета и с успехом задовољавала у скорој прошлости потребе у гвожђу у знатном делу Турске Царевине.

„1.) Један воз руде, 500 ока или 600 кгр. даје 1.5 расовач у тежини 154 кгр., а из овог добија се око 96 кгр. ковног гвожђа.

2.) За топљење руде троши се на 1 воз око 8 врста ђумура (360 кгр.) или у процентима на 100 кгр. руде 55.7 кгр. ђумура.

3.) Сто килограма расовача при преради у гвожђе даје 60 кгр. гвожђа, а за то је потребно 184.4 кгр. ђумура.

4.) Кад се ови подаци саставе излази да 100 кгр. руде са потрошњом од 55.7 кгр. ђумура дају 24 кгр. гвожђа у расовачи; 24 кгр. гвожђа у расовачи са потрошком 44.3 кгр. ђумура дају 15 кгр. ковног гвожђа. Дакле 100 кгр. руде са потрошком 100 кгр. ђумура дају 15 кгр. прерађеног гвожђа.

Потрошња ђумура на 1 кгр. гвожђа износи дакле у топионици 3.67 кгр., а у самокову 2.93 кгр., или укупно 6.6 кгр.“¹⁾

Хајдемо сада даље. Све ове мале пећи могле су се употребљавати за руду која се лакше топи, док се за руду, која се топи теже, морале још у то време да зидају нарочите, веће пећи. Теже топљива руда није се морала само предходно прати, како се радило са сваком рудом да би се ослободила земљаних састојака, који ометају рад и утичу на квалитет гвожђа, већ се морала иситнити у ситније комађе (најбоље величине ораха) и потом пржити у нарочитим пећима. Некој руди је за ту сврху било потребно да се предходно дуже времена изложи атмосферском утицају, мразу, сунцу, ветру „да сазри“, да би оксидирала, те тиме у главноме изазвала сумпор, кога киша лако спира, што се чини и данас. Овај стари начин добијања гвожђа до скоро се био задржао у Норвешкој и Шведској, јер је томе погодновало, поред згодних водених падова за покретање мехова, и само богатство у шумама. Дакле, у колико је руда била тежа за редуктовање, у толико је и пећ морала бити већа, из чега се да закључити, да су ипак цурњаче или ватре биле старијег порекла од комадних или курјачких пећи.

¹⁾ Наравно да се овака продукција данас не би могла ни изблиза да рентира.

Гвожђе добијено у овим пећима није било добро за ковање, није се могло развлачити као што треба. Да би се могло ковати и развлачити, овако гвожђе се морало прерађивати; морало се ослободити сувишка угљеника, кога је привукло, јер је при топљењу било у непосредном додиру са угљеном. Ово дезугљенисање вршено је у почетку на тај начин, што је сирово гвожђе поново загрејавано до белог усијања, при чему се дезугљенисало само на површини. Слој меканог гвожђа се скидао, а остало подвргавало истом процесу, или као такво употребљавано. И ако овако добијено гвожђе ни онда није својим квалитетом одговарало потреби, ипак се дуго и доста употребљавало. Боља врста гвожђа добијала се, пошто се гвожђе добијено у цурњачама и курјачама поново претапало. На тај начин је пронађен процес пречишћавања (Frischprocess), а тиме отворен пут за грађење високих пећи за добијање сировог гвожђа, јер се оно имало сада где да прерађује у ковно, на начин лакши и бржи.

Зидање великих пећи за топљење руде изазвала је и све већа потреба за гвозденом робом, а нарочито потреба за оружјем и муницијом, која се нарочито почела да развија крајем XIII века. Ову велику потребу у гвожђу нису могле да задовоље мале, примитивне пећи о којима смо говорили и из тог разлога, што се за тако примитивно добијање сировог и кованог гвожђа могле да употребе само веома лако потљиве руде, које су, наравно, биле ређе. Међутим висока пећ могла је да топи многу руду, коју старе пећи нису могле, те се тако, као и уз све боље искоришћавање процеса пречишћавања, могла да задовољи растућа потреба у гвожђу. Када је и где подигнута прва висока пећ, не може се тачно знати не зато, што о томе нису остали никакви подаци, већ што је прелаз из пређашњих комадних пећи у високе био постепен.

Облик првобитних високих пећи био је веома прост. Њега су у главном данас задржале мале пећи, што употребљавају дрвени угаљ: две зарубљене купе, које се поклапају ширим површинама. У колико су се усавршавали мехови за удување ваздуха, у толико је расла и величина високих пећи. Од негдашње висине 3—4 мет., она је порасла на 6, 10, 15, док данас није достигла висину од 30 па и више метара, са дневном производњом од 7—800 тони сировог гвожђа.

Употреба бољих и већих мехова, које је све до употребе парне машине покретала вода, није имала само за резултат већу продукцију гвожђа, већ је стварањем веће температуре постигнуто

потпуно топљење гвожђа у течност. Некада се гвожђе сабијено у тестасту масу вадило из курјача, пошто јој се претходно провали трбух; сада се оно из високих пећи источи. Убрзо се увидело да овако добијено гвожђе лепо испуњава судове у којима се хватало, управо оно је показало своје корисно својство ливења, те се почело употребљавати за ливенарију. При ливењима се показало, да отпаци при понављаним топљењима мењају првобитно својство сировог гвожђа, прелазећи постепено у ковно, те се и тако добила веза са процесом пречишћавања.

Као што смо напоменули, о производњи високих пећи у XIII веку и о томе, где се са њима најпре почело, нема никаквих утврђених података. Једно је неоспорно, да оне нису случајан проналазак, јер се добијање течних метала: олова, калаја и т. д у т. зв. јамастим пећима знало и раније. Озбиљан рад са високим пећима свакако је отпочео пред крај XIV века.

Услови за развијање ливења гвожђа овим су постали пуни. За давање облика предметима и за саму технику ливења није било нарочито већих тешкоћа, јер се знало ливење бронзе. За читавих 100 год. није у томе било никаквих нарочитих новина. Узрок томе је, што високе пећи нису биле довољно високе, да би се произвела већа температура, која је потребна за добијање сивог ливеног гвожђа, већ се добијало бело сирово гвожђе, које за ливење није погодно, јер лако прска и не испуњава добдо калупе.

Ливено гвожђе у средњем веку највише се употребљавало за ливење топова и граната, који се дотле лили искључиво од бронзе. Рад је са гвожђем био исти, само роба јевтинија. Такође се гвожђе одмах почело употребљавати за изливање црвкених звона, цеви, судова, разних тегова и др. Веома много, нарочито у Немачкој, ливене су у почетку плоче за камине, а затим и цели камини и пећи, што се доцније развило у једну уметничку индустрију.

Мада је искоришћавање воде за покретање мехова, ради удубавања ваздуха у високу пећ, учинило веома велики напредак у топионичарству, ипак то после није било довољно, да би се задовољила велика тражња гвожђа. Веома велика сметња даљем развијању топионичарства било је у томе, што је оно искључиво упућено на дрвени угаљ, који се добијао по цену уништавања шума. Почело се помишљати, да се дрвени угаљ замени каменим. Први покушаји у томе датирају из почетка XVII века у Енглеској. Први коме је успело да гвоздену руду истопи помоћу каменог

угља био је незаконити син лорда Дедлиа (Dudley). Примена кокса приписује се Дербиу (Darby). Шира употреба угља није се могла да примени одмах због извесних политичких догађаја у то време у Енглеској, а кокс се практично почео да употребљава 1735. г. Док се високе пећи за кокс у Енглеској, као што се види, почеле давно да уводе, дотле су се оне на континенту увеле тек после 1820. г. Томе је разлог чињеница, да је на континенту било доста шума и доста руде доброг квалитета. На Скандинавији и у Русији и данас употребљавају дрвени угаљ, јер су те земље шумама веома богате.

Проналазак парне машине, који пада у ово доба, допринео је у многоме напретку индустрије гвожђа, заменивши водену снагу за покретање мехова. Тиме је још омогућено подизање високих пећи у близини рудника, јер није било више везано за речне падове. На тај начин се избегавало и транспортовање руде, што је по цену гвожђа од великог значаја.

Са напретком рада високих пећи напустила се готово потпуно тежња, да се ковно гвожђе добија директно из руда, већ се добијало посредно, т. ј. из сировог гвожђа. За ову сврху употребљаване су, као што је напред напоменуто, пећи за пречишћавање. То су у опште прве пећи, у којима се добијало ковно гвожђе из сировог и употребљавале су се још у доба цурњача и курјача, са којима су биле доста сличне. Онда се гвожђе пречишћавало на тај начин, што се у њима поново запревало, док не постане мекано као восак. Наравно свако се гвожђе није пречишћавало, већ само оно, које није било довољно чисто. Сва шљака и нечистоћа није се могла очистити при претапању, већ се остатак одстарњивао ковањем. Онда се није ни слутило какав се хемијски процес том приликом вршио. Доцније уз високе пећи и пећи за пречишћавање биле су савршеније. Употребљавале су искључиво дрвени угаљ. Гвожђе добијено у њима одликовало се изванредном ковношћу, заваривањем, мекоћом, растегљивошћу, те се само тим својствима може приписати, што су се оне и дандањи могле да задрже у земљама, где има доста шума, нарочито у Шведској. О овим пећима биће опширније, када буде говора о добијању ковног гвожђа.

Велика потреба у гвожђу, као што рекосмо, изазвала је и потребу високих пећи, а није било много тешкоћа повећавати њену продукцију. Ово повећање у главном, изазвало је с једне стране потребу, да се и досадашње пећи за пречишћавање за-

мене другим, које би могле у продукцији да иду у корак са високим пећима. Ове су постале незгодне прво зато, што је процес у њима спор, а друго, што су употребљавале искључиво скупо гориво, дрвени угаљ. Наравно настојавало се, да се место дрвеног угља употребљава камени угаљ, као и код високих пећи. Међутим једна велика незгода спречавала је, да се место дрвеног угља употреби камени, јер је гвожђе, долазећи с њим у непосредан додир, узимало извесне његове састојке, нарочито сумпор, који веома неповољно утиче на квалитет ковног гвожђа. Да би се могао да употреби и камени угаљ, морала се конструисати таква пећ, у којој гориво не долази непосредно у додир са гвожђем, пећ у којој би се гвожђе топило помоћу пламена; управо искористити за гвожђе ону исту методу, која се већ употребљавала за добијање неких метала. Ово је прво пошло за руком Енглезу *Ерни Корт-у* (Henry Cort), 1784. год. Таква је пећ прозвана пећ за пудловање¹⁾. Наравно као и сваки први проналазак, ни прва пудловна пећ Корт ова није могла одмах да нађе пуну практичну примену, док је нису усавршили Балдвин Роџер (Baldwin Rogers) и Џозеф Хол (Joseph Hall). При свем том највећа хвала припада првом проналазачу, који је 1800. г. умро у највећој беди.

Проналазак пудловне пећи означава истовремено и почетак праве, велике индустрије гвожђа, а са тим и енглеско индустријско подизање и господарство. Будући у веома згодној околности, да су јој се рудници гвожђа налазили махом у близини угљених рудника, Енглеска је сада применом пламеног система, којим се за исто време и уз исти број радника, добија 10 пута више ковног гвожђа него дотадашњим системом, почела да своје највеће старање управља на индустрију гвожђа. Од сада почиње енглеско индустријско подизање, почиње велика индустрија, а са њоме и моћ Велике Британије. Она је сада почела испред континенталних држава гигантски да одмиче.

У то време пада једна веома важна новина у индустрији гвожђа — примена ваљалице (Walzwerk), у место старих ковница.

У другој десетини XIX века уведена је пудловна метода у Шведској, Немачкој и Француској, а 10 година доцније у алпийским земљама. Она је брзо потисла стару методу пречишћавања

¹⁾ Од енглеске речи to puddle (ту падл) = мешати.

услед преимућстава у преради много веће количине ковног гвожђа, мада је продукт нешто лошији. Гвожђе је додуше довољно чисто од фосфора, али је за неке предмете мање било погодно.

Методe пречишћавања и пудловања су у ствари претварање сировог гвожђа у ковно сагоревањем састојака под посредним и непосредним деловањем атмосферског ваздуха. Превртање, разбијање, мешање тестасте гвоздене масе у пудловним пећима показује, да се процес пречишћавања — сагоревања обавља брже, у колико ваздух долази више у додир са сировим гвожђем. Да би ваздух што шире, снажније и брже деловао на гвожђе, дошао је на идеју, опет Енглеz, Енри Бесемер (Henry Bessemer), да ваздух не доводи у везу са површином гвоздене масе, већ да га спроводи кроз саму масу. Он је најпре то покушао у једном суду, у коме је било растопљено сирово гвожђе. Кроз средину суда, од заклопца до дна, пролазила је једна избушена цев, кроз коју је одозго јако удувавао ваздух. Покушај је одмах показао огроман резултат, те је метода убрзо прихваћена и усавршена.

Огромно њено преимућство је у томе, што се за врло кратко време могла да преради огромна количина сировог гвожђа. Док се на пр. у пудловним пећима може за 24 часа да добије 2500—4000 кгг.ковног гвожђа, дотле се у Бесемеровом конвертеру може за то време да добије 50—80 вагона. Притом Бесемерова метода не захтева онај мучан и напоран рад око мешања у пећи, при чему вештина радника игра велику улогу. Веома велика добит, коју Бесемерова метода пружа, је и у томе, што она не треба никакво гориво. Топлота, коју растопљено гвожђе има, довољна је да уз припомоћ удуваног ваздуха, односно кисеоника, сагори непотребне састојке у гвожђу.

На жалост овај проналазак, поред огромних преимућстава према старим методама, није ипак могао да нађе пуну примену услед једног недостатка, те се почело помишљати, да се опет врати метода пудловања. Недостатак Бесемерове методе је у томе, што се њом није свако гвожђе могло да пречисти. Она се морала да ограничи само на гвожђе, које није имало у себи фосфора, јер конвертер, који је Бесемер конструисао, био је обложен-озидан киселом облогом, којом се није могао да излучи фосфор. После неуспелих покушаја Тунера (Tunner), а нарочито Грунера (Gruner), чији је покушај био најближи остварењу, јер је за озиђивање конвертера препоручивао доломит, Крупа (Krupp), који је препоручивао да се

растопљено гвожђе сипа преко усијане руде, успело је Енгле-зима из Лондона Перси Џилхрист-у (Percy Gilchrist) и То-масу (Thomas) 1878. г. који су у металургији били готово ди-летанти, да методу свога земљака усаврше. Они су за озиђавање конвертера употребили печен и самлевен доломит, кога су заме-сили са тером, па то под врло јаким притиском сабили у опеку. Постављен овим опекама конвертер је у стању, уз додатак пе-ченог креча гвожђу, да без штете по њега и његове зидове, да јаку базичну згуру. Тиме се из гвожђа излучује фосфор, који је прешао у фосфорну киселину. За разлику од Бесемерове или ки-селе методе, ова метода назива се Томасова или базична. На тај начин омогућено је добијање гвожђа из руда, које садрже и фо-сфора, што обичном Бесемеровом методом није могуће. Тома-сова метода, која је потисла прву готово свуда, нашла је највећу примену у индустрији гвожђа у Немачкој, која се не може похва-лити првокласном рудом.

Поред Бесемерове, односно Томасове методе, развила се у другој половини XIX века и т. зв. Сименс-Мартинова метода. Ве-лике количине отпадака и старог употребљаваног гвожђа, које су услед већ развијене велике индустрије престављале извесно богатство, нису на жалост могле да се употребе, јер се досадаш-њим методама нису могле да стопе и прераде. За претопљавање ковног гвожђа потребна је већа температура, која се није могла лако да произведе досадашњим горивима. Заслуга припада Фрид-риху и Виљему Сименсу за проналазак гаса добијеног из угља, који запаљен може да произведе температуру довољну за топ-љење ковног гвожђа. Отац и син, Емил и Пјер Мартин први су 1865. г. применили у Сиреју у Француској овај гас у нарочито конструисаној пламеној пећи. Наравно с правом се ова метода и назива Сименс—Мартинова, јер је заслуга и једних и других за њу подједнака. Услед тога што је ова метода искоришћавала старо гвожђе и отпатке, а нарочито што је она била погодна за производњу челика, она је успела да све дотадашње методе прева-зиђе и да скоро освоји велику индустрију.

У данашњој владавини електрицитет није тешко погодити да ће чинлац упитати: па је ли електрицитет нашао примену у металургији гвожђа. Наравно да јесте и већ је успео да заузме једно лепо место. Очекује се да он своју примену прошири, ма да за извесне случајеве она мора да остане ограничена.

Уз напредовање науке множе се и покушаји, да се ковно гвожђе добија непосредно из руде, али се у томе до сада није озбиљно успело. У сваком случају директно добијање ковног гвожђа мора бити ограничено на извесну руду. Притом се увек показала потреба за већом потрошњом горива. Како се до сада ова настојања ограничавала на мање успехе, то у овој књизи неће бити потребно нарочито говорити о томе.

Са овим смо исцрпili овај кратак историјски преглед, који показује, да је и економска и државна моћ народа била, од почетка историјског развитка човечанства, у најтеснијој вези с гвожђем. Културни развитак ишао је такође упоредо са развијањем индустрије гвожђа. Увидевши праву важност гвожђа Наполеон I, када је био на врхунцу своје славе, рекао је у једној својој прокламацији: „да би се мир наметнуо, потребно је гвожђе!“ Он је тада имао много више права, него кад је у другој прилици казао, да је за то потребан новац. Није ли данас и најбогатији и најснажнији онај, који има највише гвожђа. Енглеска за своју превласт у свету има највише да захвали своме богаству у гвожђу. Снагу и богаство великих сила: Америке, Немачке, Француске, чини у првом реду гвожђе. Угаљ долази у други ред. Наша земља по свим изгледима обилна у гвожђу, има најглавнији услов да буде богата и снажна. Ово је у толико сигурније, што је она уз то мало испитана и што су налазишта у Европи и Америци у велико искоришћена. По свом географском положају, по способности и културним диспозицијама наше расе, ми ћемо ускоро у том погледу постати важни. Већ има јасних знакова за то. Аутор не жели више, него да ова књига буде једна цртица у обележавању тих знакова.

Паметном и социјалнијом организацијом рада и настојањем за економским уздизањем маса, а не протекционистичко-заштитном економском политиком, ми ћемо створити услове развијању народног капитала ради искоришћавања природних богатстава, којих наша земља има као ретко која, а од којих је богаство у гвожђу једно од најважнијих.

ГЛ. II

ДОБИЈАЊЕ СИРОВОГ ГВОЖЂА.

ГВОЗДЕНЕ РУДЕ.

Гвожђа има на земљи веома много. После алуминијума оно је најраспрострањенији метал. Црвенило крви и зеленило лишћу чин гвожђе. Геолози Кларк и Вогт проучавајући састав земљине коре нашли су, да је она састављена из ових елемената:

Кисеоника	48 ³⁰	угљеника	0 ²⁵
Силицијума	27 ⁴⁰	Клора	0 ¹⁵
Алуминијума	7 ⁴⁵	Фосфора	0 ¹⁰
Гвожђа	4 ²⁰	Мангана	0 ⁰⁷
Калцијума	3 ⁴⁰	Сумпора	0 ⁰⁶
Магнезијума	2 ⁴⁶	Азота	0 ⁰²
Натријума	2 ⁴⁰	Баријума	0 ⁰³
Калијума	2 ³⁵	Флуора	0 ⁰³
Водоника	0 ⁹⁰	Хром	0 ⁰¹
Титана	0⁴⁰		

Дакле земљина кора садржи гвожђа око 4.20. Испитивање земљине коре је могуће, али она сачињава тек један мали део земљине лопте. Међутим ако се узме у обзир, да је специфична тежина целе наше земље 5.6, док је земљине коре само 2.7, онда произлази, да је земљина утроба испуњена материјом, која је тежа од оне на површини. Из ове разлике у тежини спољашности и унутрашњости земље закључује Вихерт, да се земљина језгра састоји из једне растопљене гвоздене масе у пречнику од 10.000 км. Из тога би произашло, да се 8/11 земље састоји из гвожђа.

Наравно да цифра, која показује проценат гвожђа у земљиној кори, не може се сматрати утврђеном, јер су поменути геолози узели у обзир количину гвожђа на континентима Европ-

ском и Америчком, пошто су остали испитани веома мало. На пр. Азија, Африка и Аустралија нису ни пуних 5% геолошки испитани.

На XI-ом међународном геолошком конгресу у Штокхолму 1910. г. покушано је да се утврди количина гвожђа у свету. Међутим то се није успело, али се могло да утврди, да је само 13.5% копна испитивано, а да се за 10.5% може да да једна приближна цифра. Према томе само се за 1/4 копна може да поставља извесна процена. По тадашњем прорачуну количина гвоздене руде у Европи и Америци износи 22 милијарде тона. Те 22 милијарде тона могле би према тадашњој потрошњи гвожђа да трају само 50 година. Наравно, кад би то било у истини, онда би свет требао да буде очајан. Међутим то ни изблиза није тако, јер ни половина Америчког континента, па и један добар део Европе, нису геолошки испитани. Нарочито се за Русију и Балкан не могу да постављају никакве цифре. Што је најглавније, горње цифре се односе само на отворене руднике, док неотворени рудници имају око 90 милијарди тона руде. Не треба сметнути с ума, да се многа гвоздена руда не искоришћује, услед недостатка техничких средстава да извлачење гвожђа из њих. Нико не сумња у могућност нових проналазака у топионичарству, који би омогућили експлоатисање и ове руде. Ако се притом узме у обзир, да би се у глади за гвожђем морало да прибегне и топљењу руда, које се сада као сиромашне гвожђем одбацују (у Немачкој до 35%, у Америци до 40%), онда свет не треба да буде много забринут. Мора се веровати, да ће човек некада моћи да извуче гвожђе које се налази дубоко у земљи, па и оно што се налази у морима и океанима.

Гвожђе у природи не налазимо никад чисто, у свом елементарном стању, већ увек у једињењу, у вези са другим материјама, т. ј. у рудама. Махом се везује са кисеоником, стварајући гвоздене оксиде. Ако дође у везу са водом, ствара гвоздени хидрат, а ако пак са угљеном киселином, прелази у гвоздени карбонат и т. д.

Имамо управо четири врсте руда, из којих данас гвожђе добијамо.

Магнетит — *магнетовац*. — (Гвожђе оксидулоксид Fe_3O_4). Овде је најбоља гвоздена руда и може да садржи гвожђа до 72% просечно 50—60%. То је једињење гвожђа и кисеоника. Познаје се по томе, што на хартији оставља црн траг. Долази

махом у лепим октаедричним кристалима, који кад-кад могу да буду веома правилни. Ретко се магнетит налази сам, већ врло често у друштву других елемената као фосфора, мангана, злата, титана и др. Своје име добио је по свом магнетском својству. Најглавнија налазишта магнетита су у Шведској, Норвешкој и Русији.

Хематит, црвена гвоздена руда. (Гвожђа оксид $\text{Fe}_2 \text{O}_3$). По богаству гвожђа долази на другом месту. Има гвожђа највише 70%, просечно 40—60. Боје је црно сиве, а зове се црвена руда за то, што на хартији оставља црвен траг. По површини је сјајна, па се код нас у неким крајевима и назива гвоздени сјајник. Хематит се налази у веома различитим облицима и бојама. Кад-кад је по површини сјајан, кад-кад је таман и личи на обично црвено камење, не показујући ни трага од метала. Често га има у ромбоедричним кристалима који изванредно лепо сјаје и иризирају, т. ј. показују дугине боје. Ма какав физички састав руде био, она је црвена када се смеље.

Лимонит. Мрка, риђа гвоздена руда (гвожђа хидроксид $2 \text{Fe}_2 \text{O}_3 \cdot 3 \text{H}_2 \text{O}$). Ово је најраспрострањенија гвоздена руда, може да садржи гвожђа највише 60%, а просечно 28—40%. Не долази никад у јасним кристалима. Врло често је црне боје. Ма какве боје била, оставља рђаст траг. Врло често се налази у заједници са сидеритом, што је са осталим рудама много ређи случај.

Сидерит (гвожђа карбонат, Fe CO_3). У хрватским крајевима га називају оциљевац. Такође јако распрострањена гвоздена руда, уједно најсиромашнија гвожђем (максимум 48.5%, просечно 30—40%). Ако је у заједници са лимонитом, онда гвожђа може да садржи и до 60%. Не показује никад метални сјај, те се по спољашности никако не би дало закључити, да та руда има у себи гвожђа. Сидерит је боје махом отворено жуто-црвене, а када се испече, прелази у риђу или црно плаву. Ако у руди има иловаче, онда се назива сферосидерит, ако ли пак угља онда угљосидерит или блакбанда. При пржењу сидерит губи 30% од своје тежине и лако се редукује.

Осим поменутих гвоздених руда, које нам дају гвожђе, могу се у ту сврху употребити и којекакви разни отпаци, као на пр. љусце и отпаци при ваљању гвожђа,¹⁾ отпаци при ковању,²⁾ прашина која се нахвата у цевима што одводе гласове из великих пећи, разна гвоздена згура и т. д. Нарочиту вредност има згура старих примитивних цурњача. У Босни, која је од вајкада позната као

¹⁾ и ²⁾ Ковачица.

гвожђем богата и где се оно добијало још за време Римљана па и раније, има веома великих наслага старе згуре, која ће кад-тад да нађе своју употребу. Пудловна згура се такође радо прерађује, нарочито ако нема превише фосфора. Извесни силикати гвожђа, који се лакше редукују, могу такође да се употребе. Али од свих ових сурогата највише се тражи и најрадије искоришћује, нарочито од проналаска Сименс-Мартенове методе, старо гвожђе.

За индустрију гвожђа, односно челика, од велике је потребе и манганова руда, да би се добиле легуре огледаласто гвожђе и фероманган. Главне су манганове руде, које овде долазе у обзир: пиролузит, хаусманит, манганит, манганоспат. Од ових се у природи највише налази пиролузит.

Као што се из описа главних гвоздених руда види, руде се налазе у природи у разним степенима чистоће. Немогуће је, пак, да она буде потпуно чиста. Осим тога степен чистоће код лошијих врста руде може да буде већи, него код бољих врста; на пр. проценат гвожђа у лимониту може да буде већи, него у хематиту и сл.

До кога процента чистоће руда се може да искоришћава, није одређено. То зависи од многих околности; у првом реду од каквоће саме руде, т. ј. има ли у њој састојака, који је чине неподесном за искоришћавање, затим од транспортних могућности, нарочито од добаве горива за топљење. Ако се у близини руде налази и јевтин горевни материјал, онда се може да истапа и она руда, која има мањи проценат гвожђа. Ако ових услова нема, онда се и много боља руда не може да искоришћава. У том се случају руда, ако транспортни трошкови дозвољавају, носи даље, ако не, она остаје па макар имала и 10 и 20% гвожђа више него руда, којој је гориво обезбеђено. Каква красна налазишта гвожђа морају чекати на изградњу путева и жељезница, да би се могла експлоатисати. Под теренским тешкоћама осим непроходности земљишта треба разумети и дубине, на којој се гвожђе у земљи налази. Руда, која се налази на површини земље као на пр. у Ерцбергу у Штајерској, условљава много лакше искоришћавање него она, за коју се морају копати велика окна, да би се до ње дошло.

Од велике важности за искоришћавање руде је и њен хемијски састав, т. ј. начин на који су за руду везани њени непотребни пратиоци, што је од првобитне важности на њену моћ редуковања, као и на могућност излучивања доброг метала. Од елемената,

којих може бити у руди, нарочиту важност има фосфор отуда, што он при топљењу сав прелази у гвожђе, које као такво за извесне продукте није употребљиво, а извлачење фосфора, међутим, скопчано је са нарочитим издацима. Фосфор је потребан само у извесној малој количини за извесне врсте гвожђа. Сумпор је такође штетан, ако га у руди има више. Ако њега има и сувише, па макар било у руди гвожђа и до 70%, таква се руда не може да употреби. Гвожђе које садржи сумпора, прска кад се црвено усија, т. ј. не може се ковати, па је ради тога потребно сумпор извадити додавањем креча при топљењу у високим пећима, при чему сумпор прелази у згуру. Велики део сумпора излучи се предходном оксидацијом. (Пржењем и излагањем атмосферском утицају). Необично рђав друг гвозденој руди је арсен, који и у мањој количини чини руду потпуно неупотребљивом, јер се никојим начином до сада није успело раставити га од гвожђа. Ако га има мање, гвожђе прска на црвеном усијању, ако га има више, гвожђе прска и хладно. Тек у веома малој количини може да буде нешкодљив.

Припремање руде. Гвоздена руда донешена из рудника ради топљења у високим пећима, ретко је толико чиста, да се може да употреби таква каква је. Махом је потребно да се она предходно за то припреми. Под припремањем треба у главном разумети две основне радње: физичку и хемијску. У физичку радњу спада у главном прање руде, магнетно издвајање гвожђа од земљаних састојака код руда, код којих се то може, брикетирање, дробљење. У хемијску радњу, пак спада пржене руде и њено излагање атмосферском утицају (сунцу, киши, ветру, мразу.)

Ако гвоздена руда садржи у већој мери земљу и сличне неметалне и лепљиве састојке, онда се она мора да испира, те се на тај начин механички издвоје делови који садрже гвожђе. Махом се овој радњи подвргава руда трошнија и ситнија. Руда у већим груменима мора се предходно разбити, здробити. Прање руде врши се примитивним и машинским начином. Један од примитивних начина је и онај код нас на Власини, кога смо описали. Ипак се данас за то више употребљавају нагнута бетонирања корита. Машинско прање врши се бубњевима широким 1⁵ мет., који се окрећу око своје хоризонталне осовине. Овакав бубањ учини 8—10 окретања у минути и може за дан да испере до 30 м³ руде, уз утрошак 600 м³ воде. Осим бубњева употребљавају се и сита, која се клате. (Као што се ветрењају жита).

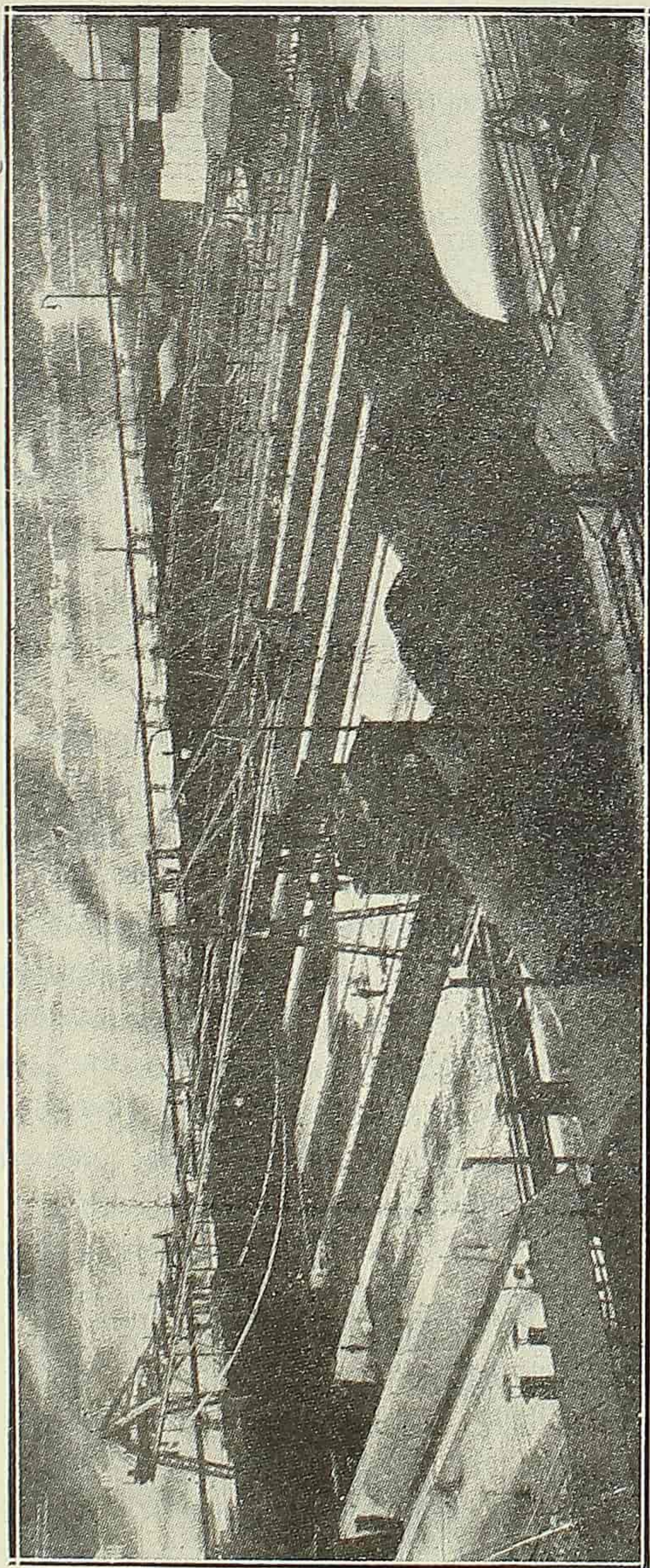
Примена магнетне енергије, која је нарочито велика у последње време, дала је у чишћењу руде веома лепе користи. Наравно магнетна радња се не може да употреби за руду која је крупна, већ само за ону, која је ситна или прашљива. За магнетит и сидерит (који предходно мора да буде пржен) употребљава се магнетизиран челик, а за хематит, лимонит и сидерит електромагнет. Магнети су у облику ваљака и учвршћени у бубњу, или у облику клинова, који делују на полове.

Дробљење крупне руде врши се обично ручно или механички. За механично добљење се употребљавају разне машине. Махом се то чини између ваљака, или у машинама сличним оним, што дробе камен. Руда величине ораха најпогоднија је за топљење. Ако је руда ситна, а може да буде ситна као прашина, не може се таква топити, јер би запушила високу пећ. Она се мора брикетирати, т.ј. сабити у крупније комиће и испећи. Да би се ово могло да постигне, потребно је да сама руда садржи иловачу или какву другу лепљиву материју, у противном мора се мешати са гвозденом рудом, која тога има. У недостатку ове руде додаје се какво органско средство као тер, асфалт, камени угаљ. Цемент, гипс или креч не могу у ову сврху да се употребе, јер би таква опека у високој пећи услед топлоте прскала.

Под пржењем руде разуме се њено загревање до температуре, која лежи одмах испод тачке топљења. Пржењу је циљ, да се руда хемијски измени, т.ј. да се из ње истера вода и угљена киселина и да се начини шупљикавом, да би се њено топљење лакше вршило, при чему се нарочито циља на уштеду у коксу. На овај начин се из руда истерају, ако не потпуно, ипак у већој мери, најшкодљивији елементи: сумпор, бакар и нешто арсен, који би при топљењу прешли у гвожђе. Овим руда истовремено губи у тежини до 30%, што је нарочито важно по њен транспорт.

Пржиње руде обавља се у гомилама, у заграђеним просторима —оборима и у пећима. Гомиле су обично високе 1—3 мет., а широке 10 м. Дужина је произвољна. Руда која има у себи угља, као сидерит или блакбанда, може да гори сама, па се овај начин пржења по гомилама махом примењује код ње. Иначе друга руда, кад се мора да пржи у гомилама, мора да лежи на запаљеном коксу или бољем угљу. Заграђени и оплочани простори, обори, у којима се руда пржи, велики су обично 4×6 мет., са зидовима високим до 4 мет. Могу да буду покривени или непокривени. Под и

зидови су избушени, да би ваздух кроз руду циркулисао и убрзавао сагоревање угља. Овде се руда са угљем меша по слојевима.



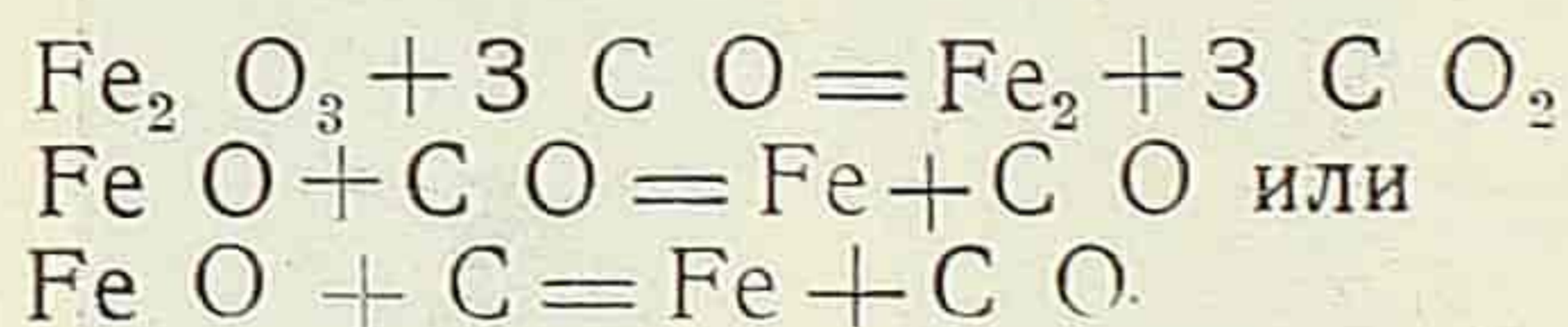
Сл. 2. Обори у којима се руда пржи.

Пећи у којима се руда пржи има две врсте: 1) Пећи јамасте којих има двојакних. У једнима се руда наизменично слаже са горивом, а у другима руда лежи на решетки, кроз коју пролази пла-

мен. 2.) Пламене пећи, у којима се руда пржи помоћу пламена, што са друге стране пећи куља и лиже преко руде.

После пржења руда се у гомилама или у базенима и под ведрим небом дуже времена излаже атмосферском утицају: сунцу, киши, ветру, а нарочито мразу. На овај начин се још више повећа њена моћ за редуковање. Тек овако припремљена, руда може да се топи у високим пећима.

Најпотребнији фактор данас за топљење руде је кокс. Количина кокса потребна за ову сврху зависи у првом реду од рудине способности за редуковање. Под редуковањем руда разуме се њена способност, да се под утицајем угљен-оксида или чврстог угљеника разлаже на своје саставне хемијске елементе, управо да се образовањем угљене киселине, односно угљен-оксида, издвоји гвожђе. Хемијским формулама изражена та се радња обавља овако:



У колико гвоздена руда за редуковање треба више угљеника, у толико се теже редукује и обратно, т. ј. у колико лакше подлеже утицају угљен-оксида, у толико се лакше редукује.

О редуковању и утицају осталих састојака руде на ову радњу, могло би бити опширније у књизи, која би имала једну ширу стручну намену. Али како је овом делу првенствено намена да служи као практична основна књига дѣлаоцима на пољу металургије гвожђа, и онима који гвожђе прерађују или њим тргују, којима се као прва ове врсте на нашем језику пружа, то ће изостати шире излагање о хемијским радњама уопште, за које се предпоставља једно дубље познавање хемије.

Горива.

Топлота која је потребна за добијање гвожђа, добија се сагоревањем извесних горива. Горива, која се у металургији гвожђа употребљавају се: дрвени угаљ, камени угаљ, антрацити кокс. Сва ова горива садрже од горућих материја само угљеник и слободни, невезани водоник. Под слободним водоником разуме се она количина водоника, која се не може да веже за кисеоник. Везани водоник ће се тако држати, као да потребна количина кисеоника с њим чини воду. Овака вода зове се хемијска или хидратна, за разлику од ове обичне воде, што је имамо у атмосфери и која се зове хигроскопска. Везани водоник не само што не ствара топ-

лоту, већ на против уништава један део топлоте, коју развија угљеник.

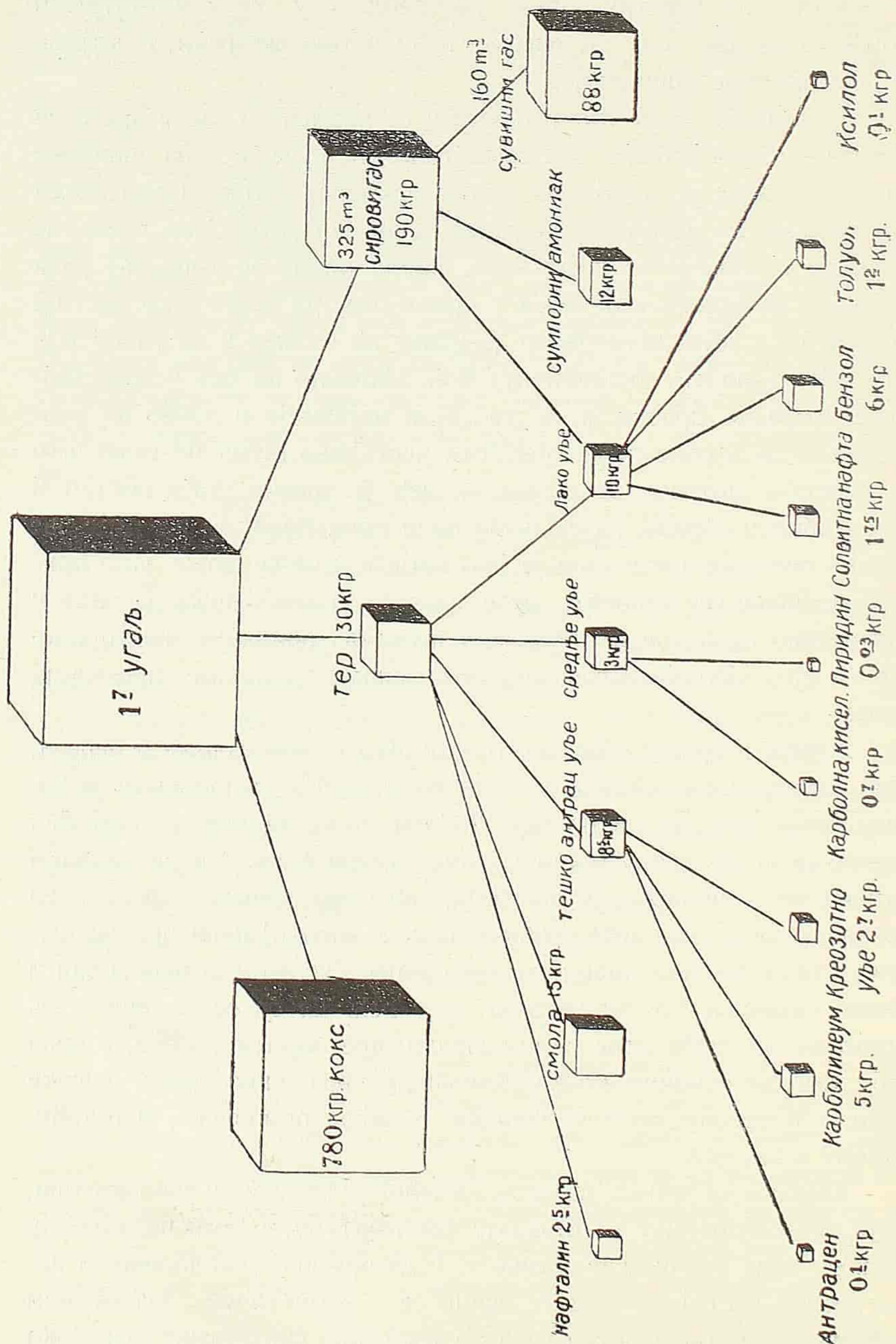
Осим ових чврстих горива употребљавају се у металургији гвожђа и гасови: они из високе пећи и генераторски, о којима ће бити доцније опширније.

Од каменог угља употребљавају се пламене и гасне врсте за добијање ковног гвожђа, док се за топљење руде, т. ј. за добијање сировог гвожђа, употребљава готово искључиво кокс. Осим кокса употребљава се ретко где антрацит, а дрвени угаљ само тамо, где богатство у шумама то дозвољава. Према овоме за топљење руда потребно је гориво, које мора у првом реду да буде што чистије од састојака, који могу рђаво да утичу на гвожђе и да уз то даје што већу топлотну (калоричну) моћ. Наравно да ове услове најбоље испуњава дрвени угаљ, те се он најраније и почео да употребљава за високе пећи. Међутим нестајање шума не само што је наметало потребу за штедњом, већ је дрвени угаљ постао и нерентабилно гориво, па су људи били принуђени, да за топљење гвожђа потраже друго које је јефтиније и које се може лако прибавити. Данас се топљење руде дрвеним угљем може да узме у обзир само тамо, где је богатство у шумама обилно и неисцрпно, као на пр. у Русији, Шведској, Норвешкој и неким пределима Уније.

Лилнит и тресет због много воде што у себи садрже и пепела, који сагоревањем остављају, а уз то и слабом калоричном моћи, нису прикладни за високу пећ. Добити кокс из њих је немогуће. Једино се за ову сврху могао да узме камени угаљ. Али се ни сваки камени угаљ не може да употреби, већ само извесне врсте, јер обичан камени угаљ има особину да се у високој пећи пре сагоревања стопи, те јако поремети цео процес. Затим као непорозан и тежак спречава удувавање ваздуха у пећ. Да би се камени угаљ могао да употреби мора се коксирати, претворити у кокс, гориво које има све особине, које условљавају правилну радњу високе пећи и потребну чистоћу сировог гвожђа: порозност, чврстоћу, лакоћу и чистоћу.

Коксирању је циљ, да се из каменог угља извуку сви састојци, који при сагоревању не стварају температуру, а који на каквоћу гвожђа лоше утичу. Коксирање т. ј. сагоревање шткодљивих и непотребних састојака и влаге, врши се у херметички затвореним пећима, да не би приступ ваздуха омогућио сагоревање угљеника и невезаног водоника. Приликом коксирања каменог угља добија се осим кокса и мноштво разних продуката, врло потребних и ко-

рисних. Слика бр. 3 показује колико се огромно богатство гасова, уља, смоле и др. крије у угљу.¹⁾



Сл. 3. Шта све садржи каменни угаљ.

¹⁾ Основни хемијски елементи из којих је угаљ састављен су: угљеник (Carboneum C), водоник (Hydrogenium H), кисеоник (Oxygenium O) и азот (Nitrogenium N).

Веома штетан састојак угља, а који делом прелази и у кокс, је сумпор. Овај сумпор не подлеже утицају температуре у високој пећи, као сумпор кога има у руди или кречњаку и кога махом нестане у зонама угљенисања и редуковања. На против сумпор, кога има у коксу, скоро недигнут дође у зону топлјења и прелази у гвожђе. Утичући с једне стране лоше на каквоћу гвожђа, с друге стране повећава количину згуре, везујући за њу извесан део гвожђа. Јер у колико сумпора има у коксу више, у толико је базицитет шљаке мање способан да га веже. Због тога се за топлјење руде сме да употреби кокс, који сумпора може имати највише 3—3½%. При оволиком проценту сумпора добије се мање сировог гвожђа за 20—30%. Према томе квалитет кокса одређује се у главном према количини сумпора у њему.

Мера за топлоту зове се калорија и под њом се разуме она количина топлоте, која је потребна, да се један килограм воде топле 15С загреје за један степен. На калоричну моћ горива највише утиче количина угљеника, коју оно садржи, т. ј. у колико оно има више угљеника, у толико му је калорична моћ већа. Вода умањује калоричну моћ, јер један део топлоте абсорбује за своје испаравање. Органска једињења сагоревајући и прелазећи у пепео такође умањују калорије. Само, пак, сагоревање је хемијска радња, која настаје, кад се кисеоник спаја са неком материјом: (угљеником, водоником, сумпором и т. д.). При тој хемијској реакцији ствара се топлота.

Додаци.

Под додацима треба разумети материје, које се додају руди, да би се помоћу њих излучили њени непотребни и штетљиви састојци. Додатака има двојак: базичних и киселих. У базичне додатке спадају креч и доломит, а у киселе разно белутно камење и шкриљци (силицијска каселина). Додатку је улога, да за себе веже непотребне и штетљиве састојке, са којима образује згуру, која као специфично лакша плива по гвожђу, те се лако да одстранити. Базични додаток служи да из руде извуче сумпор и друге земљине и неметалне састојке и да их веже за згуру, док кисели то чине са рудом, која случајно више садржи креча или магнезијума. Међутим ово ретко бива.

Кречњак се састоји у главноме из калцијумкарбоната (CaCO_3), нешто мало магнезијумкарбоната и увек нешто иловаче. Најчистији кречњак је мрамор, а најнечистији је обичан кречњак, у коме има често фосфора.

Доломит се састоји из 60% калцијума и 40% магнезијумкарбоната.

НЕТОПЉИВИ МАТЕРИЈАЛ

За добијање сировог и ковног гвожђа потребне су пећи, које морају бити способне да издрже велику температуру. Ове пећи морају да буду сазидане или изнутра обложене материјалом, који се неће моћи истопити на температури, потребној да се гвожђе одржи у течном или тестастом стању. Извесно камена поред нетопљивости, потребно је за извесне процесе и због базичне или киселе материје, коју садржи.

Нетопљиво камење делимо у главноме на две врсте: на камење природно т. ј. оно, које се употребљава онакво, какво се у природи налази, наравно уз додавање потребног облика и вештачко које се добија млевењем извесног камења или замешавањем извесне земље. Ово вештачко камење је у ствари опека (цигља).

У природно камење спада т. зв. пудинг, који се у Енглеској и Белгији употребљава за зидање дна високе пећи. Међутим вештачко је камење разноврсно и оно се готово искључиво и употребљава. Најглавније врсте овог камена су: кварцно, шамотно, магнезитно, угљенично, доломитно и карборундумно.

Кварцно или динасно камење прави се из кварцита и отпорно је киселој згури. Употребљава се за озиђивање киселе мартинове пећи.

Шамотног камења има више врста које долазе у металургији гвожђа у обзир, а најважније су: а) Шамотно камење које садржи иловачу и употребљава се за зидање оних делова високе пећи, у којима је температура највећа, где се гвожђе топи и збира. б) Шамотно камење које садржи кварц. Оно се употребљава тамо, где су велике температурне промене и где је трење велико. (Трбух високе пећи.)

Магнезитно камење служи у главноме за заштиту од алкалија, а употребљава се и као базична одбрана при високој температури.

Угљенично камење прави се под великим притиском из 4 дела самлевоног кокса и 1 дела тера и служи као материјал за зидање делова високе пећи, који требају да издржавају највећу температуру.

Доломитно камење израђује се из 3 дела добро печеног и 1 дела слабо печеног доломита са 20% тера. Употребљава се за озиђавање Томасовог конвертера.

Карборундумно камење, већ самим тим што је састављено из карборундума, показује да му је улога, да издржава велики притисак.

Нетопљиви малтери, којима се спаја камење, састоје се: за кварцно камење из самлевоног кварца са добром иловачом. За шамотно камење, које садржи кварц, из финог песка, самлевоног шљунка и иловаче; за шамотно камење које садржи иловачу, из самлевене шамоте и иловаче; за магнезитно камење употребљава се печени и самлевени магнезит са тером, у коме нема воде; за угљенично, самлевени кокс са иловачом. Доломитно камење зида се само са тером, а камење које долази у додир са ватром (а не растопљеним твожђем), спаја се малтером, који се справља из шамотне земље са иловачом или графитом.

ВИСОКА ПЕЋ.

Висока пећ је усправна, јамаста пећ т. ј. њена висина је већа од ширине и материјал за топљење лежи на гориву.¹⁾ Њен облик и димензије зависе у првом реду од врсте горива, које се за топљење руде употребљава, а затим од врсте и количине сировог гвожђа, које се има да добија. Пећ која употребљава дрвени угаљ, ђумур, висине је 8 мет., оне у Русији и до 16 м. а пресека осим обичног кружног, може бити и елипсастог или квадратног. Већа пећ за ђумур не може да се гради, јер је ђумур

¹⁾ У металургији гвожђа као друга врста постоје пећи положене, т. ј. оне код којих је гориво на једној страни, а материјал за топљење на другој.

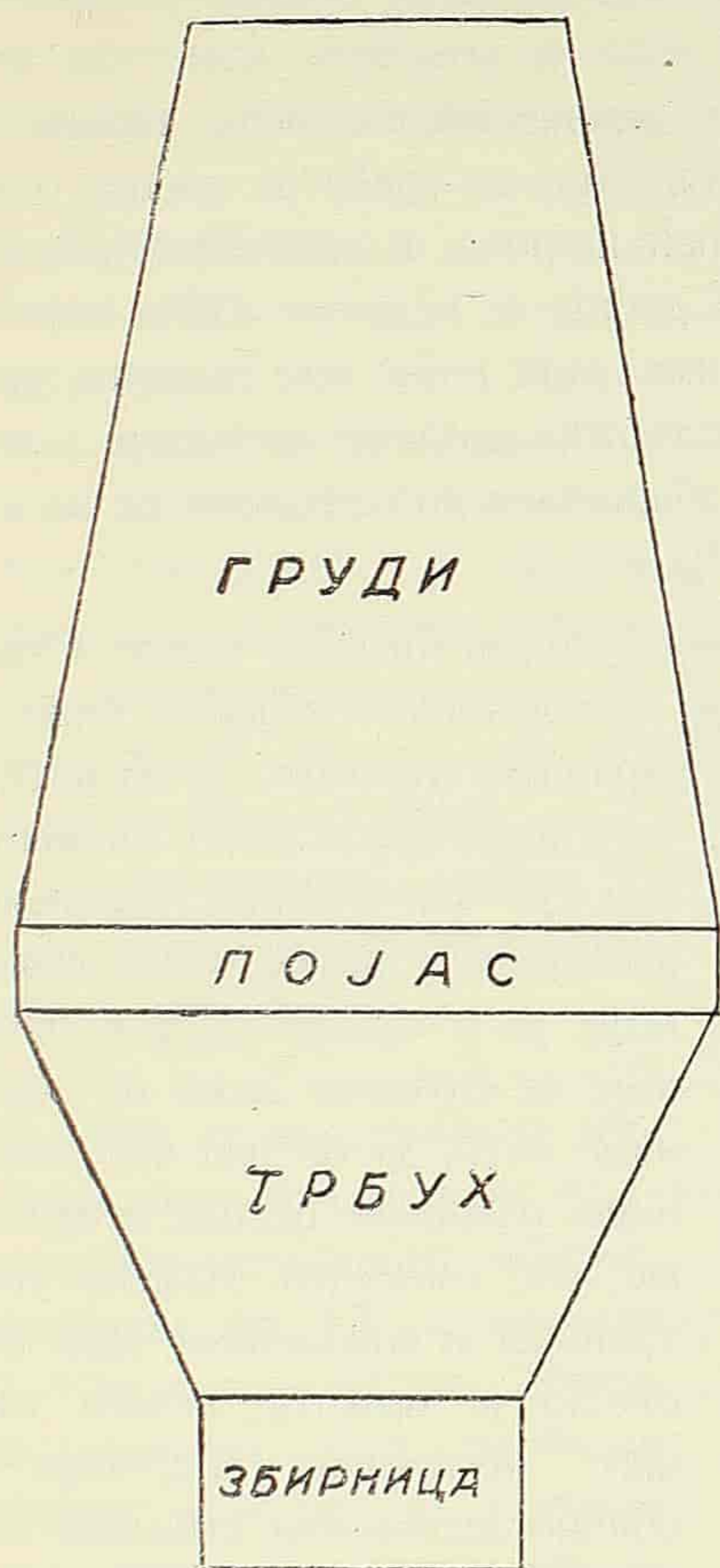
недовољно тврд, да би могао да одржи већи притисак горњих слојева. Међутим модерна пећ, која ради са коксом, много је веће висине, јер кокс може да одржи већи притисак. Њена је средња висина 20—25 м., а може да буде висока и до 35 мет., ако се ради са коксом велике чврстоће и погодне порозности. Пресек коксане високе пећи увек је кружан. Како она има несравњиво већу употребу, то ће она и бити предмет овог дела о високој пећи, у толико више, што наша земља нема ни услове, па следствено ни интересовања за ђумурне пећи, јер немамо шуме за одмет.

Правилан облик сваке усправне пећи, па према томе и високе, требао би да буде цилиндричан, али се такав овде не може да примени, јер се руда при свом силажењу до извесног степена шири, те јој се зато мора угодити простор. Зато пећ мора у свом средњем делу да буде најшира, те у ствари изгледа као две зарубљене купе слепљене својим постољима. Доња купа, која је увек мања од горње, не завршава се правилно, већ на крају прелази у цилиндер. Према томе висока пећ има три главна дела:

1.) Цилиндрични доњи део, кога ћемо назвати *збирница*, јер се у њему истопљено гвожђе скупља, збира, да би се с времена на време отакало. Топљене руде, т. ј. одвајање метала од осталих материја, врши се у горњем делу збирнице. На истом делу пећи, одмах изнад отвора за отакање, налази се отвор, кроз који се избацује згура, која плива по растопљеном гвожђу. Изнад отвора за згуру налазе се дувалке, кроз које се удувава ваздух ради убрзавања процеса у пећи. Дувалке у ствари деле збирницу на два дела: горњи и доњи. Од величине збирнице зависи у главном капацитет високе пећи.

2.) Други, средњи део пећи, зове се *трбух*. Он је у облику зарубљене купе, која пресеком лежи на збирници. У овом делу пећи се обавља сагоревање кокса и редуковање руде.

3.) Трећи и највећи део пећи зове се *груди*. Он се горе завршава отвором, кроз који се пећ пуни. Овај део пећи је највећи и износи обично $\frac{3}{5}$ целокупне њене висине.



Сл. 4. Главни делови високе пећи.

Осим ова три главна дела постоји и четврти, кога ћемо ми назвати појасом¹⁾, а који се налази између трбуха и груди. То је у ствари цилиндрично продужење саставка ова два дела и служи за постепено заустављање масе, која из груди силази, да би тако приправљена лакше улазила у трбух, који се сужава. Пошто се руда при силажењу под утицајем температуре до 1200 С рашири, то се и груди морају постепено доле да шире, док се на против у трбуху, у коме је температура већа, запремина материјала смањује услед сагоревања. Ово ширење и скупљање материјала нема наравно оштру границу, већ је потребно извесно одмориште, где би се прелажење у сужавајући простор припремило. Без појаса би материјал морао да застане, што би могло бити од рђавих последица. Висина појаса

¹⁾ Немачки назови су:

За збирницу: Das Gestell = наслон, ногари, одржач.

За трбух: Die Rast = починак, одмориште.

За груди: Der Schacht = окно.

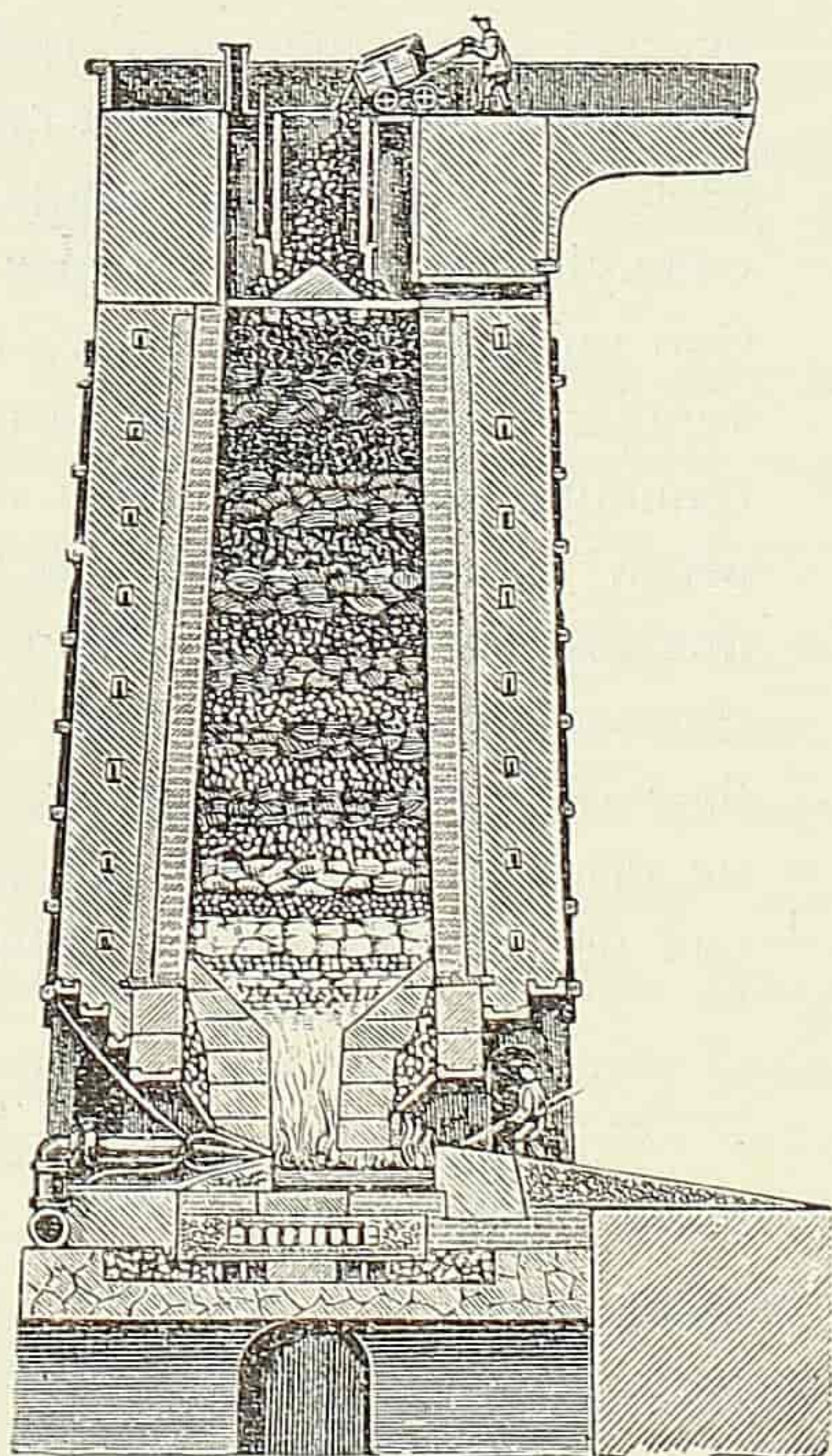
За појас: Der Kohlensack = врећа за угаљ.

Избегавши да ове називе буквално преведемо а у недостатку једног логичног реда назива на нашем језику, ми смо били слободни да сами дамо називе главним деловима високе пећи, верујући да су они логични и прости.

је око 1 м. Неке пећи овај део не морају да имају, ако то дозвољава квалитет руде и кокса.

Међусобни однос димензија делова високе пећи зависи од продукта, који се треба да добија. Ако се треба да добија огледаласто гвожђе, онда се прави пећ широка, и са већим трбухом и збирницом. У овакој пећи се добија и хематит. Пећ, која је узана колико је трбух висок и има мали појас или га нема, употребљава се за добијање сировог гвожђа, које се прерађује у лив. Узана пећ са малим трбухом и збирницом употребљава се за добијање огледалног и тврдог гвожђа и т. д.

Дуварови високе пећи изидани су од нетопљиве опеке. Старе пећи, које се нису хладиле водом као данашње модерне, биле су озидане троструким зидовима. Унутрашњи дувар био је од нетопљиве опеке, а спољни, који се од уста пећи спуштао до збирнице,



Сл. 5. Стара висока пећ са троструким зидовима

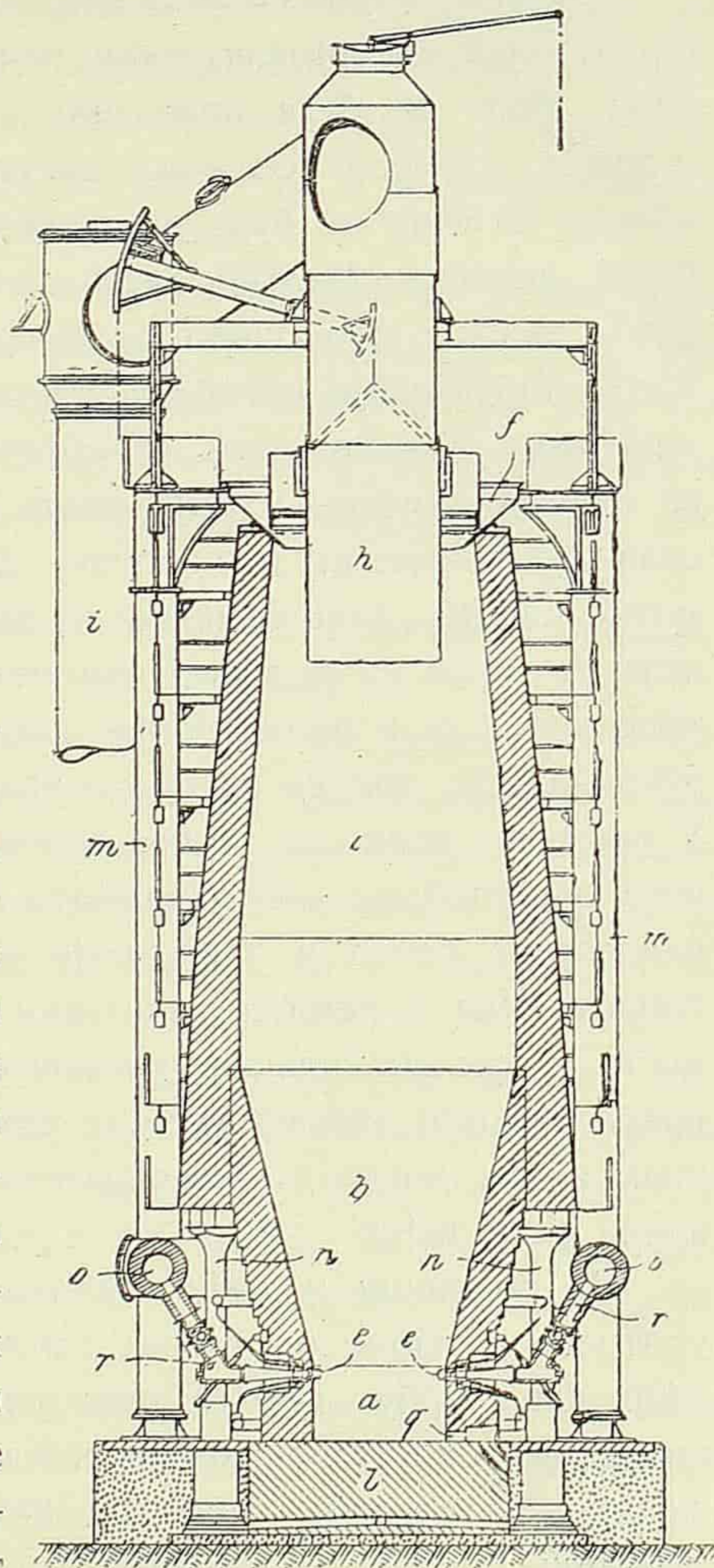
био је од обичног ломљеног камена или опеке. Овај дувар, који је у ствари огртач пећи, није се спуштао даље од збирнице зато, да би рад око збирнице, одвођење шљаке и отакање, био омогућен. Између унутрашњег и спољашњег зида постојао је простор нешто ужи него унутрашњи зид, који је обично испуњаван шљаком или пепелом. Њиме је омогућено да се пећ због топлоте може ширити и истовремено спречавано преношење топлоте на спољашњи зид.

Код новијих пећи (шотске конструкције) зид груди пружа се до збирнице и почива на ливеним стубићима, дебелим око 40 см. Празан или испуњен зид и огртач (спољашњи зид) овде не постоје, јер се пећ непрестано хлади водом. Једноставан зид омогућава и много лакшу оправку пећи за време њеног рада. Код најновијих пећи зид груди не

почива на овим стубовима, већ њега држе носачи, којима је пећ као прстеном ограђена и који истовремено служе за држање целокупне инсталације за пуњење и за гаосве. (Види стр. 66).

- a = збирница.
- b = трбух.
- c = груди.
- e = сисак од дуваљке.
- f = затварач за гасове.
- h = главна цев.
- i = цев за одвођење гасова.
- l = постоље.
- m = скеле.
- n = стубови за груди.
- o = цев за топао ваздух.
- q = отвор за отакање.
- r = дуваљка.

Пећ се поставља на једном уздигнутом темељу, кружног или квадратног облика, широком до 12, а високом 2, 3 па и више метара. Темељ је уздигнут зато, да би се гвожђу и згури дао довољан пад ради одвођења. Он је снабдевен и каналима, који служе за посматрање и истовремено за хлађење постоља прскањем. Под збирнице, односно постоље, је готово увек од темеља растављен једним слојем песка¹⁾ и састоји се из нетопљивог равног и правилно истесаног природног камена, које мора тако да буде постављено, да се на



Сл. 6. Најновија висока пећ шотксе конструкције

¹⁾ Овај слој песка омогућава ширење пећи у вертикалном правцу.

топлоти не може нити испупчавати, нити угибати. Да би се могло да хвата олово, удешени су на поду мали канали.

На збирницу се наставља трбух без прекида. Међутим трбух улази у груди тако, да се и он и збирница могу на топлоти, која је овде већа него у грудима, несметано да шире. Овим је у мно- гоме олакшана и оправка трбуха за време рада пећи.

Камење, којим се зида висока пећ, мора да буде направљено од најбољег материјала, добро печено и без икаквих рупа и пуко- тина. Мора да буде прављено у прецизним калупима и добро углачано тако, да се може да спаја уз врло мало малтера; да између камења не буде ни толико празнине, да би се могао да угура перорез. Малтер мора да одговара квалитету камена и треба да буде што гушћи, како при сушењу не би пуцао. Камење треба поред своје нетопљивости да буде отпорно механичком и хемијском утицају масе, са којом долази у додир. Употребљава се кисело камење, у које спада силикатно и оно које садржи силицијску киселину или иловачу. Данас се махом употребљава ша- мотно камење, које се прави из добро печене нетопљиве иловаче, која се меша са малим делом непечене. Према висини темпера- туре узима се и одговарајуће камење. За збирницу се узима нај- нетопљивије, док се за груди узима обично нетопљиво камење. У последње време се за под и збирницу, где је температура нај- већа, употребљава место шамоте камење, које се прави из фино самлевеног кокса и тера, које осим велике отпорности према топлоти има и хемијску погодност. Осим њега добро је за иста места и кисело силикатно камење. Поред све своје отпорности према високој температури и хемијске погодности, ово камење ипак не би могло да буде дуготрајно, кад се не би хладило за време рада пећи.

За збирницу и трбух место шамотских опека могу да се употребе и плоче од тешко топљивог ливеног гвожђа. Оваква збирница и трбух морају ипак изнутра да буду постављени тан- ким слојем од нетопљиве опеке. Хлађење овде мора да буде интен- зивније, јер гвожђе брже преноси топлоту и лакше се може да стопи.

Зидови високе пећи средње величине дебели су од прилике оволико: збирнице 1.10 до 1.25, трбуха и појаса 1 м., а груди 0.75 м.

Овако озидана пећ не би ипак могла да буде дуготрајна, да није појачана. Маса у њој, кад је пуна, чини веома јак притисак,

те би пећ могла да попусти, кад не би била стегнута обручима.

Постоље пећи опаше се гвозденим или челичним обручима, дебелим око 20 мм., а удањеним један од другог 5—10 см. Пошто се пећ у том делу веома ретко може да квари, онда се врло често цело постоље узида у гвоздени сандук. Код пећи, чије постоље не лежи на темељу, већ је у њега усађено, оставља се са стране, између овог постољиног панцера и темеља, једна празнина широка 10 до 15 см., која служи за хлађење постоља. Ипак је боље овај простор испунити ситним белутком, да би се у случају провале пећи исцурела маса лакше могла да гаси.

Збирница се такође опашује обручем дебелим до 30 мм., чији се крајеви не поврате и закаче, већ се закују или зашрафе. Овако осигуравање чини се ради лакше и брже оправке, коју овај део пећи може чешће да изискује. Збирница се може оковати и целим панцером, који се састоји из кружних исечака, те изгледа као мрежа.

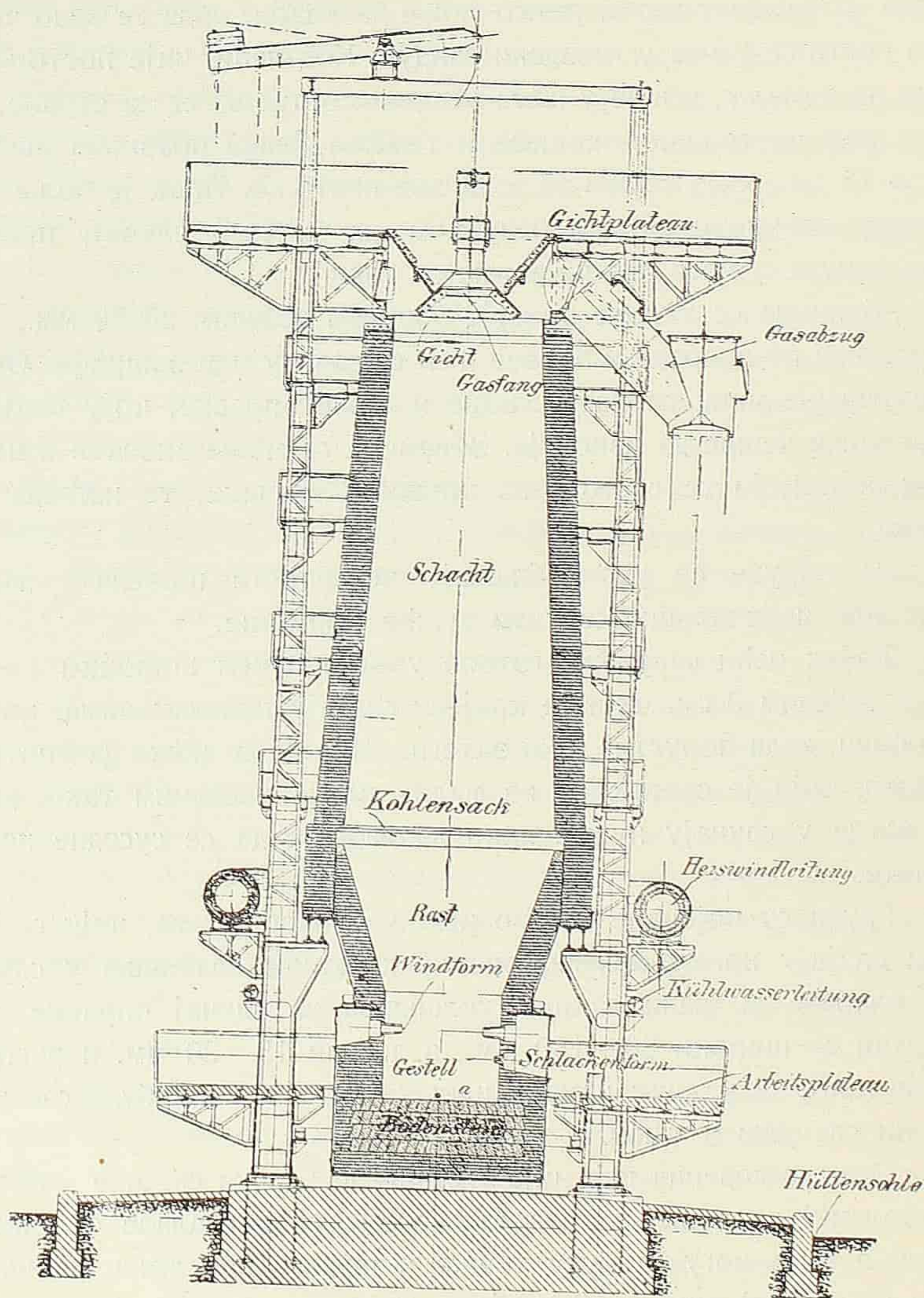
За обруче се употребљавају четвртасте пљоснате панциране или челичне шипке, што гушће поређане.

Трбух пећи се утеже готово увек обручем широким 15—20 см. а дебелим 3 см. чији се крајеви спајају привлакачима, којима се обруч, када попусти, лако затегне. И овде се може да употреби панцер, који је састављен из малих плоча увезаним тако, да би се могле у случају нужде лако да ваде, а да се суседне не помете.

Груди су појачане готово искључиво обручима, чији се крајеви спајају привлакачима, опет ради лаког затезања у случају да олабаве и ради лакшег уклањања за случај оправке зида. Обручи су широки 80—150 мм., а дебели 15—20 мм. и распоређени тако, да размак између њих ка устима пећи буде све већи, а они све ужи и тањи.

Оваква модерна пећ није у стању да држи све оне гвоздене инсталациј за пуњење и за гасоводе, што се налазе око њеним уста, а које могу да буду тешке и преко 1000 тона, да немају око себе поређаних 6—8 стубова, који све то држе. Ови стубови истовремено служе за држање многобројних скела и стубишта што опкољавају пећ, а који служе за њено надгледање и оправљање. Поред тога ови стубови држе и саме груди. Да не би оптерећивале трбух и збирницу и да би овима омогућавале ширење на топлоти, груди су одвојене и почивају на једном гвозденим

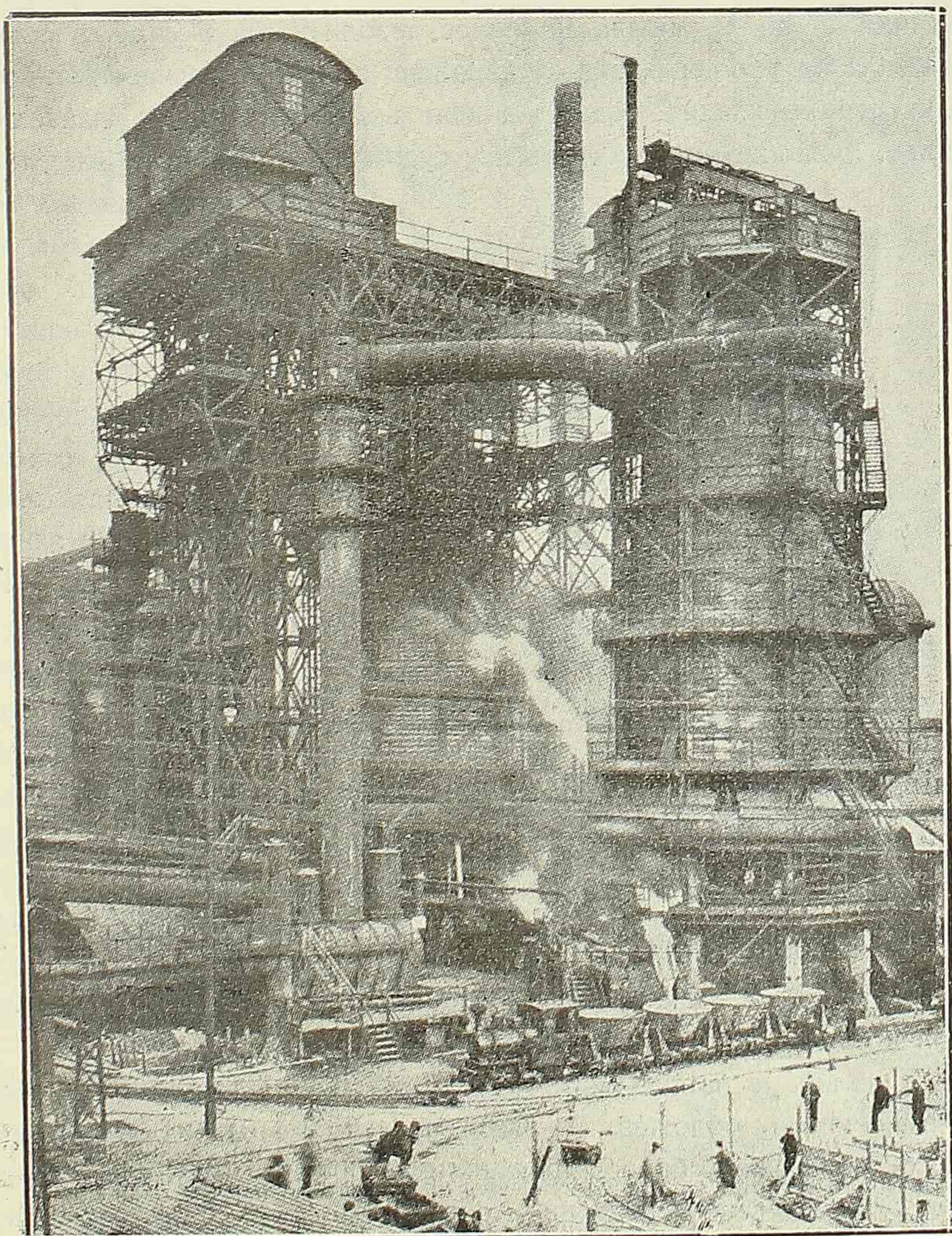
прстену или венцу, кога држе ови стубови. Овај венац је од ливеног гвожђа и пресек му је у облику U, I или II. Код типа пећи Фрица Лирмана ови стубови носе и сâм трбух, који је за груди везан. Код нових пећи цеви за ваздух такође држе ови стубови.



Сл. 7. Модерна висока пећ са потребним инсталацијама

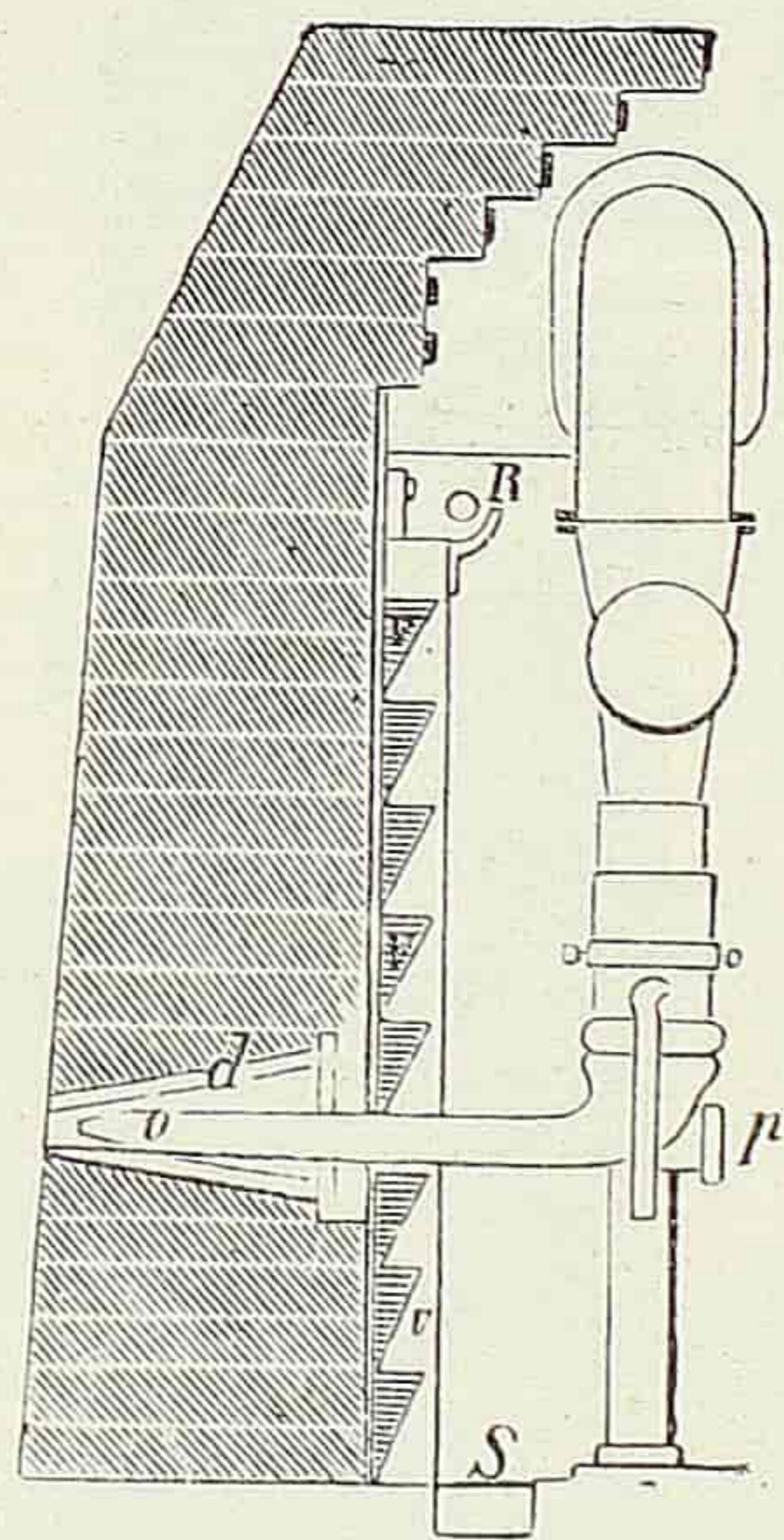
Удувавање ваздуха. Да би се убрзало сагоревање кокса а са овим и процес топљења, потребно је да се у пећ удувава ваздух. Ову потребу уочили су још примитивни људи, те су ваздух удува-

вали у почетку помоћу кожних мехова, које су покретали руком или ногом. После су дошли мехови на води, какви се и данас негда у Босни употребљавају. Данас се модерне топионице не могу да замисле без нарочитих парних или гасних стројева за ту сврху. Лимене цеви, којима се топао или хладан ваздух доводи до дувалке, широке су 1—2м., а дебеле до 10 м/м. Изнутра су озидане порозним зидом дебелим до 250 м/м. На преломима и опаснијим местима озидане су нетопљивим материјама. Да се топлота не би



Сл. 8. Модерна висока пећ са усправљеном дизалицом.

лако растурала и губила, цеви су омотане материјом, која је слаб топлоноша. Цеви се наслањају на носаче, који стоје у висини венца, на коме почивају груди. Одавде се вахдух раздељује у дувалке; којих код новијих пећи може према величини збирнице, бити 6—15, па и свих 18, док код старих са отвореним грудима ретко више од 4. Не поређане у једној линији, дувалке улазе у пећ са свих страна, одмах изнад отвора за згуру, управо у зону топљења. Лежишта у зиду, у којима су усађени сами сискови дувалака, направљени су од бакра или од фосфорне бронзе и дугачки су до $\frac{1}{2}$ метра. Да би се лежишта, па и саме дувалке, сачувала од топљење, она су израђена са шупљим зидовима, кроз које струји хладна вода, улазећи с доње стране, а излазећи с горње. Дувалке могу да леже и у судовима, у којима се на једном



Сл. 9. Дувалка за ваздух старије г типа

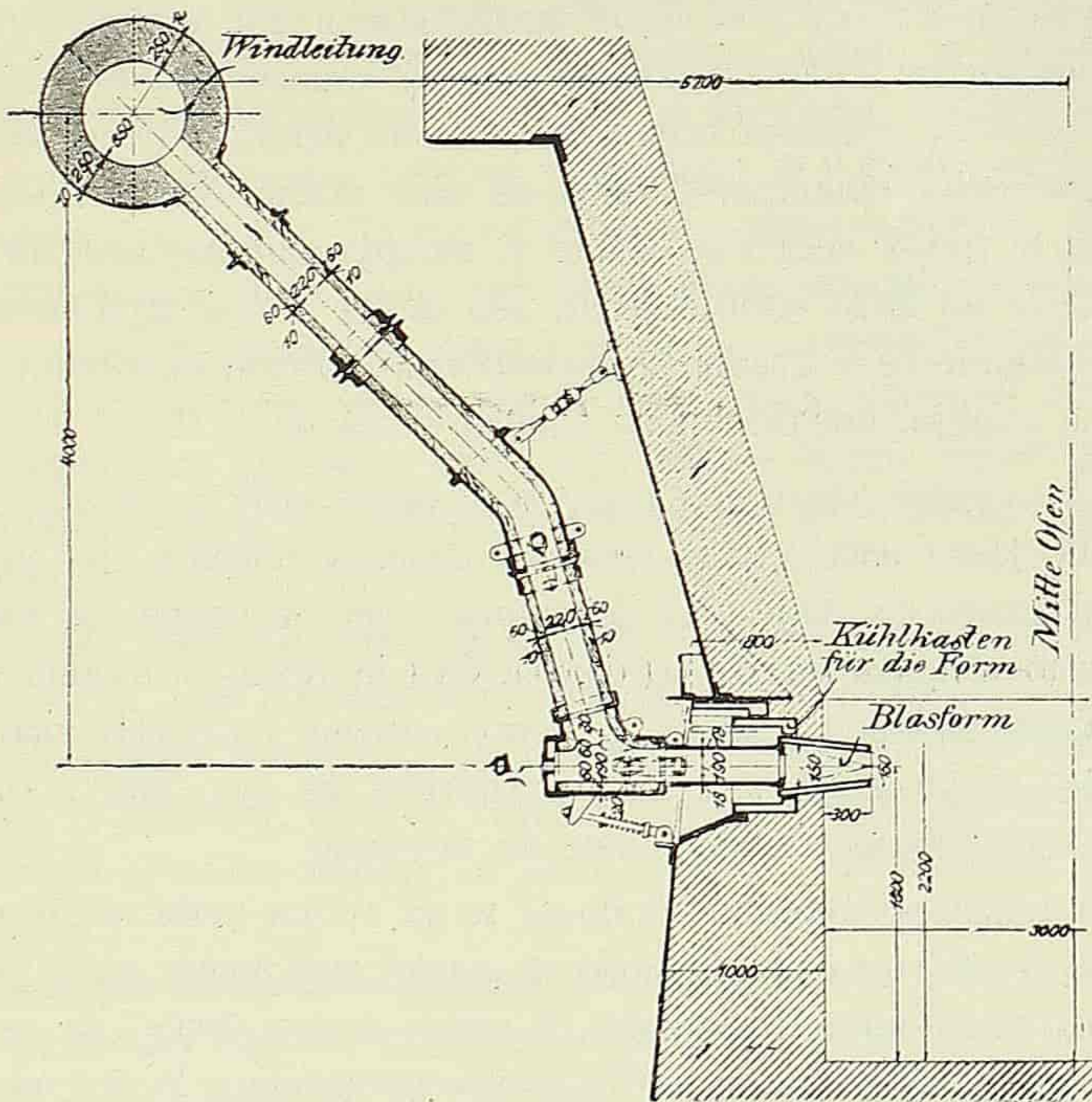
Код слова *R* налази се на дувалци рупа, затворена лискуном, кроз коју се види, шта се пред сиском у пећи дешава.

Дувалка је направљена од челичног лива или ковног гвожђа и по могућтсву обложена је изнутра шамотом или нечим другим, што спречава њено брзо загревање и разоравање. За случај нужде пећи су снабдевене и резервним дувалкама, које се налазе ниже од првих. Лежишта за дувалке праве се од фосфорне бронзе тамо, где се топи руда средњег квалитета али тамо, где се ради са

крају уноси хладна вода, која на другом излази угрејана. У овом случају хладна вода се може да унесе и до саме унутрашње површине зида, те у том случају сисак дувалке може да уђе у пећ за читавих $\frac{1}{4}$ метра. На овај начин хлађење је интензивније и потпуније, судови дуже трају, а и по саме зидове збирнице је много боље.

Дувалке су обично широке 50—120 м/м, а њихова лежишта 90—200 м/м.

рудом веће чистоће (до 68%), лежишта се праве од кованог бакра, јер је бронза мање отпорна и топлоти и хемијском утицају. Да би се спречио улазак гасова у дуваљку, када се са дувањем ваздуха престане, дуваљка је снабдевена вентилом, који се у том случају сам затвори, а отвори кад се са дувањем отпочне.



Сл. 10. Дуваљка за ваздух новог типа

Компензатора, којима се ваздух у пећ удувава, има разних система, од којих су два основа: парни, који је старији и гасни. У последње време употребљавају се негде и електрични компензатори. Парне машине могу да буду са клиповима хоризонталним и вертикалним. Једна пећ треба да има обично 4—6 оваквих машина и потребно је да оне произведу притисак до 1 амтосфере.

У последње време се за удување ваздуха највише употребљују мотори за гас из високе пећи. Међутим на њима се не сме искључиво остати, јер њихово чишћење од прашине, коју мора имати и најчистији гас, захтева више времена. Као резерва овим машинама махом се узимају парне машине.

Гасне су машине рентабилније од парних, а уз то имају једно згодно преимућство, што увек раде уједначено.

Хлађење. Свака мореднија висока пећ мора с поља да се хлади, јер топлота, која се у њој производе, у стању је да за кратко време нагризе или стопи најнетопљивију опеку. Пећ се хлади ваздухом и водом. Хлађења водом има двојаког: 1.) Директно, прскањем или поливањем и 2.) Индиректно, помоћу цеви, кутија или рупа, што су у великом броју намештене у зиду. Примена једног или другог начина хлађења водом зависи у првом реду од начина, како су опасани поједини делови пећи. Ако су збирница и постоље пећи панцирани, онда се ови делови хладе прскањем. Збирница и трбух често се хладе т. зв. рукмачама, које се стварају, кад се из зида избије један део опеке и ова шупљина пуни водом. Рукмаче се у ствари хоризонтални канали око пећи, у којима вода струји, прелазећи из горњег у доњи.

Место судова употребљавају се и цеви, које допиру до половине зида. Цеви имају над судовима извесну превагу, јер се могу лакше да замењују. Оне су и јевтиније, јер се праве од гвожђа, док се судови праве махом од бакра. Суд је тежак и намештен дубоко, управо заливен у зиду, те се при вађењу у случају квара мора махом да употребљава длето. Притом се суд, кад пропушта воду, кад-кад веома тешко може да пронађе.

Због извесних околности боље је да трбух пећи не буде панциран, јер се у том случају мора да хлади прскањем, које за њега није баш практично. Прскањем се хлади много брже, па се мора правити већа пауза, да се не би трбух прехладио. Услед ове промене температуре, хвата се унутра по зидовима трбуха извесна наслага, која се после тешко скида. Слично се дешава и са прскањем збирнице, али се овде по зидовима наслаже танак слој финог графитног угља, који их веома добро штити.

Груди се хладе помоћу судова који нису од бакра, већ од ливеног гвожђа и који су распоређени на раздаљини од 0⁵—1 мет. Ако пећ топи богатију руду, онда се груди хладе ваздухом.

Цев, која доводи воду до пећи, је од гвожђа и широка је око 200%. Из ње се гранају мање цеви, којима се вода уноси у помануте направе за хлађење. На улазима малих цеви налазе се вентили, да би се вода могла по потреби да пушта и зауставља.

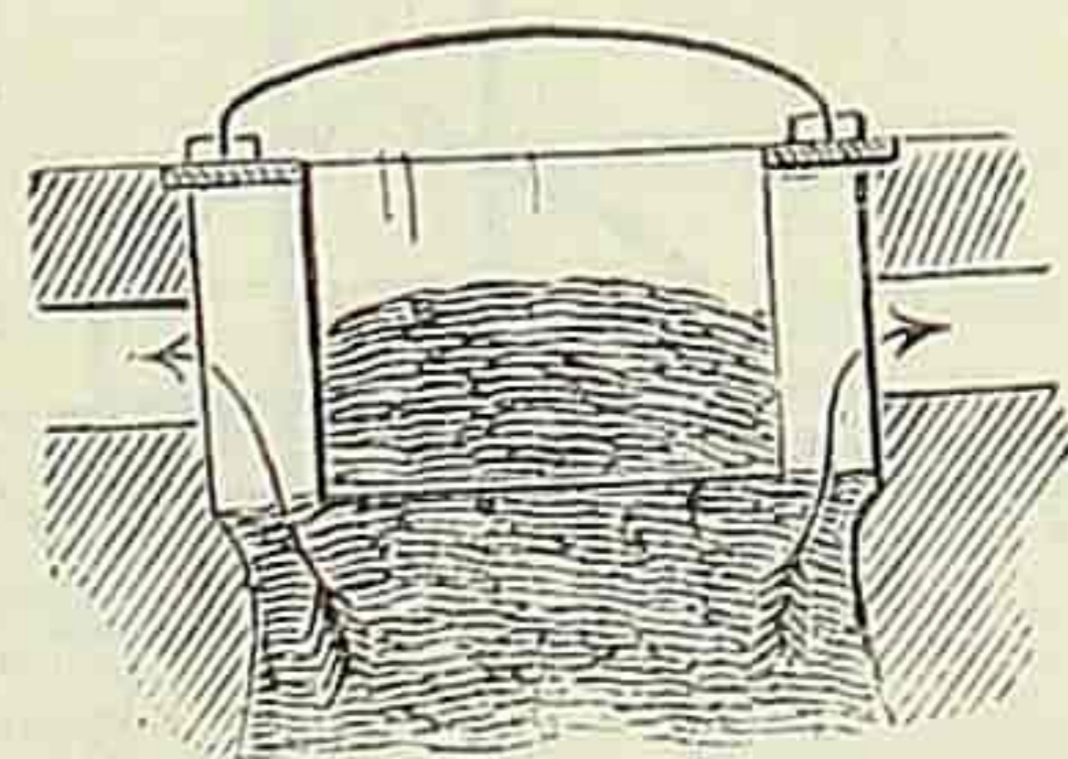
Главна цев доводи воду из великог базена. Поред ове цеви постоји иста таква цев за резерву и она је у вези са базеном подигнутом на стубовима, да би вода без пумпања могла да одлази куда треба.

Висока пећ треба много воде. Да би се добила јаснија представка о количини воде нека послужи упоређење, да би та количина била довољна за потребу једне вароши од 65000 становника. Вода се добија из великих покривених бунара и извлачи помоћу шмркова, који се покрећу парним машинама. На врху сисаљке налази се мрежа, која спречава тврдим предметима да у њу уђу. Шмрк уноси воду у високи резервоар, који је велики око 200—300м.³ и може да буде довољан за две пећи. У случају каквог квара у шмрковима или цевима, резервоар је у стању да пећ снабдева водом за 1 сат. Да би се избегле евентуалности нестанка воде у бунарима, што би по пећ било веома опасно, обично се инсталира један резервни водовод у вези са каквом реком или потоком. Пре него што уђе у канал, вода иовде пролази кроз сито. Ово чишћење се понови и при улазу воде у базен. Веома је важно да вода буде чиста, јер какав ивер или што друго може да запуши малу цев.

Велика цев, која иде од шмрка до базена и оне цеви од базена до пећи, или пролазе кроз земљу, или су подигнуте на стубовима. Прво има предност, јер је вода обезбеђена зими од мрза, али има ту незгуду, што се теже оправља. Ако су цеви на стубовима, онда се зими морају да увију сламом, да се вода у њима не би смрзла.

Хватање и чишћење гасова. На уста високе пећи излази велика количина гасова, који су запаљиви, загушљиви, и по раднике веома опасни. До скоро, пре 70 година, није се од ових гасова имала никаква корист, већ се пуштали да се растуре у атмосфери. Тек захваљујући теорији Роберта. Бунсенса, коју је привео у праксу виртембершки рударски саветник Виљен фон Фабер ди Фор, ови се гасови почели да употребљавају као гориво. Од тада су се гасови почели да хватају и да се из уста пећи цевима одводе. Са тим су се изгубили и они величанствени ноћни призори, што су их стварале старе високе пећи, обасјавајући околинду као какав кратер.

Хватача за гасове има разних, од којих ћемо поменути неколико. Најстарији је модел звани Француски. То је у ствари један цилиндричан поклопац, који виси у устима пећи, покривајући их по ивици. Својим доњим крајем, који је ужи за $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ од горњег, он омогућава пролазак гасо-

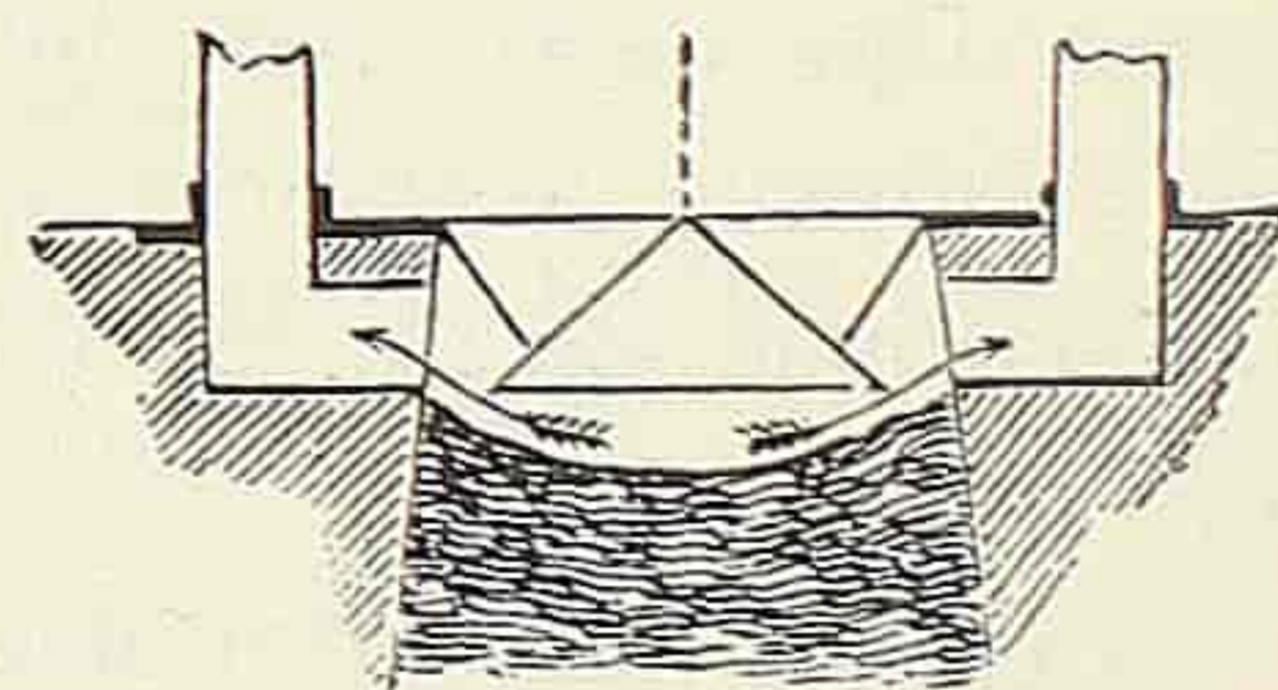


Сл. 11. Хватач за гасове француског модела

ва између зида пећи и њега и улазак у канале, који у зиду лево и десно налазе. Дувари ових канала су обложени гвозденим лимом. Цилиндер је горе снабдевен поклопцем, који се отвара за време пуњења пећи.

Енглески модел је нешто новијег датума. У уста пећи, дубоко $1\frac{1}{2}$ —2 мет., улази један лимени цилиндер, чији пресек изнаша око 40% од пресека уста пећи. Да би сви гасове могли у њега да уђу, а да мимо њега не прођу ништа, слободан простор између њега и дувара уста покривен је лименим поклопцем. Овај модел је знатно бољи од првог, јер омогућава правилније распоређивање материјала при пуњењу пећи.

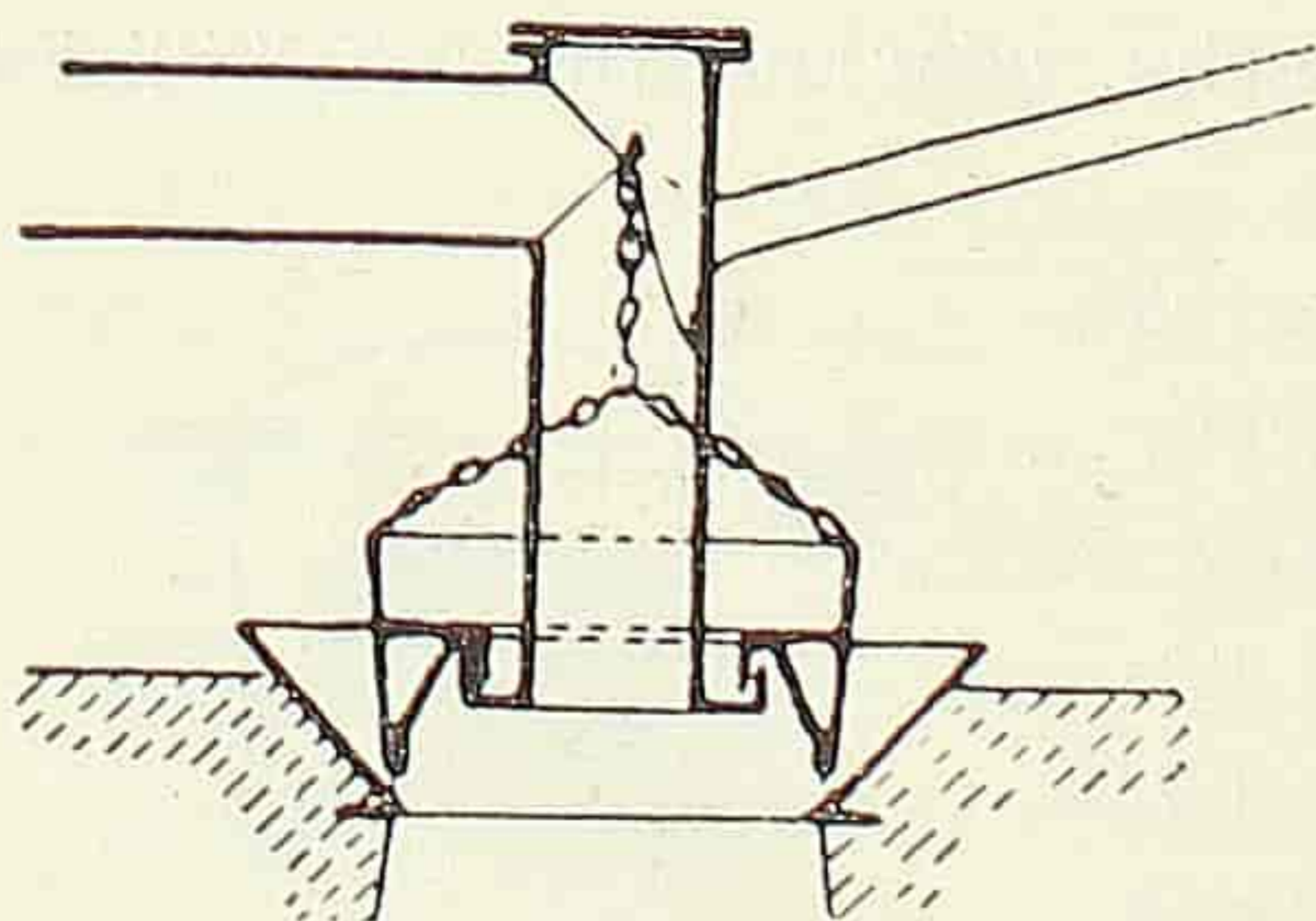
Данас се већ ретко може наћи пећ са овим примитивним затварачима, односно хватачима гасова. Сада махом употребљавају Париов левак или Лангеново звоно, а у најновије време комбинације ова два модела, или њихове комбинације са двојним затварачем.



Сл. 12.

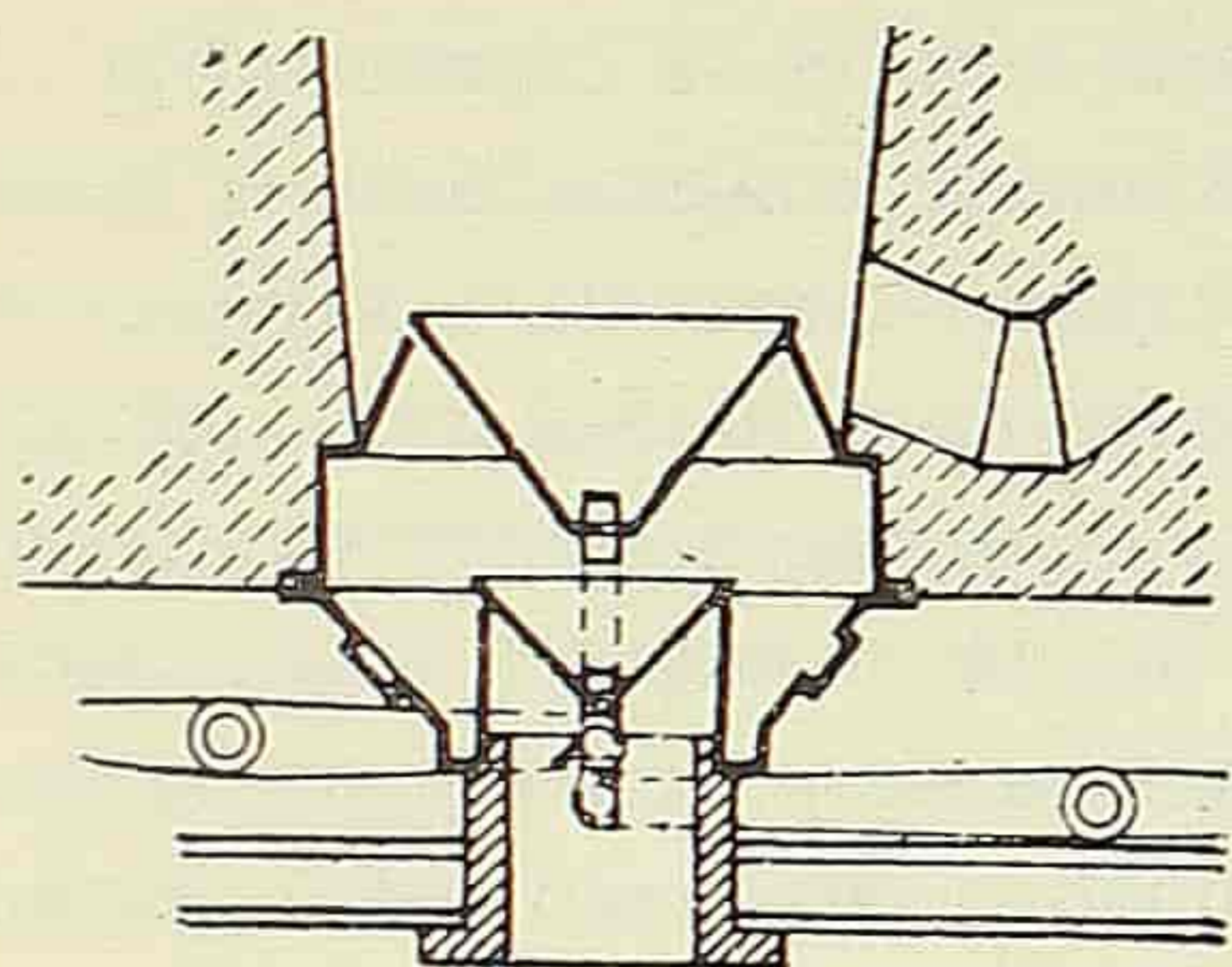
По Париовом моделу одводни канали за гасове су такође са стране. На падинама купе, која стоји у устима пећи, наслаже се материјал за топљење. Падине додирују ивице једног ливеног поклопца, те је на тај начин потпуно онемогућено излажење гасова. Пошто се уста покрију једним лименим поклопцем, купа се спусти колико је потребно да материјал у пећ падне. Овакав затварач омогућава веома правилно распоређивање материјала у пећи (Сл. бр. 12.)

Код Лангеновог звона одводна цев за гасове је у средини устију пећи. (Сл. бр. 13.)



Сл. 13. Лангеново звоно.

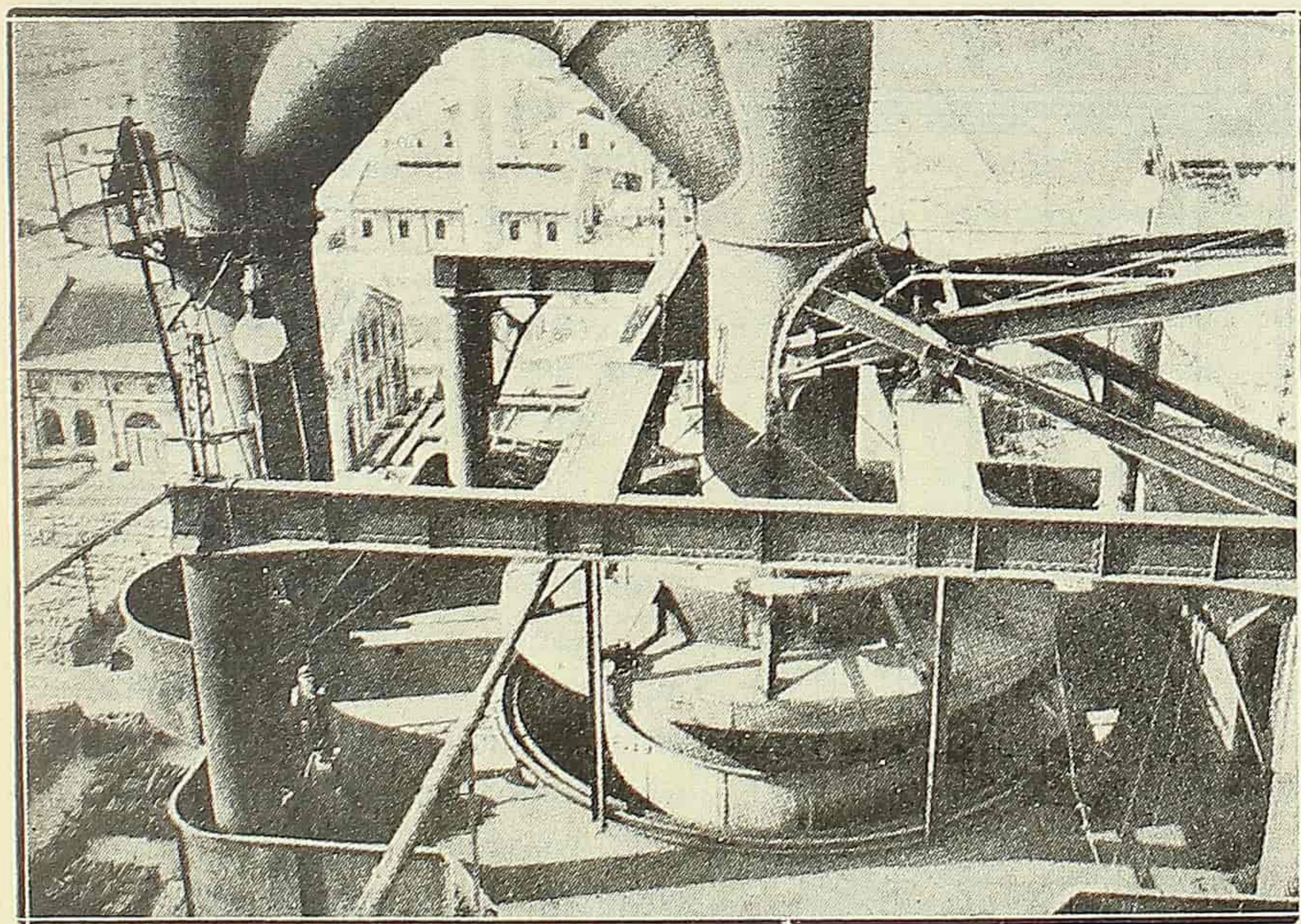
Место спуштањем купе, овде се омогућава падање материјала у пећ дизањем звона, које поклапа уста левка, што су у ствари ивице дуварова пећи. Овај је модел знатно практичнији и бољи.



Сл. 14. Двоструки затварач.

спусти, гасови уђу у затварач, али их ухвати цев и одводи у главну цев.

Сл. бр. 14. и 15. показује један двоструки затварач, каквима су данас највише снабдеване модерне пећи. Ови затварачи не дозвољавају ни најмање губљење гасова при шаржирању. Они су у ствари комбинација Париовог затварача и једног поклопца. За време пуњења гасови одлазе кроз отвор са стране. Кад се маса у пећ

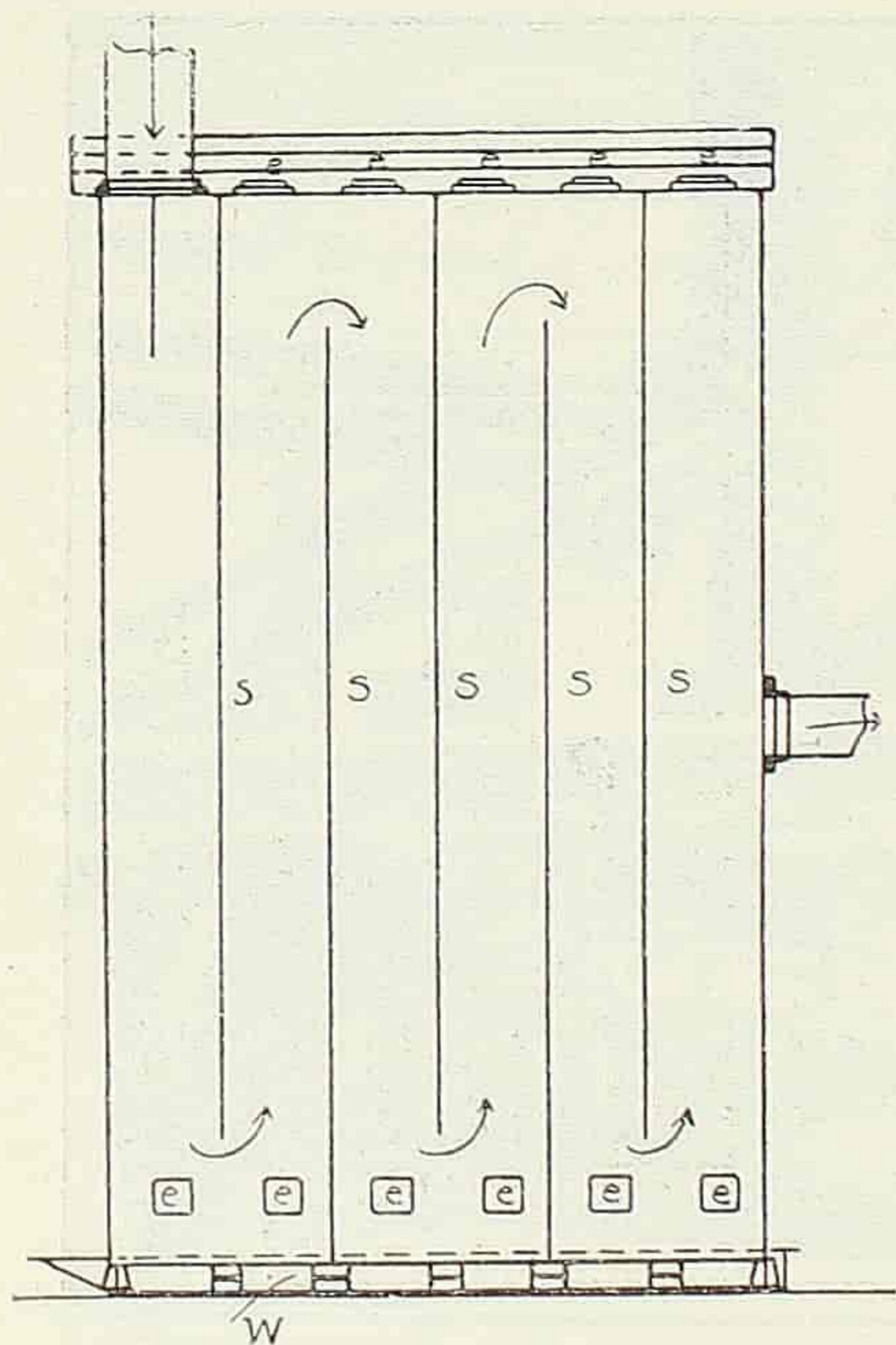


Сл. 15. Двоструки затварач споља.

Да би се гасови могли да употребе за загревање ваздуха или за моторе, потребно је да буду чисти од прашине, која се највише састоји из гвоздених честици, чађа и других лакших материја, јер би ова прашина брзо кварила машине и грејаче за ваздух.

Као што је напред изнето, гасови напуштају пећ или кроз централну цев, која је широка до 2 м. и која улази у уста пећи ду-

боко до $2\frac{1}{2}$ м., или кроз два наспрамна канала са стране, који се даље уливају у једну главну цев. Место два може да буде и један канал. Из главне цеви улазе гасови у један скупљач, у коме се у ствари обави прво чишћење. Ових скупљача гасова има разноврсних и сотово свака топионица има свој модел. Ипак има један који је нашао највећу примену. Сл. бр. 16. показује један огроман лимени суд, до 20 м. висок а 10 широк, који је изнутра испреграђиван тако, да гасови кроз њега прођу неколико пута идући горе доле. На сваком завијутку и горе и доле, налазе се вентили, који се у случају експлозије уз извесан притисак отварају. Доле се налазе судови с водом, у коју пада прашина из гасова. Улаз за гасове је у овом чистачу већи два пута него излаз. У њему се гасови пречисте веома добродо, те је често потребно веома



Сл. 16. Скупљач за гасове.

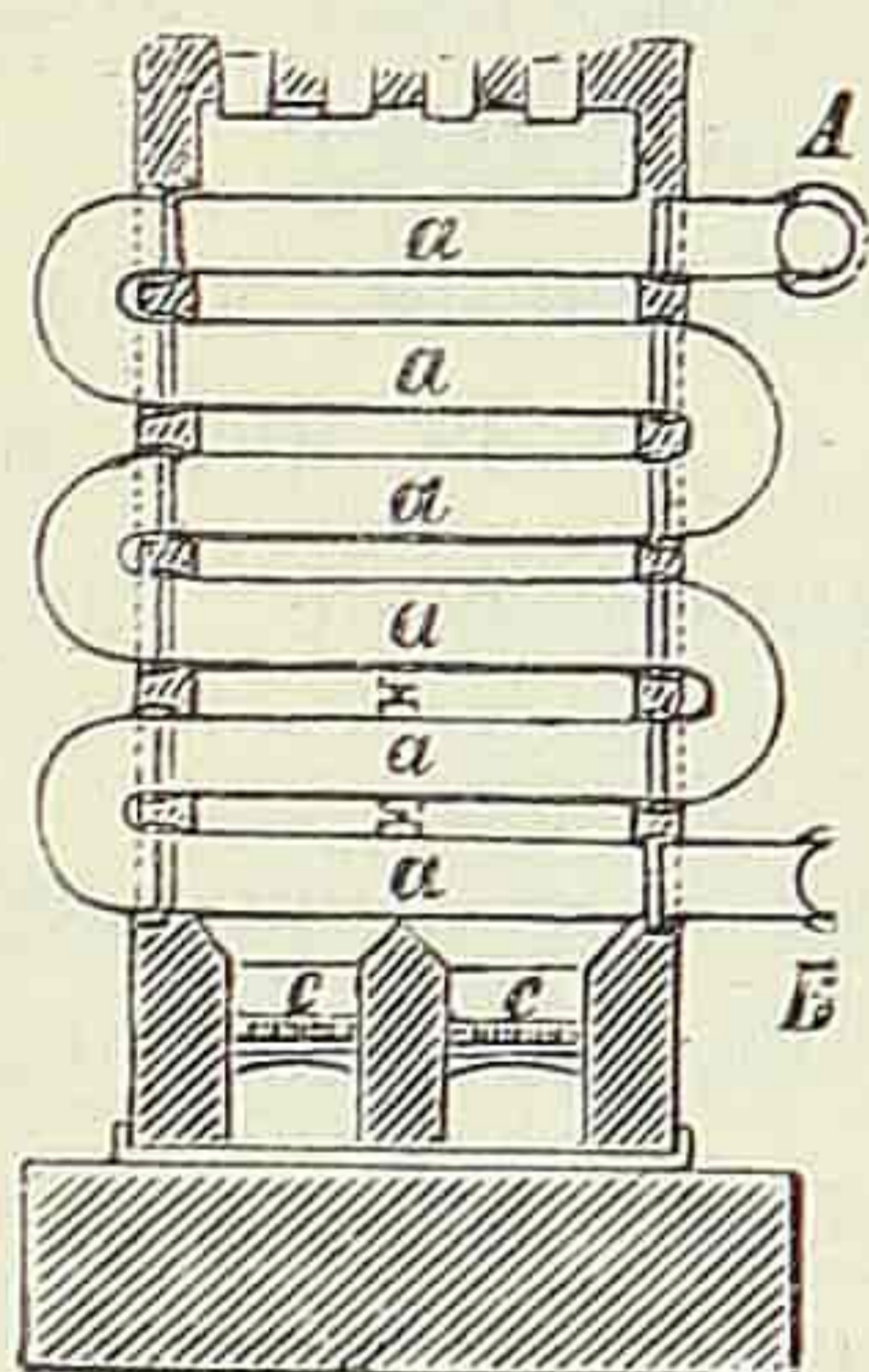
мало даљег чишћења. Нахватана прашина на зидовима његових преграда и у судовима, као и прашина по дуваровима цеви због великог процента гвожђа у себи, може поново да се употреби. Она се брикетира па поново баца у високу пећ.

За даље пречишћавање гасова постоје разноврсне направе и машине. Описе њихове нећемо унети у ова излагања.

Да би се гасови употребили за моторе, морају се најбрижљивије исчистити, јер не смеју да имају прашине у себи више од 0.03 грама у кубном метру. Гасови се веома добро чисте, ако прођу кроз памучну тканину или кроз густу и ситну водену прашину. У последње време се покушавају да чисте и електричним путем.

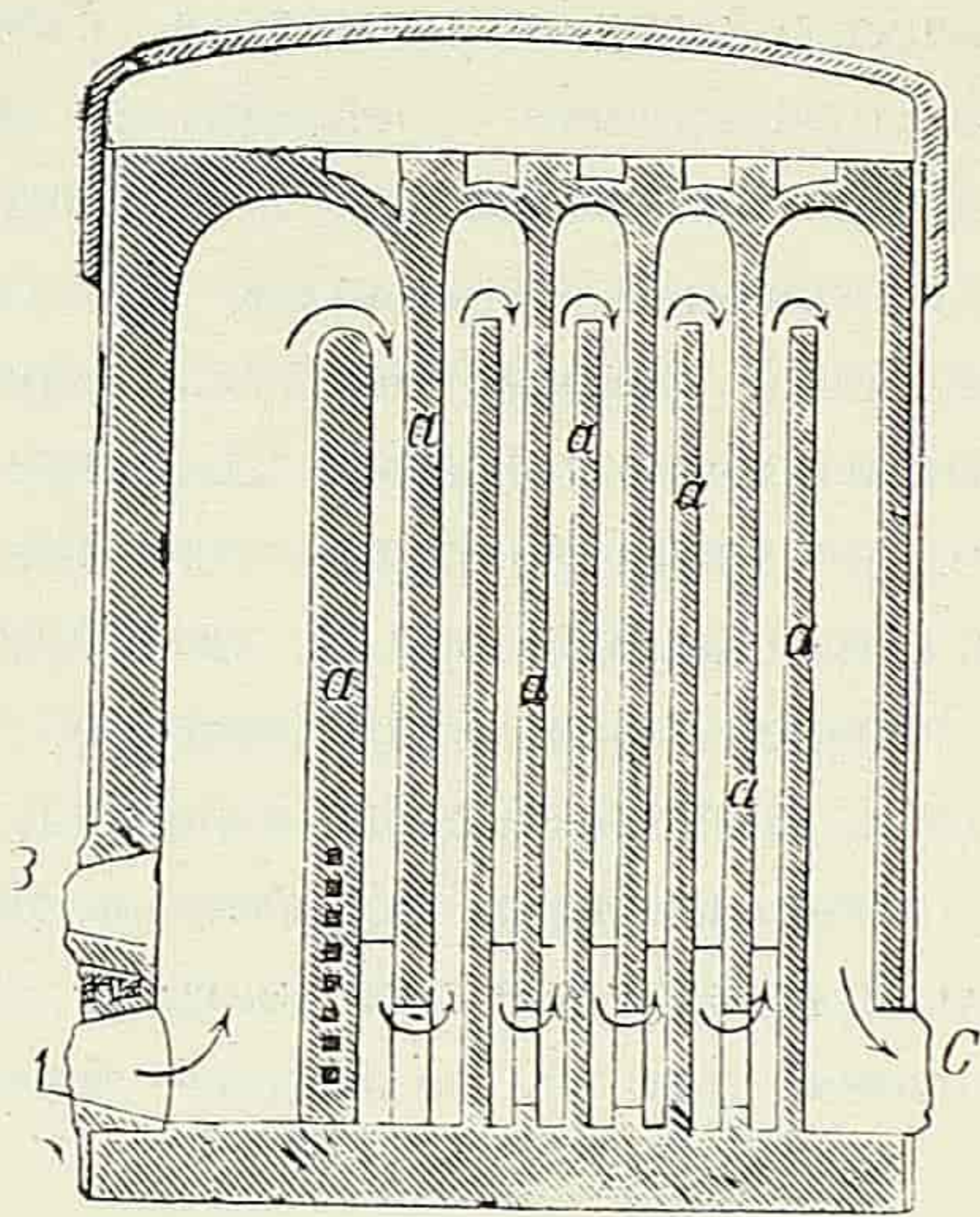
Садржина гасова није тачно одређена и зависи од квалитета руде и горива. Ипак се у главном састоје: из угљеноксида (24—35%), угљендиоксида, водоника, водене паре и метана.

Загревање ваздуха. Тек од тридесетих година прошлога столећа употребљава се топао ваздух за удувавање у пећ; дотле се искључиво употребљавао хладан. Први је увидео Шкот Неилсн (J. V. Neilson) да се процес топљења брже обавља, јер се температура брже повећава, ако се место хладног ваздуха удувава топао. На овај начин се и у самом гориву уштеђује. За загревање ваздуха конструисано је неколико врста апарата, од којих су најпознатији били т. зв. Васералфиншки. Сл. бр. 17. показује један такав апарат. Кроз ливену гвоздену цев, испресавијену у вертикалним линијама, пролази ваздух, што треба да се у пећ удувава, улазећи кроз *a*. Последњи део цеви лежи над решеткама, на којима гори ватра. На овај начин ваздух у цеви се загреје до 500С. На већу температуру се не загрева, јер би се апарат брзо квариио.



Сл. 17. Васералфиншки апарат за загревање ваздуха.

Виљем Фон Фабер ди Фор, чије смо име једном поменули, је први, који је за загревање ваздуха употребио гасове из високе пећи. Тиме је добијено бесплатно и веома погодно гориво. Проналазачу припада заслуга, што је први инсталирао и апарате за ову сврху. Највећу предност имају гасни апарати од ранијих у томе, што се ваздух у њема може да загреје до 900 па и више степена. Они нису више од гвожђа, већ изидани од нетопљиве опеке. Старији апарати ове били су т. зв. Вајтвиллови (Whitwell). Слика 18. показује такав апарат, који је висок 8—10, а широк око 6 мет. Гасови, којим треба да се загреје, улазе кроз отвор А и пролазе идући горе доле између преграда *a*, које се сужавају. На првој преградипрегради види се квадратни отвор, кроз који у апарат улази ваздух, са којим се у додиру гасови запале, горе живим пламеном, па потом излазе кроз отвор С. Када се на тај начин апарат довољно загреје, онда се отвор А затвори, а отвори отвор С., прегради види се квадратни отвор, кроз који у апарат загреје се на његовим усијаним зидовима и изађе кроз отвор В у цев. Док један апарат загрева ваздух, за то се време други загрева гасом. Да би се за пећ осигурао топао ваздух кад се апарати чисте или поправљају, има се увек у резерви још један или два



сл. 18. Вајтвилови апарати
за загревање ваздуха.

рином до 8 м. омогућавају потпуно искоришћавање загрејне моћи гасова.

Апарати обично леже на једној бетонској плочи дебелој 1 до $1\frac{1}{2}$ мет., на којој се зида темељ од обичног камена или опеке. Темељ се покрије постољем од нетопљиве опеке, на коме се сада зида апарат. Ради бољег руковања апаратом и ради заштите од великих киша, потребно је да темељ буде над земљом до 1 метра. Зидови апарата су од шамотних опека и дебели 350—450 м/м. Цео апарат је у једном лименом огртачу, али да би се могао на топлоти да шири, налази се између огртача и зида празан простор, широк до 50 м/м. На врху, који је полукружан, овај празан простор је широк и до 400 м/м, пошто је ширење апарата у висину веће.

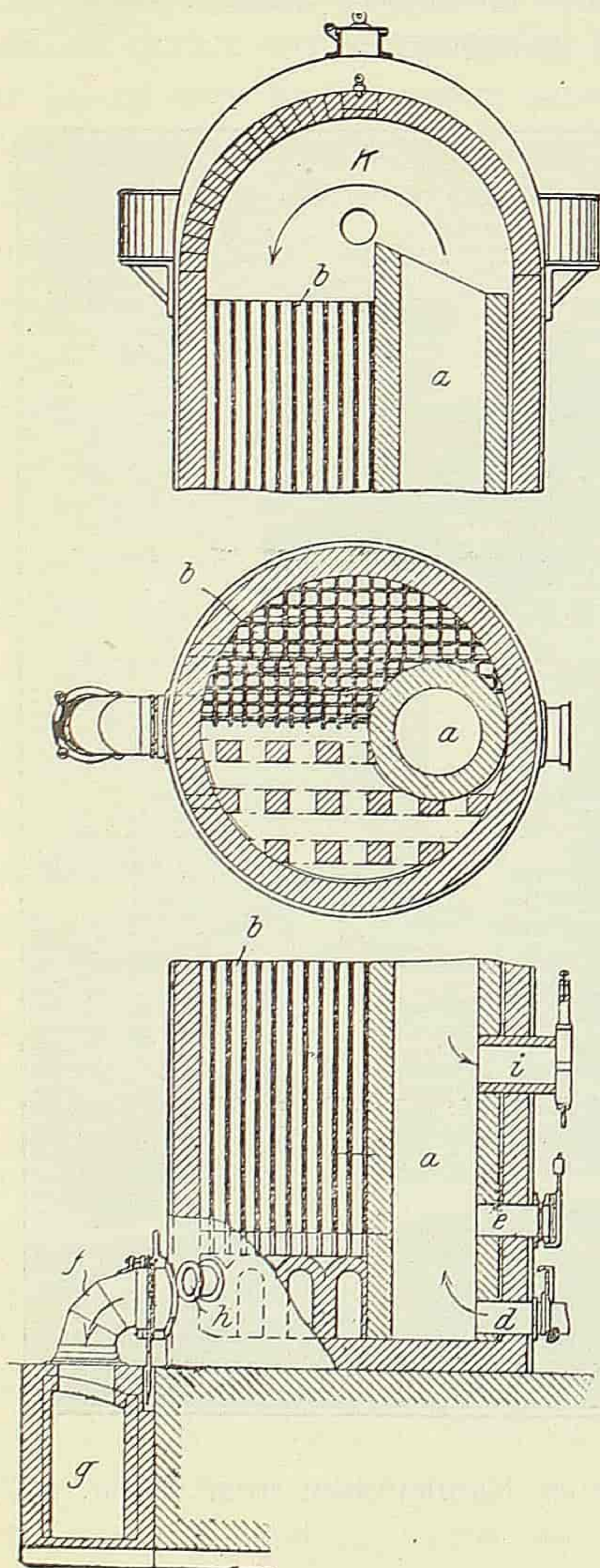
Унутрашњост апарата дели се једним вертикалним зидом, истог састава и дебљине као што је спољни, на два неједнака дела. Овај зид је у хоризонталном пресеку олучаст, те је тако један део апарата елипсаст, а други у облику полумесеца. Елипсasti део је знатно мањи и празан, док је други део већи и испреграђен танким, вертикалним и нетопљивим зидовима, који се секу под правом угловима, чинећи на тај начин решетку са квадратним окнима. Ова окна, управо цеви, могу да буду и кружног пресека и широка су око 150 м/м, а ако се ради са гасом мање чистоће, могу да буду широка и до 250 м/м.

таква апарата. Ради чишћења имају апарати горе гвоздени поклопац, који се скида. Да би били трајни, апарати су обложени дебелим гвозденим лимом. Новији апарати ове врсте могу да буду високи до 18 мет., а широки 6—7, и са већим бројем преграда.

Данас се, међутим, за загревање ваздуха употребљавају други апарати, који су горње готово сасвим потисли, нарочито у Немачкој. То су т. зв. Каоперови (Cowper) апарати. Њихова је предност у томе, што својом висином, која кад-кад изнаша и до 35 мет., и ши-

Место мањег елипсастиг дела, има апарата код којих је тај део кружног облика, што значи да је изидан у апарату особено у виду великог канала, чија спољна ивица додирује унутрашњу ивицу апарата. Међутим први апарати су постојанији и лакше се чисте.

Врх апарата је засвођен и празан, да би гасови у ваздух могли из једног дела у други да прелазе. Ради чишћења налази се на



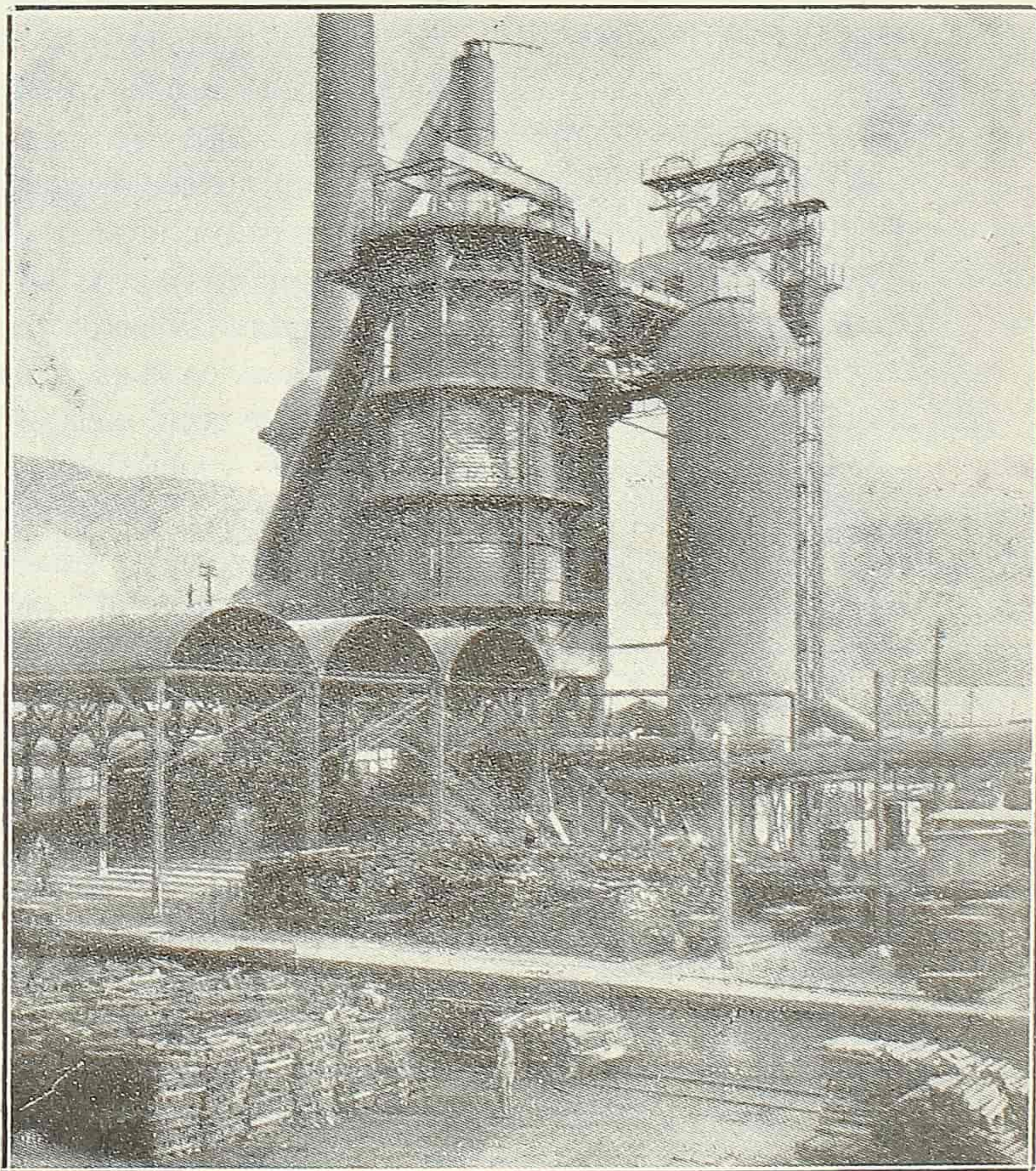
сл. 19. Каоперов апарат.

самом врху вентил-капак. Сл. бр. 19. показује апарат у оба пресека. Хоризонтални пресек је у средини. Кроз отвор *d* улазе гасови у празан простор (у мањи део апарата) и ту се запале, дошавши у додир са ваздухом, који је ушао кроз отвор, *e*. Обично су зидови апарата толико врели, да се гасов од њих запале. Ако се то не деси, онда се гасови запале уношењем фитиља. Сагоревање гасова врши се највише у врху апарата. Када буду сагорели, гасови прођу кроз канале већег дела, загреју их, па кроз отвор *f* уђу у канал, који их одводи димњак. Овај канал је сазидан од обичних опека, а премазан нетопљивим малтером и обично пролази кроз земљу.

Када на овај начин апарат буде довољно загрејан, зашто је обично потребно двочасовно горење гасова, онда, се улаз за гасове затвори и они уносе у други парат. Сада се у апарат са супротне стране утера хладан ваздух. Он уђе кроз отвор који се налази према стубовима, на

којима почива решеткасти део апарата. Ту се у оним многобројним каналима загреје, па тако врућ пређе у простор *a*, а одатле кроз вентил *i* и иде за високу пећ.

Пошто загревање апарата траје два до три пута дуже него његово хлађење, т. ј. загревање апарата гасом је 2—3 пута спорије, него што је потребно да се ваздух у њему загреје, то су потребна за једну пећ два апарата у сталном раду. Али како се мора да рачуна са поправкама и чишћењем, онда најмање три. Међутим велике пећи имају по 4 и 5 апарата.



сл. 20. Модерна висока пећ са Каоперовим апаратима.

Према каквоћи и особини горива, одмерава се температура, на коју треба ваздух загрејати. Али висина температуре ваздуха

зависи у већој мери од тога, какво се гвожђе хоће да добије. Ако се на пр. жели добити гвожђе богато у мангану, онда се ваздух загрева 800—900 С. Ако гвожђе не треба да има мангана, онда је довољно 300 С. Што важи за манган важи и за силицијум.

Метални делови на апарату, који су махом од гвожђа, као на пр. вентили за улажење и излажење ваздуха и гасова, морају се хладити, јер иначе не би дуго трајали.

Грејачи не утросе сву количину ^{гасове} ваздуха коју даје висока пећ, па остаје читава половина, која би се пуштала у атмосферу, да јој се није нашла веома корисна употреба на другој страни. Напоменуто је раније, да се гасови употребљавају за мех-машине. Има топионица које их употребљавају и за загревање парних котлова за разне погоне око високе пећи, али се ово напушта, јер су сами гасови за исте погоне и бољи и рационалнији. За покретање мотора гасови морају бити нарочито добро очишћени. Веома се радо употребљавају у последње време за покретање мотора за производњу електричне струје. Ова струја је врло често довољна за покретање ваљавица за гвожђе, ако је она уз топионицу. У противном служи за осветљавање топионице, па и целе околине.

Димњак. Готово свака топионица гвожђа мора да има димњак. Њега највише требају парни казани што покрећу мех-машине, а који се ложе угљем. Кроз димњак се одводе и сагорели гасови у грејачима за ваздух, који би, растурајући се по ближој околини, били штетни. Осим овога свака топионица има које-каквих опњишта и ковачница, којима је димњак потребан. Димњак за једну топионицу од 100 тона дневне производње треба да буде висок око 75 мет. Потребно је да ради трајности буде изнутра, до 20 мет. висине, постављен нетопљивом опеком.

Постројења за материјал. Некада се материјал ради пуњења пећи приносио до самих њених уста чекрцима, или се, што је често бивало, пећ постави у подножју каквог брежуљка тако, да се са њега до уста пећи намести мост, преко кога радници преносе материјал ручним колицама или вагонетима. Међутим данас оваквих пуњења пећи нема. Она су исчезла од прилике још онда, када је нестало пећи са отвореним устима, т. ј. када се почело са хватањем гасова. Захваљујући развитку технике, данас за пуњење пећи не треба ни приближно толико радника као некада, када су свака колица морала да имају по једног или двојицу.

Сада се и не помишља на постављање пећи у подножју каквог брежуљка, а систем усправног дизања материјала до уста пећи замењен је готово свуда косим мостовима, преко којих иду вагонети за материјал, терани електричним погоном.¹⁾ Овим, зв. американским системом пуњења, уштеђена је многа радна снага око испражњивања колица. Осим њега постоји други, још бољи начин приношења материјала. По њему се мешање материјала изврши на самом стоваришту, па се одатле жичном жељезницом у корпама доноси до уста пећи. Овај систем има ту предност, што једна електрична машина може да пуни једновремено 2—3 пећи. Да би се олакшало правилно распоређивање материјала у пећи, направљена је око уста пећи кружна трачница за вагонете, односно жица за корпе.

Ово су главни системи постројења за принос материјала, али од њих постоје одступања, која готово свака топионица чини према својим потребама. Сва ова постројења, као и она око утовара и истовара руде и осталог материјала из лађе или жељезнице, постројења за приношење припремљеног материјала на место одакле се приноси пећи, сва су она сложена и захтевају нарочито изучавање.

Пуњење пећи. Висока пећ се пуни на тај начин, што се и гориво и руда у наизменичним слојевима у пећи слажу, почевши прво са слојем горива. Престављено простије то слагање материјала у ствари одговара прављењу тибанице. Да би се могла да образује згура, која мора да плива по растопљеном гвожђу у збирници и за коју треба да буду везани сви непотребни и штетљиви састојци гвожђа, руда би требала да има киселе и земљане састојке у тој мери, да за образовање згуре не буде потребан додатак у кречу. Има случајева да руда има креча и киселине толико, да би се и без додавања креча може лепо да топи. Такве руде су веома ретке, те је увек потребно да се руда меша са кречом, који има ту особину, да за себе веже сву ону нечистоћу у руди и гориву (фосфор, сумпор, пепео, силикате и др.) и да образује згуру.

Некада, када се у пећ удубљивао обичан хладан ваздух и када се радило са пећима мањих димензија и онима са отвореним

¹⁾ Материјал се доноси жељезничким вагонима до подножја дизалице, а одатле се раздељује у мале вагонете, којима се приноси устима пећи.

трбухом, велика се пажња морала обраћати на величину комађа руде, креча и кокса. Сада толика пажња није потребна, јер се ради са огромним пећима, код којих се згура стално одводи и код којих се готово свака незгода при топљењу отклања променом температуре ваздуха.

Изручивање корпа и вагонета у пећ не врши се непосредно, већ се предходно напуни затварач, односно хватач за гасове, па се онда, када маса достигне потребну количину, сва наједном у пећ изручи дизањем или спуштањем затварача, према томе каквог је он система. Количина, која у затварачу стане, изнаша 10—15.000 кг. и зове се засип (*Gicht*). Наравно пре њега иде један засип кокса, који по тежини изнаша од прилике $1/3$ до $2/5$ рудног и кречног засипа. Сразмера кокса и руде варира према њиховој каквоћи и каквоћи гвожђа које се треба да добије. Сразмера између руде и креча варира много више и она зависи од каквоће руде. Она је од прилике 5 : 1 или 4 : 1. Целина, коју образује слој руде и креча са потребним слојем кокса назива се засипни материјал (*Beschickung*) Време, за које један засипни материјал прође кроз пећ, варира између 10—24 сата.

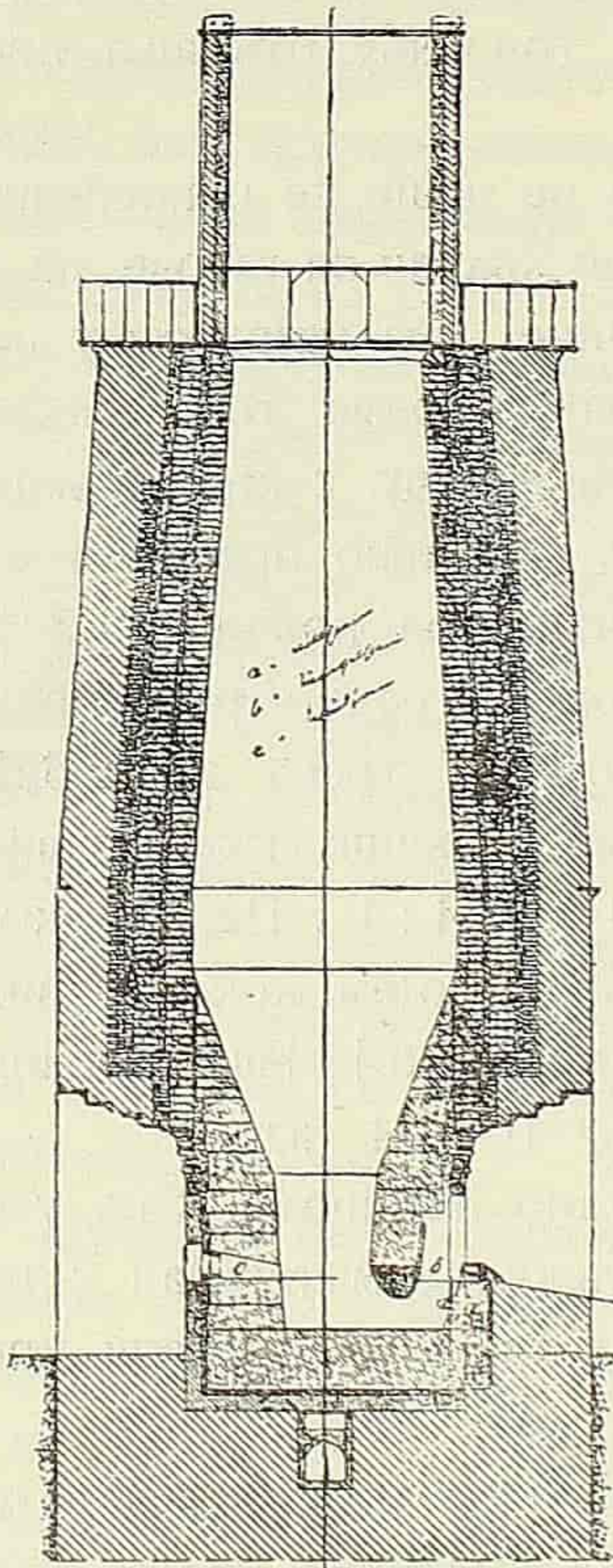
Пећ се пуни на овај начин непрестано, годинама. Она увек мора да буде пуна. Да би се знало колико се материјал у пећ спустио, мери се једном гвозденим шипком, која пролази кроз хватач за гасове и допире до површине масе.

Ако је пећ са хватачима за гасове једноставним, онда при пуштању засипа у пећ увек изађе извесна количина гасова, који су за раднике веома непријатни. Обично се они том приликом при излазу запале. Наравно ово се не дешава код двоструких затварача.

Мешање руде са додацима, мешање разних руда и шаржирање врши се на основу хемијске анализе руде, горива и додатка.

Избацивање згуре (шљаке). Згура, која у збирници плива по растопљеном гвожђу и која има спец. тежину 2.3—2.5, је у главном једна врста металног силиката, односно метало-силицијска киселина. Њена садржина јако колеба и зависи од каквоће руде и горива, али се у главном састоји из: 35—45% силицијске киселине, 7% иловаче, 45—55% креча, магнезија, мангана и др. За њено избацивање из пећи служи нарочити отвор, који се налази од прилике на средини збирнице. Код старих пећи са отвореним трбухом згура се избацивала на тај начин, што се помоћу дуваљке за ваздух са супротне стране одувавала преко гребена а.

(Сл. бр. 21.) Зидни језичак 8 улазио је у збирницу толико, колико је потребно да онемогући излажење гасова и ветра кроз излаз за згуру.

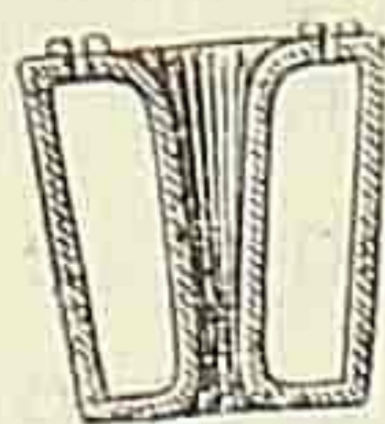


сл. 21. Стара висока пећ са отвореним трбухом

Наравно да дување ваздуха ради избацавања згуре мора да буде лагано

Данас једва да има овакве пећи са отвореним грудима. Свуда се већ ради са пећима са затвореним грудима, т. ј. са Лирмановим пећима. Увођењем ових пећи продукција гвожђа нагло је коракнула напред. Док се у старим пећима није могло да добије дневно више од 25 тона гвожђа, дотле нове овај број удесетостручавају са 4 пута мањим бројем радника. Овде згура излази стално, а не с времена на време, кроз нарочиту конусну лулу од бронзе или бакра, која је дугачка до 150, а широка на спољашњем крају 180 а на унутрашњем 140 м/м. Шупљина ове луле није ни приближно оволика већ највише 80 м/м. сужавајући се ка унутрашњем крају до 25 м/м., јер су њени дувари двојни. (Сл. бр. 22.) Лула лежи испод сискова за ваздух у нарочитом ливеном суду са хладном водом, тако да за 50 м/м улази у збирницу.

На овај начин згура у збирници има стални ниво, те мање нагриза зидове. Повећана продуктивна моћ нових пећи долази отуда, што оне уз овако отицање згуре могу да имају много већи број дувалка за ваздух, којима отакање згуре ни најмање не смета. Сада се лакше и гвожђе отаче и није потребно да пећ за то време обуставља рад, као код старих пећи.



сл. 22. Лула за згуру.

Треба у главnome разликовати две врсте згуре: ову што отиче кроз њен отвор и ону што излази приликом истакања гвожђа. Друге има несразмерно мање и појављује се нешто више при крају истакања.

Средина између старог и најновијег отакања згуре је повремено отакање, обично после 2 сата,

када се згура довољно накупи. То се констатује кроз прозор од лискуна на дуваљци. Лула за згуру затвара се пепелом од кокса, који се лако уклања.

За даље отицање згуре служи олука од ливеног гвожђа, који је постављен пепелом од кокса и који се хлади. Згура се оставља или онака, каква је из пећи изашла, или се одмах ситни. У првом случају она из олука пуни нарочите вагонете, у којима се охлади и изручи на нарочитом месту. У другом, чешћем случају, она се онако растопљена сипа у хладну воду, при чему се услед нагле промене температуре распадне у песак. Оваква згура зове се гранулирана, а радња ситњења гранулирање. Бржим или лакшим хлађењем добија се потребна крупноћа згуре. Гранулирање се може вршити још и ваздухом или воденом паром.

Истакање гвожђа. Гвожђе, које се у збирници накупи, истаче се кроз отвор који лежи на дну, одмах над подом. То бива обично после 4—6 сати, када се гвожђе накупи толико, да допре до самог отвора за згуру. Рупа, која је дотле била запушена блатом од иловаче, или од које друге нетопљиве земље, пробије се сада нарочитом бургијом или обичном гвозденим шипком. У случају да се то овим не успе, што је веома ретко, употребљава се нарочити апарат, који стопа материју, којом је рупа затворена (Schweisapparat).

Пре него што се пећ пробије, да се за то знак, сигнал онима горе што је пуне, машинама што удувавају ваздух и грејачима. Удувавање ваздуха се сада сведе на мању меру. Да истопљено гвожђе не би, нарочито у почетку, куљнуло из пећи и шибало далеко, још док је рупа мала принесе јој се, да би се у њу доцније још боље наместио, један конусни затварач, кога држи један радник и њиме регулише јачину млаза.

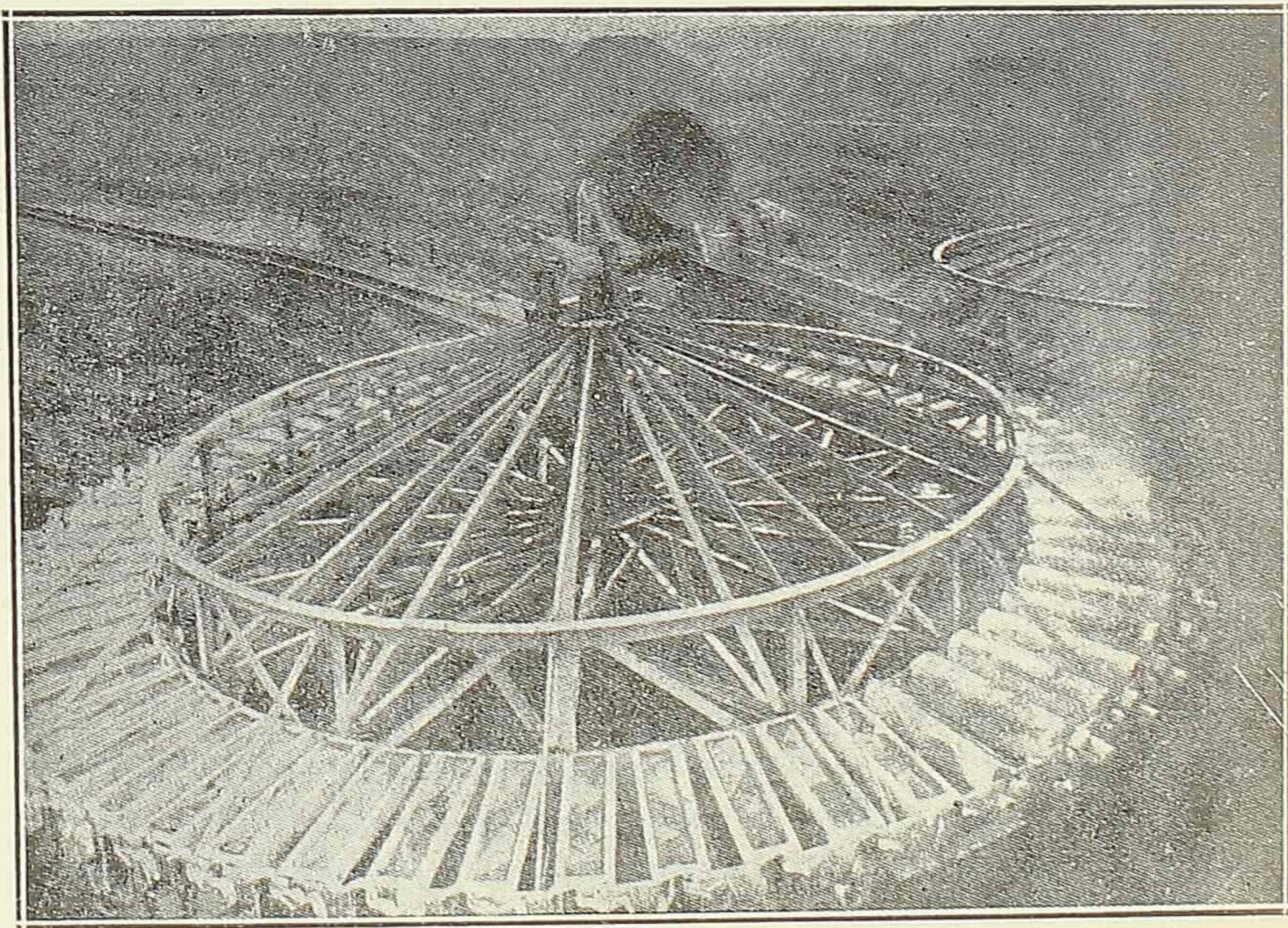
Да се не би згура, која се при крају истакања почиње да појављује, помешала са гвожђем, она се помоћу једног покретног олука одводи на другу страну. Остатак згуре, који плива по гвожђу, задржава се и одстрањује гвозденим штапићима, а гвожђе испод ње пролази даље.

Када је све гвожђе истекло и већ почиње да се појављује сама згура, онда се рупа очисти и поново затвори. Истакање траје обично 10—20 минута.

Из олука се гвожђе или сипа у нарочите нетопљиве судове, или излива у калупе. Гвожђе се хвата у судове код оних топионица, које га одмах онако растопљено могу даље да прераде,

док се разлива у калупе у топионицама, које га не могу да прераде, већ га тако сирово продају, или ради прераде даље транспортују.

Калупи од лив. гвожђа, у којима се гвожђе излије, зову се кокиле и обично су правоугаоног или трапезног пресека. Оне су правилно поређане по поду једног великог покривеног простора (ливница). Чим се кокила напуни гвожђем, радник је загради једном преградом обложеном нетопљивим песком, којим су и саме кокиле обложене (јер би се гвожђе за њих залепило). Песак мора да буде сув и чист, јер би у првом случају растопљено гвожђе кључало и прскало, што је веома опасно по раднике, а у другом, нарочито ако би у песку било комадића гвожђа, за њега се везивало и кварило облик полуге. У кокилама се обично разлива бело лив. гвожђе, док се сиво разлива такође у калупе истог или сличног облика, али израђене од нетопљивог песка.



Сл. 23. Кружна машина са калупима за хватање сировог гвожђа

Блокови гвожђа (полуге), изливени у оваквим калупима, махом су повезани, па се морају раздвајати разбијањем. Разбијање врше радници чекићима, али се у новије време и овде примењује машина. Истресени из калупа, блокови се после дохлађују водом.

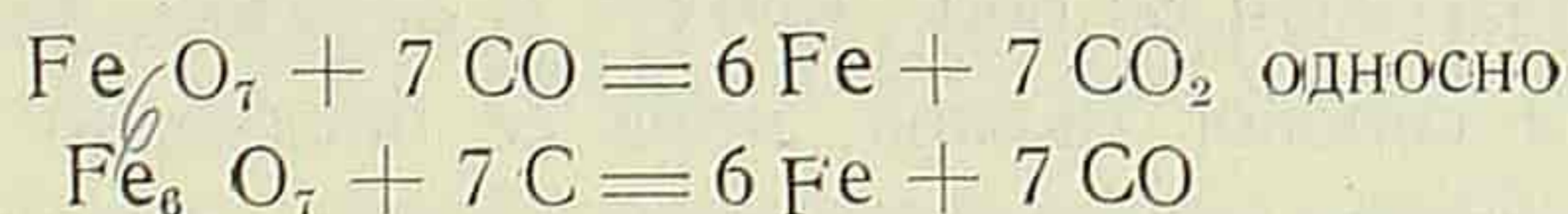
Да би се избегло разбијање, раздвајање блокова, постоје т. зв. кружне машине за ливење. То је један огроман хоризонталан точак, по чијој ивици леже калупи поређани по линијама пречника. Точак се полако окреће, те сваки калуп дође под млаз растопљеног ввожђа и напуни се. Кад дође на одређено место, калуп се преврне и испразни, а блокови, који доле падну, дохладе се водом.

Целокупан процес, који се у високој пећи обавља да би се из руде добило гвожђе, дели се у главном на 4 дела, који у пећи обележавају своје зоне. При врху пећи, на температури 200—300 С°, припрема се материјал за даље процесе, те се ова зона и назива *зона припремања*. Од 300—900 С, у већем делу груди, врши се процес редуковања руде, те се тај простор назива *зона редуковања*. Одатле, па до 1400 С, настаје *зона угљенисања*, која у главном захвата трбух пећи и на послетку *зона топљења*, која обухвата збирницу. Границе између појединих зона нису тачно одређене, већ колебају према материјалу и величини пећи.

Међутим подела пећи на зоне не одговара стварним радњама у њој, те се морају узимати у обзир хемијски процеси, који се у пећи обављају, а који ни дандањи нису потпуно објашњени.

Ваздух, који се кроз дуваљке натера на усијани кокс, сагори услед високе температуре у збирници угњеник у угљеноксид. ($C + 2O = CO_2$). На даљем путу дође угљеноксид у везу са великим количинама угљеника, па се овде, све на температури до 1400 С, редуцира у угљеноксид.

У трбуху пећи наиђе угљеноксид на руду, која је у ствари гвожђа оксид (једињење гвожђа и кисеоника) и извуче јој кисеоник, те с њиме образује угљендиоксид, ослободивши на тај начин гвожђе. На овај начин се руда редукује. Горући кокс, управо угљеник, делује на исти начин на руду, при чему се претвара у угљеноксид. Кад се узме да је у доњем делу пећи руда један оксидулоксид састава $Fe_6 O_7$, онда би се ове радње могле да преставе хемијским формулама овако:



Ови процеси врше се још и у појасу пећи. У грудима, где је температура испод 700 С, редукује се гвожђа оксид (руда) помоћу угљеноксида у оксидилоксид.



Даље на температури испод 450 С, не врше се ови хемијски процеси, већ ту руда у главном изгуби у почетку своју хигроскопску, а затим и своју хидранту (хемијску) воду. Угљеноксид, који је постао сагоревањем кокса и кроз целу пећ извршио свој главни задатак, излази најзад са осталим гасовима на уста пећи.

Међутим посредна, или индиректна редукција помоћу угљеноксида, објашњава се овако. Материјал, који се кроз уста пећи убаци, долази прво у најхладнији простор, при чему загрејани гасови утичу, да он изгуби своју воду. Ниже, већ на температури од 300 С°, почиње деловање угљеноксида на руду т. ј. посредна редукција. На температури 700—900 С° издвајају руда и креч своју угљену киселину и слабећи себе, њу повећавају. Осим тога врши се растављање угљеноксида у угљену киселину и угљеник. Последњи се образује у чврстом облику и као фини прах нахвата се на гвожђу, које се још није ослободило земљаних састојака. Гвожђе постепено прими у себе угљеник, те се на тај начин угљенише, што му омогућава топљење на нижој температури (1100—1200 С). Тиме се постиже оно што је главно.

Топљење овако угљенисаног гвожђа, образовање згуре и редуцирање осталих састојака руде и додатака, као и редуцирање мангана, фосфора и силицијума, који стално прате гвожђе, врши се у доњој половини трбуха и горњем делу збирнице. У колико се материјал у пећи теже редуцира, у толико има више згуре; у толико се процес спорије завршава. Ради тога је потребан сам угљеник, који овде делује у ствари као угљеноксид из кокса, са којим је растопљена маса у збирници помешана. Ова редукција зове се директна, непосредна, јер њу врши непосредно сам угљеник, за разлику од посредне коју врши угљеноксид.

Неправилне радње високе пећи. Ако се хоће да добије бело сирово гвожђе, онда сразмера између горива и руде иде у корист руде, а ваздух се удувава хладнији него код добијања сивог сировог гвожђа. Међутим за производњу сивог гвожђа потребна је већа температура т. ј. више горива, а ваздух који се удувава треба да буде загрејан од 600—900 С°. У осталом, да би се добила одређена врста сировог гвожђа, мора се предходно знати тачна анализа руде, горива и додатака и да се има практичног и теоријског знања за њихово мешање. Но и поред најсавеснијег и најстручнијег рада може да се деси, да пећ не да прорачунати резултат. Могу ипак да се догоде разне незгоде и неправилности. Од тих незгода и неправилности изнећемо овде само некоје главније, не упуштајући се у њихово шире објашњење.

Једна од највећих непријатности је *застој процеса у пећи*, који долази услед смањене температуре у збирници и трбуху. Ово проузрокује недовољна количина горива према осталом материјалу или пак лоше гориво, те се не може да изврши потпуна редукција. Услед овога један део гвожђа прелази у згуру што је од штете, а добијено сирово гвожђе је бело и има веома мало угљеника. Међутим ако је горива више него што је потребно, те се цео процес убрза, онда може да наступи обрнута непријатност: добије се гвожђе, које у себи има премного угљеника и силицијума. Ако вода продре у пећ, такође може да наступи застој у процесу.

Из неколико узрока може да се деси, да материјал у пећи стане, или да улагани при спуштању. То се понајчешће дешава, када се у пећ удувава ваздух прегрејан, услед чега се маса због убрзаног топљења слепи и заглави.

У пећи се могу да дешавају и експлозије и оне наступају понајчешће ако у збирницу од некуда уђе вода, или при наглој промени брзине процеса, услед чега се на каквом месту сакупи велика количина гасова, који експлодирају. Може да се деси, да каква већа експлозија избаци усијану масу чак кроз уста пећи.

Један од најнепријатнијих случајева је онај, када се пећ провали. Махом се то може да деси старој пећи, којој су зидови већ ислужили, или пак сасвим новој, код које се по зидовима није још нахватала извесна наслага, која их штити. Овај други случај обично наступи отуда, што растопљени материјал нађе какву рупу између опека, коју временом прошири.

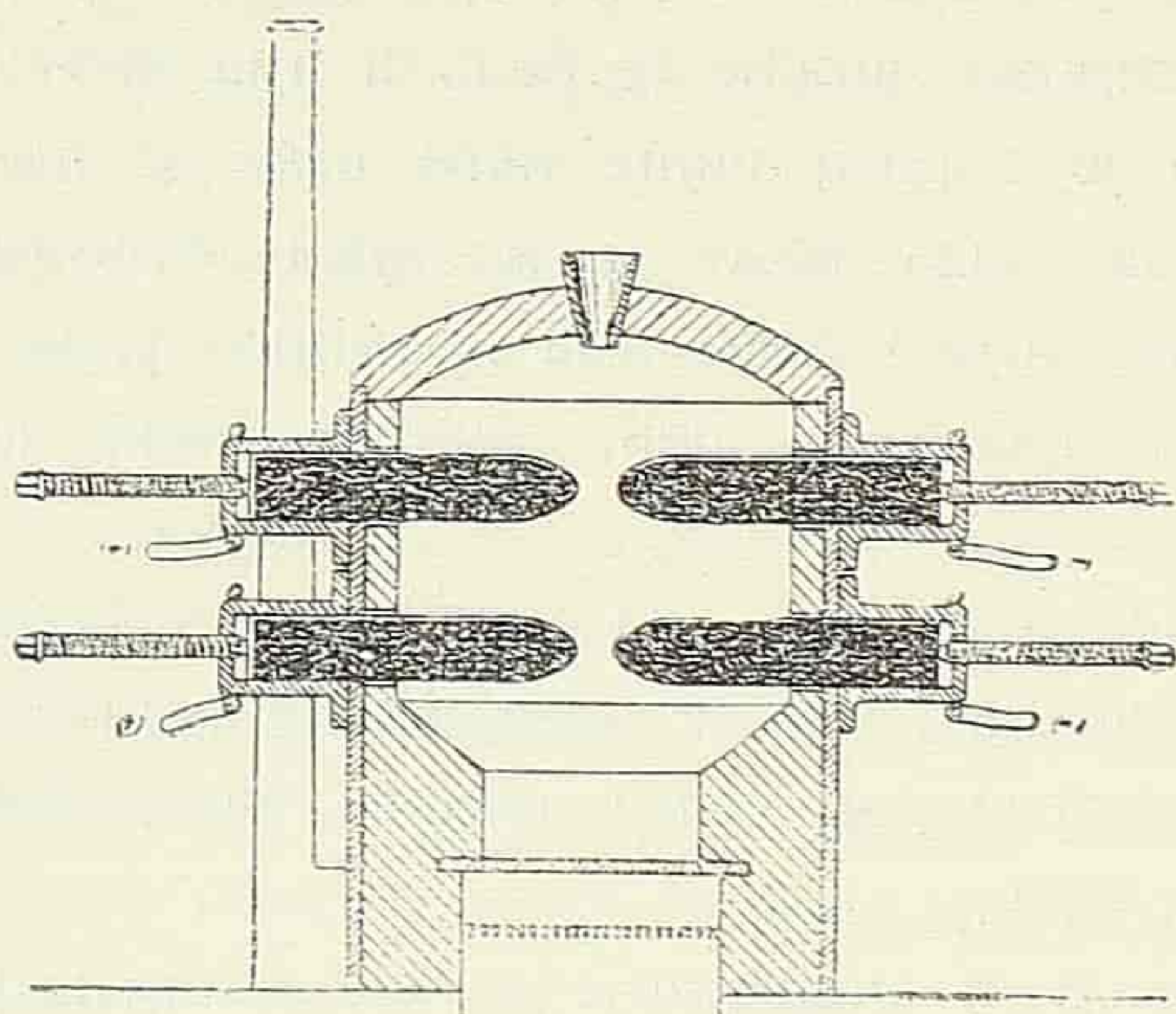
Све ове непријатности топионичар зна да отклони, кадкад лакше, кадкад теже.

Пећ се у току свог живота мора да оправља, а сваке четврте или пете године, а кадкад и доцније, мора да се изврши генерална оправка. Ово је нарочито потребно да би се очистила наслага, која се у дебелом слоју нахвата по зидовима доњег дела пећи.

ЕЛЕКТРИЧНЕ ВИСОКЕ ПЕЋИ.

Покушај да се помоћу електрике добија гвожђе из руда, т. ј. да се њом врши редуковање, пада још у почетку XIX. века, у времену кад је електрика почела да се примењује у индустрији. Међутим на практичну примену морало се још дуго да чека, те је озбиљна употреба електрике за топљење гвоздене руде дошла

тек после њене примене у покретању ваљавица, дизалица и других машина у металургији гвожђа. Све до шесте десетине прошлога столећа остајало се на покушајима, док није Француз Пишон 1853. г. конструисао пећ са електродама, чији је принцип задржан у главном и данас.



Сл. 24. Пишона
електрична висока пећ

Испод два пара електрода, које улазе у горњи шири део пећи, а које радник по потреби у пећ увлачи и извлачи, налази се узани простор, у коме треба да се скупља растопљено гвожђе. Пећ је служила и за топљење руде (редуцирање) и за пречишћавање сировог гвожђа. Шире техничку примену ова пећ у то доба није могла да има, јер добијању електри-

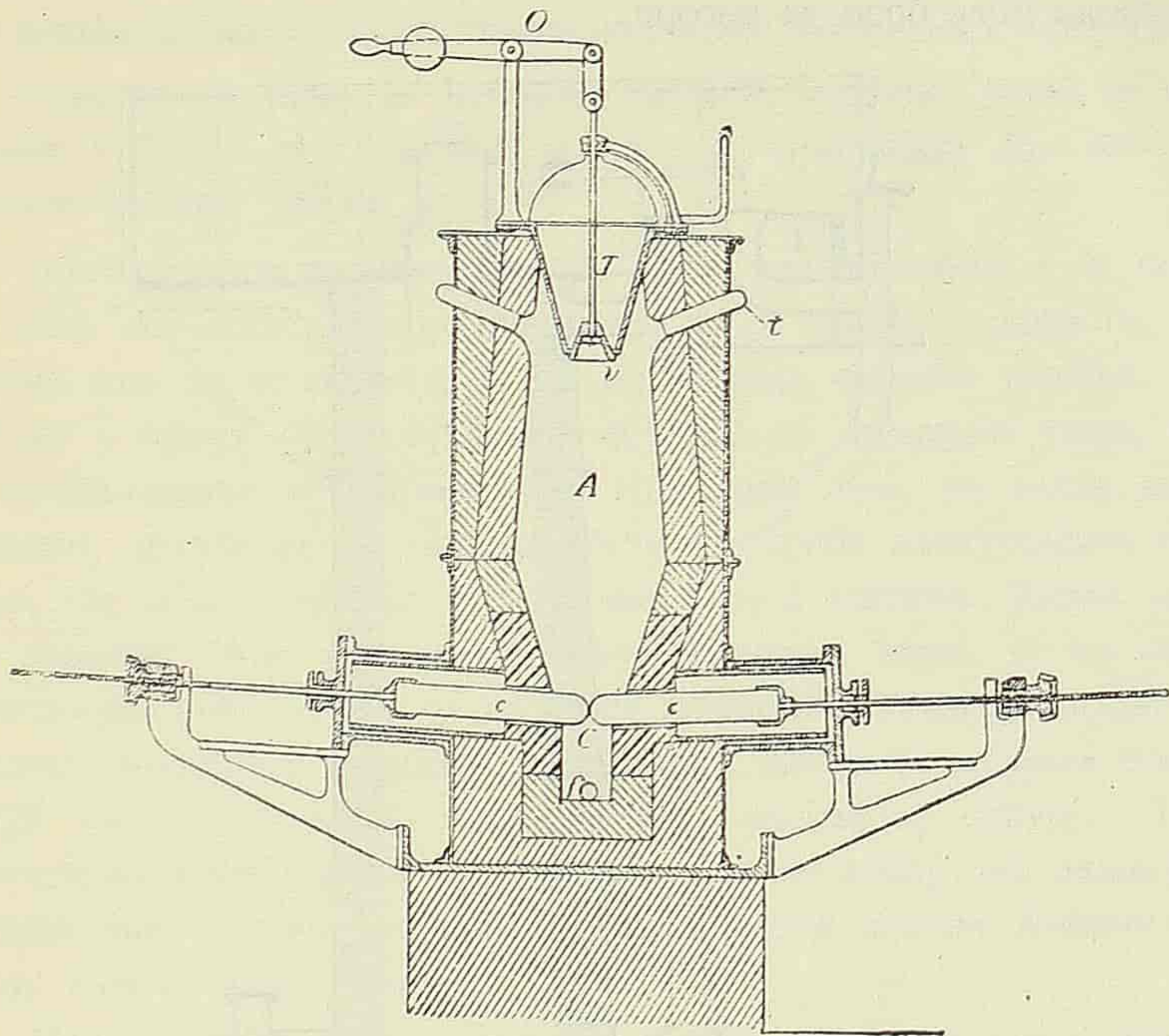
цитета нису још служиле машине, већ батерије.

Овај и још неки доцнији апарати могли су услед својих малих димензија да послуже само за специјалну сврху, више ради пречишћавање сировог гвожђа, него за топљење руде. Тек проналаском динамо-машине, која производи велику количину електричне струје, повећавају се и димензије електричних пећи за гвожђе. Ређају се разни модели са гвозденим или угљеним електродама, али још увек са малим практичним применама.

Тек 1898. г. успева Талијан Ернесто Стасано да конструира пећ, која је по своме обиму донекле одговарала високој угљеној пећи за топљење руда и од тог времена може озбиљније да се говори о добијању гвожђа електричним путем. Није никакво чудо што је за једног Талијана везан овако важан проналазак у металургији гвожђа, у којој је његова земља била далеко иза многих европских земаља. Сиромашна у угљу, Италија је гонила своје људе на проналажање других погона за покретање њене индустрије.

Слика бр. 25. показује први модел Стасањовог изума, који је по свему сличан обичној високој пећи за угаљ, а кога је он доцније у многоме изменио. Првобитна замисао проналачева била је, да у оваквој пећи топи руду, пречишћава сирово гвожђе

и добија специјалне челике. Међутим она је могла практично да служи само за топљење руде. За редуцирање руде употребљаван је дрвени угаљ, антрацит или кокс, наравно у много мањој количини, јер угаљ овде служи само за редуцирање а не и за загревање. Ради одвајања згуре руда се, као и обично, мешала са кречњаком. Између трбуха пећи и збирнице улазиле су у пећ две електроде, између којих се руда топила. Што се реакције тиче, она је у главном иста, као и у обичној високој пећи за угаљ.

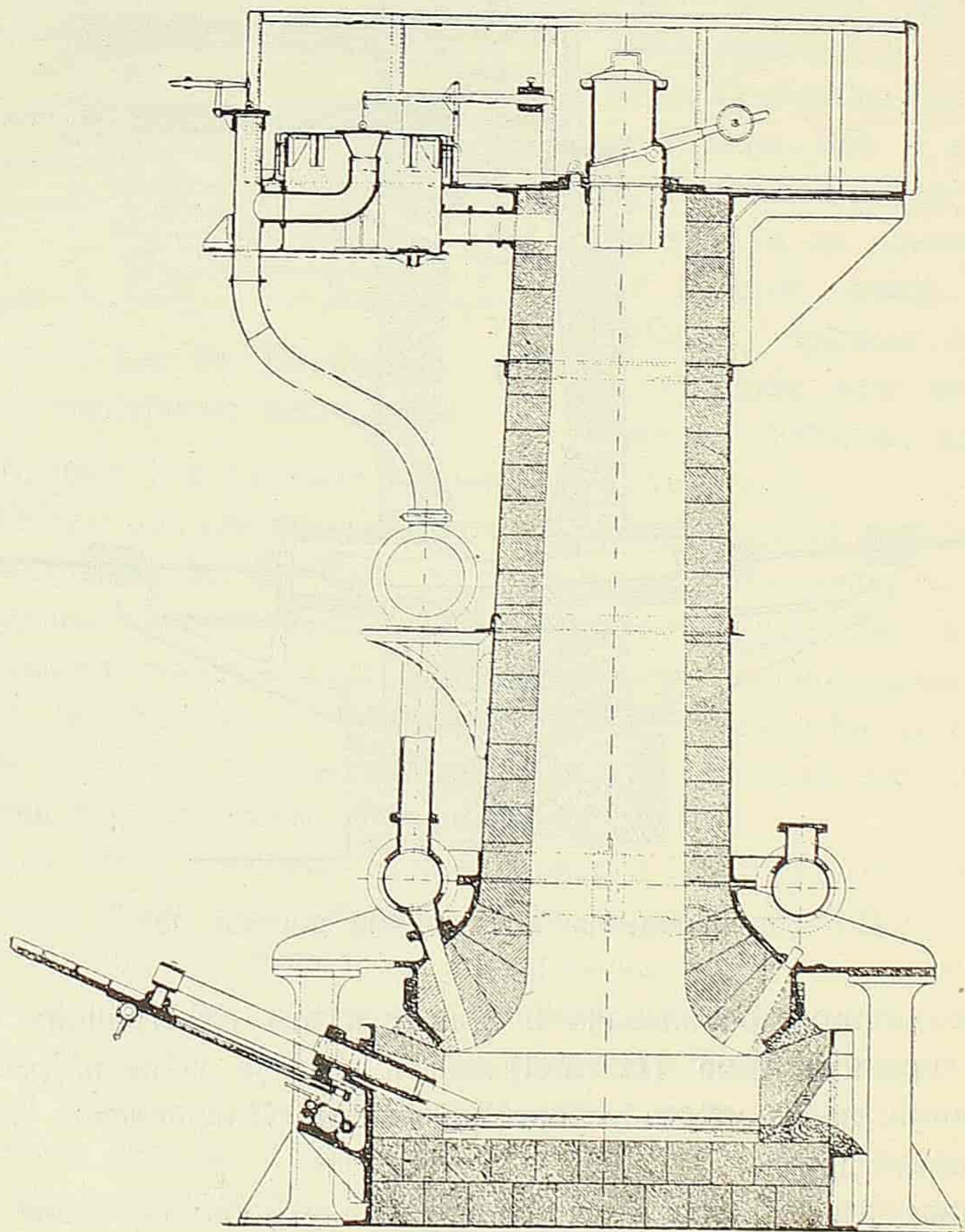


Сл. 25. Стасанова електрична висока пећ.

Од осталих проналазача и конструктора електричних пећи дао је Француз Арме (**Harmet**) модел, који је данас најраспрострањенији, па ће можда ускоро, уз извесна усавршавања, да потисне сваки други.

Данас једна модерна пећ овог типа за добијање једне тоне сировог гвожђа треба за редуковање руде око 350 Ко. кокса (место 1200 колико треба обично угљена пећ), уз утрошак 2300 киловата струје. Угљеник у њој не сагорева изнад збирнице као код обичних, угљених пећи, јер он врши само угљенисање и редуковање и то искључиво у збирници. Услед тога запремина збир-

нице мора да буде увећена, док се груди пећи све до збирнице, са којом се непосредно везују, шире, да би материјал могао да пада, јер трбуха нема. Проширена збирница потребна је највише зато, да би у њу могле да стану угљене електроде. Ових обично има четири пара и оне пролазе кроз свод, који везује збирницу са грудима. Да би се произвело 1000 К. сировог гвожђа, утроши се 7—10 електрода, чији угљеник такође врши редукциони утицај на руду. При наглим променама струје и при већој њеној навали, електроде могу брзо да изгоре.



Сл. 26. Армеова електрична висока пећ

Један део гасова, који из пећи изађе, ухвати се, охлади, па се поново удува у пећ помоћу дувалака. Ове пролазе испод свода и намештене су тако, да свод хладе. Угљена киселина из гасова, по-

моћу угљеника из горива и оног при сагоревању електрода, претвара се у угљеноксид. Овоме се прикључује и онај угљеноксид, који се ствара приликом директне редукције руде у збирници помоћу угљеника, те тако повећава количину овог гаса, пролази кроз масу и редуцира руду, док се топљење врши у простору између електрода.

Да поменемо још име Француза Пола Л. Ерула (Paul L. Héroult), у чију се електричну пећ удувава ваздух, да би се сагорео вишак оксида, што се ствара из гасова, који се сви у пећ уносе.

Електричне пећи за добијање гвожђа, наравно, мање су него угљене (10—15 мет. високе) и могу да произведу 20—40 тона сировог гвожђа за 24 часа.

Поставља се питање које су пећи рентабилније и да би се на њега одговорило, мора унапред да се знају околности, под којима има да се развија једна индустрија сировог гвожђа. Ово питање у првом реду оправдава потреба за штедњом угља, чије се исцрпљавање већ примећује. При свем том, уз један тачан обрачун, долази се до оправданости употребе електричних пећи тамо, где је производња електричне струје јевтина. Затим тамо, где гвоздене руде има у изобиљу, а горива мало. Услед овога електричне пећи нашле су најширу примену у скандинавским државама, највише у Шведској, где обиље погодних водених падова стоји на расположењу производњи електричне струје. Тамо електричне високе пећи већ заузимају један добар део целокупне производње сировог гвожђа. После Шведске долази Америка по броју електричних пећи.

Наша земља, уз богаство у гвожђу и обиље водених падова, има добрих услова за примену електричних пећи, па би се тој околности требало да управи старање наших меродавних као и самих финансијских и индустријских кругова. У толико више, што у потребном гориву за угљене високе пећи, коксу и антрациту, оскудевамо.

Осим електрицитета у последње време се покушава са топљењем руде помоћу генераторског гаса, који се добија при непотпуном сагоревању мрког угља. О овом гасу рећи ћемо више, када будемо говорили о Сименс-Мартиновом процесу. Ово би такође требало да заинтересује наше позване факторе, јер мрког угља у земљи имамо довољно, док у осталом гориву, као што рекосмо, оскудевамо, те га махом морамо увозити.

ПРОИЗВОДИ ВИСОКЕ ПЕЋИ.

Главни производ високе пећи је сирово гвожђе, а згура и гасови су редовни производи. Међутим и ове убрајају у главне зато, што се добијају у великим количинама, те је и вредност њихова велика. Осим ових главних производа добијају се, према саставу руда, олово и цинк. Олово као теже пада на дно пећи и скупља се у каналима — жљебовима на поду, а цинк се испарава и хвата по зидовима цеви, којом се одводе гасови из пећи. Ова два производа називају се *споредним*.

Сировог гвожђа има у главноме две врсте: белог и сивог. Постоји и полусиво као средина између једног и другог. О овоме је у главноме речено у глави о врстама гвожђа. Угљеник у белом гвожђу везан је хемијски, а у сивом механички, као графит, у листићима.

Бело сирово гвожђе ствара се кад се руди дода мангана, који је чини топљивијом. Око се при већој количини мангана удубава јако топао ваздух, онда се ствара огледаласто гвожђе

Међутим бело сирово гвожђе добија се у главноме кад се растопљено гвожђе нагло охлади изливањем у хладне кокиле. Наравно да би ради овога гвожђе требало да има и мало силицијума.

Сиво сирово гвожђе ствара се кад се растопљено гвожђе охлади постепено у калупима од песка, те има времена за формирање графитних љуспица. Али у главноме на његово стварање утиче силицијум, када га има више. Везујући се за гвожђе, силицијум оставља угљеник да се издвоји у графит. Ако у гвожђу нема ни мало мангана, оно мора да буде сиво и уз најмању количину силицијума.

Од осталих елемената, поред силицијума, најважнији пратиоци сировог гвожђа су фосфор и сумпор. Фосфор чини гвожђе кртим и тврдим, али погодним за ливење, јер добро испуњава калупе. Сумпор га чини кртим на црвеном усијању. Од елемената који ређе долазе у сирово гвожђе су: бакар, титан, арсен, ванадин.

Подела сировог гвожђа на бело и сиво не игра, међутим, у пракси већу улогу. Овде се подела врши према намени и употреби. Према томе сировог гвожђа има у главноме:

- 1.) **Сировог гвожђа за ливење.**
- 2.) **Хематит.**
- 3.) **Сирово гвожђе за пудловање.**

- 4.) Сирово гвожђе за Бесемеров процес.
- 5.) Сирово гвожђе за Томасов процес.
- 6.) Сирово гвожђе за Мартин-Сименсов процес.
- 7.) Огледаласто гвожђе.

I) Сировог гвожђа за ливење има много врста. Подела се врши у главноме према његовој намени:

а.) *Ливено гвожђе за цеви водене и гасне* има од прилике ову анализу:

силицијума	1.50—2.50
мангана	0.50—1.30
фосфора	0.50—1.50
сумпора	испод 0.10
угљеника	испод 3.50

б.) *Ливено гвожђе које се тешко топи* има ову анализу:

силицијума	1 —1.50
мангана	0.30—0.50
фосфора	0.20—0.30
сумпора	до 0.07
угљеника	испод 3.50

Угљеник треба што више да буде хемијски везан, јер издвојен у графит лако сагори. Прелом да буде што финији.

в.) *Ливено гвожђе за машинске делове* треба да има од прилике овај састав:

силицијум	2.50—3
манган	0.75—1.25
фосфор	0.50—1
сумпор	испод 0.07
графит	изнад 3.30

Овај лив употребљава се највише за пољопривредне машине. Не сме да буде крт, те је за то потребна већа количина графита.

г.) *Тврдо ливено гвожђе за жељезничке точкове, ваљке и др.* има:

силицијума	0.50—1
мангана	0.50—1.25
фосфора	0.15—0.25
сумпора	испод 0.10
угљеника	испод 3.50

Мала количина силицијума условљава већу тврдоћу, али у односу према угљенику, у ливу треба да буде увек мање угљеника, у колико силицијума има више.

II) **Хематит** је сиво сирово гвожђе, које може да издржи велику промену температуре, т. ј. има својство да се у овом случају растеже. Махом се употребљава за ливене судове, за парне котлове и цеви, за цеви за топао ваздух и сл. Његова анализа је од прилике ова:

силицијум	1.60—3
манган	0.60—1.20
фосфор	0.05—0.12
сумпор	испод 0.075
угљеник	3.50—4.50

III) **Сирово гвожђе за пудловање**, било бело или сиво треба да има што мање силицијума, јер што га има више, процес пудловања дуже траје због његовог издвајања, при чему доста гвожђа прелази у згуру. С обзиром на тежак рад око пудловања, треба прерађивати само гвожђе, које има мање силицијума.

IV) **Сирово гвожђе за Бесемеров процес**. Важно је да ово гвожђе не треба да има много фосфора, јер овај сав остаје поново у гвожђу. На против силицијум је користан, јер при процесу сагорева у конвертеру, те материјал одржава у течном стању. Манган у конвертеру пршти те прави растур, па је боље да га има мање.

Анализа сировог гвожђа за Бесемеров процес обично је:

силицијум	0.60—2
манган	1 —4.80
фосфор	испод 0.10
сумпор	испод 0.05
угљеник	3.50—4.50

V) **Сирово гвожђе за Томасов процес** треба да има:

силицијума	0,20—0,50,
мангана	0,50—2.—,
фосфора	1,80—2,50,
сумпора	највише 0,12,
угљеника	3—3,50,

Чему служи код Бесемеровог процеса силицијум, томе служи код Томасовог фосфор. Овога треба да има најмање 1,80%.

VI. **Сирово гвожђе за Сименс-Мартинов процес**, код кога количина угљеника не игра важну улогу, не сме да има више фосфора од 0,30, а сумпора 0,10% кад је бело и ни једног ни другог изнад 0,10 кад је сиво. Силицијума сиво може имати 1,25—1,50, а бело 0,50—1%, док мангана бело може имати до 6, а сиво највише до 2%.

VII. Огледаласто гвожђе (Spiegeleisen) добило је своје име због своје карактеристичне лиснате структуре. Ови листићи су глатки и сјајни, те се на њима може огледати. Садржи 10—20% мангана. Ако мангана има веома много, око 80%, онда се овако гвожђе назива фероманган (**Ferromangan**). Ако уз 20% мангана има и много силицијума (око 12%), онда је то силико-огледаласто гвожђе (**Silicospiegeleisen**). Феросилицијум (**Ferrosilicium**) је гвожђе које нема мангана, а има силицијума преко 12%. Сва ова манганска и силицијска гвожђа немају практичну употребу, већ служе искључиво као додаци при разним процесима за добијање ковног гвожђа, односно челика.

ЗГУРА — ШЉАКА. Згуре, о чијем хемијском саставу је било речи раније, има у главном две врсте: *обичне у комадима — грудвама*, што се стварају, кад се источена згура из високе пећи охлади постепено и *ситне као зрневље (гранулиране)*, која се добија наглим хлађењем (обично водом).

Крупна згура употребљава се као изврсан материјал за насипање и набијање путева, нарочито ако се меша са тером и њена тражња за ову сврху расте из дана у дан. Она се радо употребљава и место шљунка за жељезничке насипе. Међутим ситнија згура, величине зрна пасуља до лешника, употребљава се место шљунка за бетон, који је за извесне сврхе бољи од обичног.

Гранулирана згура употребљава се такође за бетонске радове. Притом је веома погодна за малтер место песка, за производњу *згуриног обичног цемента и опека*, о чему ће бити речи доцније. Т. зв. *згурина вуна* употребљава се за испуњавање зидова и остала изолирања, јер је рђав топлоноша. Ипак се она у последње време мање за то употребљава, јер се нашло да нагриза зидове. Прави се под наглим притиском паре, при чему се формира у еластичним кончићима.

Згурино камење или опека прави се сабијањем гранулиране згуре са извесним додатком гашеног креча. У последње време је важан и *згурин цемент*, који у многоме може да замени обичан цемент. Наравно да је он ипак сурогат и употребљава се у оскудици правог цемента. Прави се од самлевене гранулиране згуре, која се меша са 30% гашеног креча.

Гвоздени портланд-цемент прави се из 70% портланд-цемента, 30% самлевене базичне згуре и нешто кречњака. Ако је материјал добар, овакав цемент може да има чак већу моћ стезања од обичног цемента.

ГЛ. III

ДОБИЈАЊЕ КОВНОГ ГВОЖЂА.

Непосредно добијање ковног гвожђа из руда у цурњачама и курјачама описано је површно раније и с обзиром на изчезавање ове примитивне методе и сам обим ове књиге, није потребно шире разлагање о томе. Многобројни покушаји, што се и данас чине да се ковно гвожђе добије непосредно из руде, нису дали веће резултате у правом смислу. У извесном смислу постигнут је овај резултат у Сименс-Мартиновим пећима, када се ради добијања ковног гвожђа употребљава, уз старо гвожђе и отпатке, и руда. Неке електричне пећи за топљење руда у непосредној су вези са пећима за рафинажу, али то не значи добијање ковног гвожђа из руда, како се од неких усваја.

Ковно гвожђе добија се данас у главном преочишћавањем сировог. Под преочишћавањем се разуме радња, којом се из сировог гвожђа удаље састојци, што га чине нековним, незаварљивим, нерастегљивим. То су у главном: угљеник, фосфор, сумпор, манган и силицијум. Удаљавање ових елемената врши се оксидацијом помоћу кисеоника из ваздуха или из саме руде. Неки оду као гасови, а неки образују згуру, која плива по растопљеном гвожђу.

Сирово гвожђе се преочишћава двојачко: или се непотпуно стопи у кашасту масу, па се дробљењем и гњечењем излаже оксидацији, или се истапа потпуно у течност, при чему је оксидација технички лакша. Првим начином добија се ковно гвожђе у обичним пећима за преочишћавање (Frischöfen) или у пудловним пећима и такво гвожђе се назива *варено*. Другим начином добија се ковно гвожђе Бесамеровом, односно Томасовом и Саменс-Мартиновом методом и назива се *отакано*. По истом начину добија се ковно гвожђе и у електричним пећима, о којима ће такође морати бити нешто речи.

А) ВАРЕНО ГВОЖЂЕ.

I. СТАРЕ ПЕЋИ ЗА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ (FRISCHÖFEN).

Са овим пећима данас се ради веома мало у главном због тога, што им је капацитет мали (за 24 сата 1000—1200 кгр.) и што се за топљење мора да употребљава само црвени угаљ, пошто гвожђе мора да долази у непосредан додир са ватром. Услед тога су се задржале у извесној мери само тамо, где потреба за штедњом угља није тако велика, као на пр. у Шведској, Норвешкој, Русији, Швајцарској. Задржале су се и у главном због тога, што дају изванредно добар производ, који се употребљава за специјалне израђевине као на пр. за клинце за потков стоке, за израду нарочитог челика и т. д.

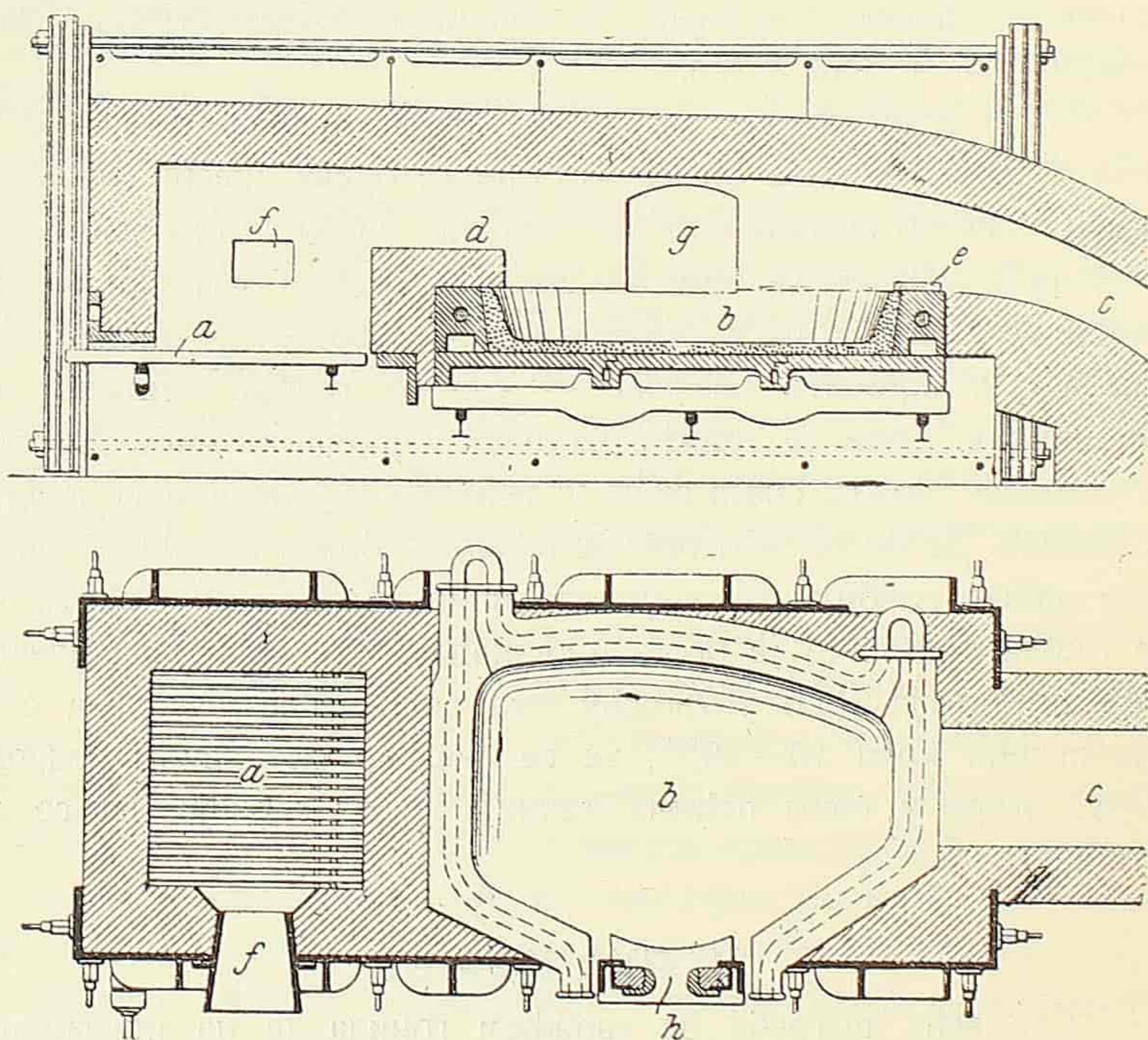
То је једна обична, махом квадратна пећ широка до 2 мет. озидана од истопљиве опеке. На дну сагорева дрвени угаљ, чији пламен лиже по комађу сировог гвожђа. Да би се оксидација лакше вршила, удубава се овде хладан ваздух, или загрејан до 150С. Гвожђе се лагано топи и капље пролазе кроз ветар, оксидирају се и падају у нарочито оделење — суд од тешко топљивог туча или шамоте. Овде се гвожђе скупља у кашасту масу. Кисеоник оксидираног гвожђа спаја се са угљеником у угљеноксид, који као гас одлази. Да би се овај процес обављао брже, гвожђе се помоћу једне шипке разбија па се поново приноси пламену. Гвожђе бива све гушће у колико је боље прочишћено, те се најзад извади и даље прерађује. Ако у гвожђу има више фосфора, онда се додаје печени креч 10—20%, те се фосфор са кречом издвоји у згуру. Згура у овим пећима течнија је од гвожђа, па се лако источи.

II. ПУДЛОВАЊЕ.

Све већа потреба за гвожђем гонила је на истраживање таквог начина за добијање ковног гвожђа, којим би се оно произвађало у много већим количинама, него што се то постигавало примитивним пећима. Нарочито се помишљало на искоришћавање каменог угља, кога је било довољно и чија је употреба у индустрији била већ доста велика. Ово већ и због тога, што је дрвени угаљ много скупљи и што би развијање велике индустрије гвожђа на дрвеном угљу било фатално по шуме. Међутим сирово гвожђе долажењем у додир са горивом, као што је камени угаљ или кокс, не би могло да буде очишћено, те се

морало помишљати на таку пећ, код које би, обрнуто ономе код примитивних, сирово гвожђе долазило у додир само са топлотом и пламеном горива. На тај начин лакше би се могло да пре-чишћава гвожђе, у коме има доста фосфора и сумпора. У исто-ријском делу речено је о проналаску ове пећи од Енглеца Енри Корта (Henry Cort) као и важности, коју је овај проналазак имао за развијање велике индустрије гвожђа, а сада ћемо се по забавити са самом пећи, њеним радом и њеним производом.

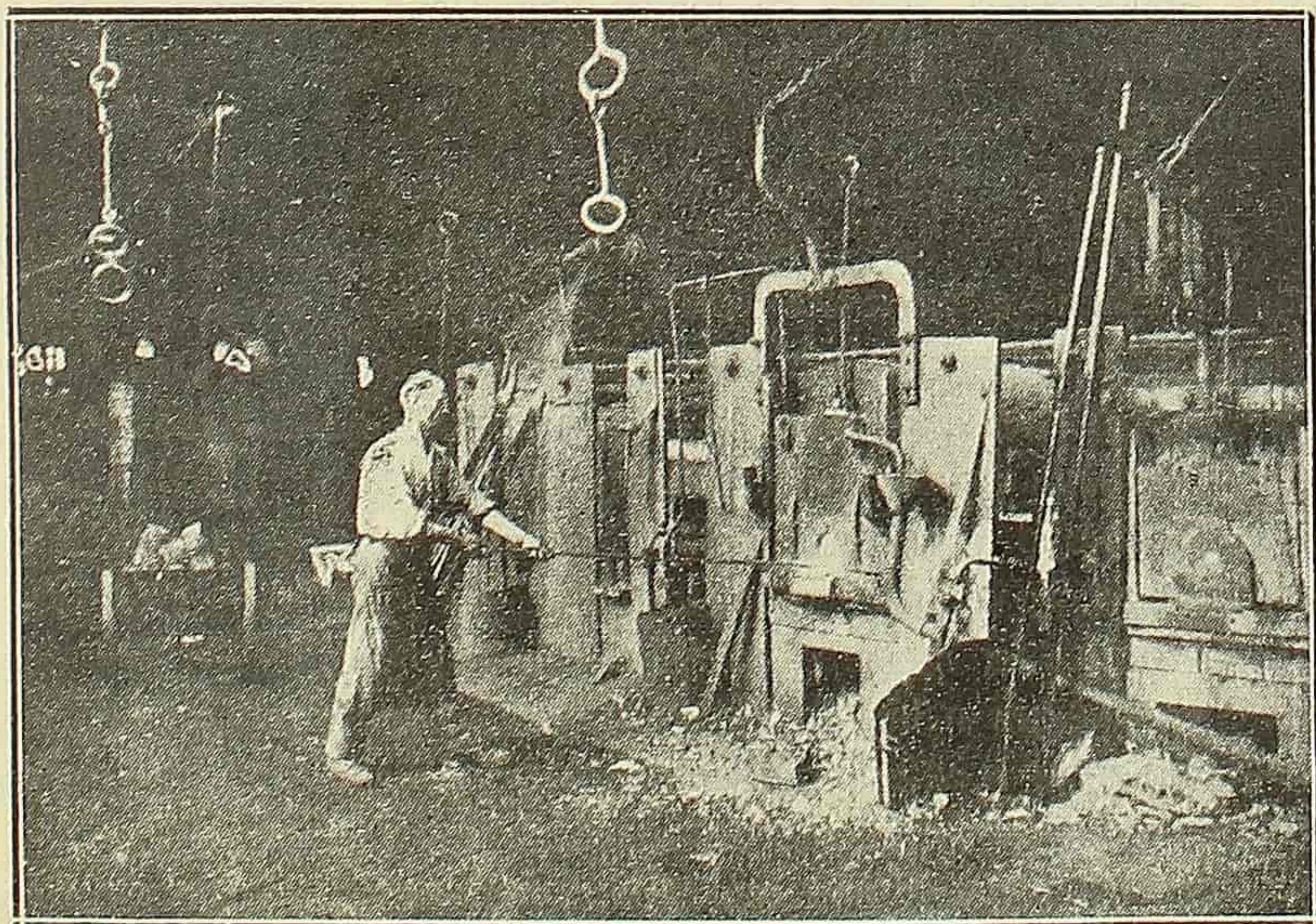
Сл. бр. 27. преставља нам пећ у вертикалном, а друга испод ње исту пећ у хоризонталном пресеку. Сл. бр. 28 преставља пећ у раду.



Сл. 27. Пећ за пудловање у оба пресека

Као и свака пламена пећ и пећ за пудловање састоји се у главноме из два дела. На једној страни (b) је лежиште за сирово гвожђе што треба да се топи, а на другој је огњиште са решетком (a). Сама пећ дуга је око 4 м., висока до 2, а широка око 1,75 м., изидана је из шамотских опека и обложена дебелом лимом ради заштите зидова. Лежиште је дугачко 1,70—2, а широко 1,50—1,70 м. и обложено дебелом, тешко топљивом гвоз-

деном ливеном плочем, или нетопљивим каменом. Испод плоче налазе се канали којима стално струји хладна вода, да би спречавала топљење пећи. Сама ливена плоча покривена је једним слојем од тешко топљиве згуре или ковачине, дебелим 10—15 см. Ватриште обично је 2—3 пута мање од лежишта за гвожђе и лежи на ливеној решетки, кроз коју пепео пада у велику пепељару. Између лежишта и ватришта налази се зид (d) од нетопљивих опека, висок и широк 30—40 см., кроз који пролази канал са хладном водом или ваздухом. Преко овог зида лиже пламен над лежиштем. Са супротне стране лежишта налази се такође зид (e) за 30—50% нижи од првог, који онемогућава лако излажење пламена, како би се над гвожђем више задржавао. Свод изнад пећи подешен је тако, да од ватришта постепено пада и кад пређе лежиште његов пад је велики и прави лук, који са доњим делом пећи образује врат, кроз који излазе гасови напоље. Ови гасови употребљавају се махом за загревање парних котлова. Код неких пећи искоришћавају се за загревање сировог гвожђа у нарочитом лежишту у самом врату пећи. Над ватриштем налазе се врата (f) за убацивање угља, а над лежиштем врата за уношење и изношење материјала (g). С предње стране налази се још један мали отвор (h), који служи за царање по гвожђу за време процеса.



Сл. 28. Пећ за пудловање у раду

Пречишћавање пудловањем бива на овај начин. Пошто се пећ предходно загреје¹⁾, унесе се у њу (према њеној величини) до 300 кгр. сировог гвожђа, коме се дода нешто ковачине или слични гвожђа оксид, па се врата затворе да ваздух не прилази. Пламен са ватришта лиже преко зида по гвожђу и после извесног времена почиње да га топи. За 40—50 минута гвожђе је стопљено и почиње оксидирање негових пратилаца помоћу кисеоника из ковачине, при чему се одмах почиње да хвата по површини згура. Да згура не би спречавала даљи утицај гасова — пламена, мора сада радник једном гвозденом шипком да цара по гвожђу, да би његове делове излагао оксидацији. За двадесет минута мешања изгори прво силицијум, па потом манган и фосфор. Сумпор сагорева много спорије, док угљеник сагори напослетку. Угљеник сагорева плавим пламеном и за то време маса се ускомеша и расплине, а згура, која сада плива по растопљеном гвожђу, источи се кроз отвор (h). При крају процеса почење гвожђе да се кристалише и згушњава, те га радник сада ради потпуније оксидације разбија, троши и ваља у лоптама тамо амо по пећи. Лопте потом поново разбија и гњечи, да би истерао згуру, најзад поново их прави и кљештима извади из пећи. Пет — шест из једне шарже добијене лопте зване луле иду одмах под пресу, да би се тамо боље исцедила згура.

Пошто кисеник из ваздуха не оксидира угљеник у сировом гвожђу непосредно, може се место убичајене ковачине и сл. додати сировом гвожђу за $\frac{1}{3}$ гвоздене руде, чији кисеоник врши оксидацију.

Цео процес траје, према квалитету угља и према врсти сировог гвожђа, $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ сата. Утрошак горива, који је веома неједнак, зависи од каквоће угља и добијеног гвожђа и изнаша обично 750—1500 кгр. на тону готовог производа. Одпадак на згуру и сагоревање изнаша, перма чистоћи сировог гвожђа, 5—18%. Пудловна згура, пошто садржи око 50% гвожђа, претопљава се поново у високој пећи. Ако има више фосфора, веома је погодна за Томасово сирово гвожђе.

Пошто је рад пудлера (радника) веома тежак, јер он мора да буде у близини пећи, да би могао са шипком да цара и меша по растопљеном гвожђу, покушавало се да се његов рад замени машинским, али се није много успело.

У последње време при пудловним пећима употребљава се уз угаљ и генераторски гас са прилично успеха.

¹⁾ Само за прву шаржу.

У пудловним пећима, као и у старим примитивним, добијено сварено гвожђе није подједнако чисто, већ има у себи неравномерно растурених згуриних честица, које га чине лажно ломљивим¹⁾). Да би се ова неравномерност згуре избегла, мора гвожђе да се поново растопи. У противном мора много да се кује, да би се згура истисла. Међу тим отокано гвожђе, добијено следећим методама, нема у себи згурених честица.

Б) ОТАКАНО ГВОЖЂЕ.

І. БЕСЕМЕРОВА МЕТОДА.

Из досадашњих метода се види, да се оксидација сировог гвожђа, управо његово пречишћавање у ковно, врши у толико брже, у колико се гвоздене честице више и боље изложе утицају ваздуха. На пример код најстарије методе (**Frischprocess**) гвожђе је боље пречишћено у колико су капљице биле ситније, а код пудловања у колико је гнечење и разбијање било интензивније. Уочивши ову чињеницу Енглеz Енри Бесемер је дошао на мисао да би процес пречишћавања био много бржи, ако би се дејствовало ваздухом не по површини, већ кроз само растопљено гвожђе. У том смислу покушао је 1855. г. да кроз један суд, у који ће усуги растопљено гвожђе, од поклопца па скоро до дна, намести једну цев, кроз коју је у растопљену гвоздену масу удубавао ваздух. Покушај је успео, али је ипак проналазачу требало доста времена да докаже свету практичност свога изума. За потпун успех свога изума Бесемер у првом реду има да захвали Швеђанину Геранзону (**Göranson**) који га је у ствари први практично приказао.

Значај овог проналаска био је огроман нарочито за Енглеску, која је лако долазила до сировог гвожђа погодног за примену све методе, према којој је тадашње пудловање по количини прерађеног гвожђа било ништавно. Јер оно што једна пудловна пећ произведе за 24 часа у звеома тежак и напоран рад, то се постигне Бесемеровом методом за 20—30 минута, уз готово искључиво механички рад. Од нарочитог је пак значаја, што се Бесемеровом методом добија ковно гвожђе без икакве употребе горива и што је оно потпуно уједначено, без икаквих згуриних честица.

Пролажењем кроз гвожђе, ваздух узима један део топлоте, те би се гвожђе морало охладити и стврднути и процес онемо-

¹⁾ Ломи се тамо, где има згуре.

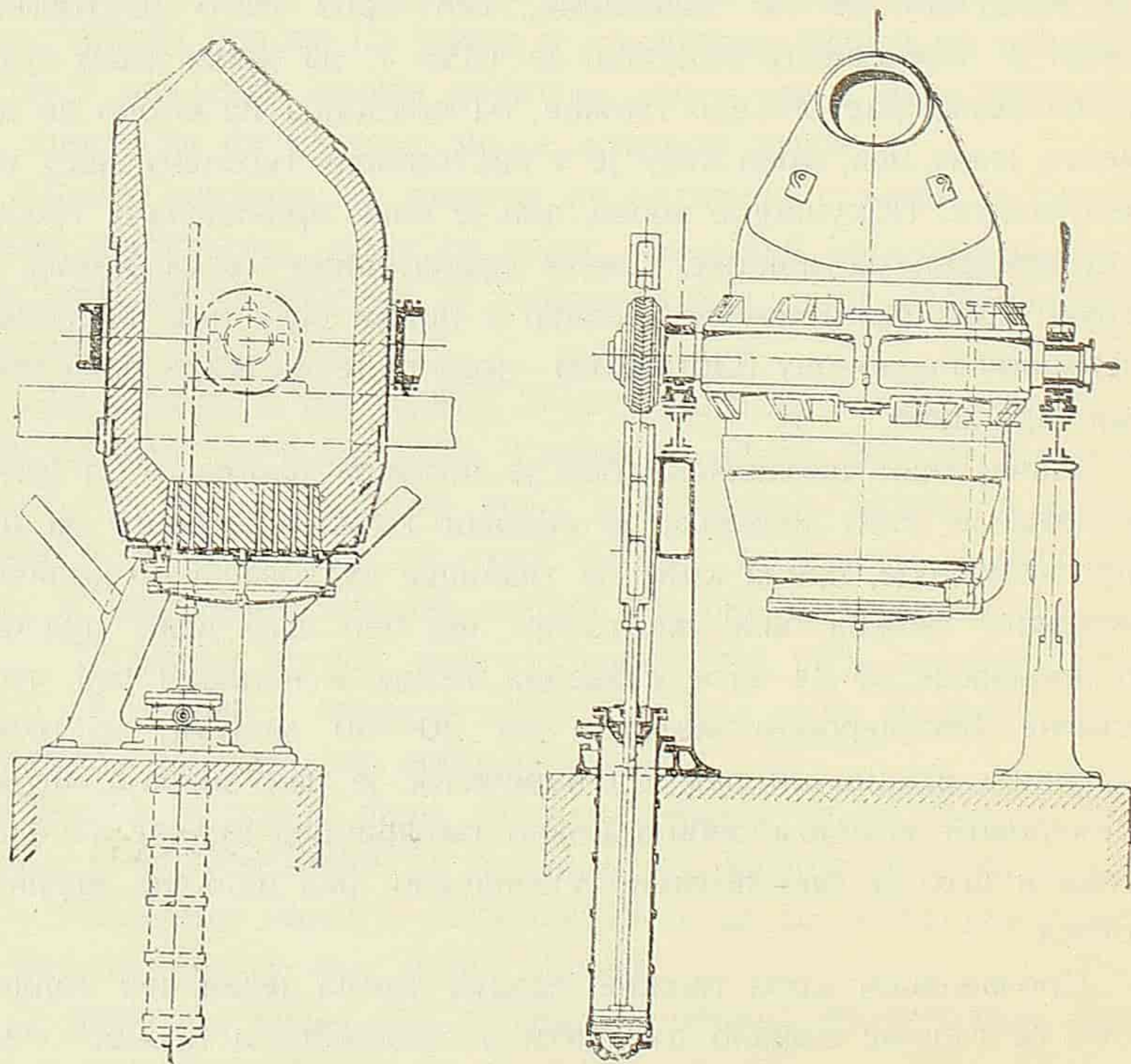
гућно. Због тога је потребно да гвожђе садржи извесне састојке, који би у додиру са ваздухом сагоревали, те би се на тај начин одржавала температура растопљене масе и процес пречишћавања извео. У ове састојке, који управо чине гориво за Бесемерову методу, спада у првом реду силицијум, затим манган. угљеник. Том приликом сагори и један део самога гвожђа, који такође врши улогу горива. При сагоревању једног процента произведе се температуре:

од силицијума	190 °С
„ мангана	46 °С
„ гвожђа	28 °С

Међутим угљеник не производе више температуре од 6 °С. Основна температура за време процеса је 1.500 °С.

Апарат, који служи за ову методу, има облик крушкаст, па се за то и назива крушка уз име свога проналазача, т. ј. Бесемерова Крушка, или просто конвертер. Он може да буде разне величине.

Сл. бр. 29. приказује Бесемерову крушку споља и у вертикалном пресеку. Спољни омотач апарата је од дебелог гвоз-



Сл. 29. Бесемеров конвертер.

деног лима, а изнутра је апарат обложен дебелим нетопљивим зидом. Како је температура овде већа него код пудловних пећи, то ова нетопљива облога мора у главном да садржи силицијумову киселину. У ту сврху се употребљава самлевени белутак или сл. Крушка је преко средине опасана једним дебелим челичним појасом, у који су учвршћене две наспрамне ручке, које пролазе кроз стубове — носаче. На излазу једна од ових ручка има зупце. На овај начин конвертер виси и помоћу зупчаника на ручки може да се окрене према потреби за $\frac{3}{4}$ круга око осовине ручке. Покретање зупчаника бива помоћу паре или електрицитета. Друга ручка, која нема зупце, је бушна и кроз њу пролази цев, кроз коју се уноси ваздух у суд испод дна конвертера. Одавде се ваздух под јаким притиском,¹⁾ кроз многобројне отворе на дну конвертера широке 10—30 мм., уноси у растопљену гвоздену масу. Конвертер је тако у горњем делу изведен да, кад је окренут у хоризонталном правцу, растопљено гвожђе лежи ниже ових канала за ваздух, а на улазу не истиче. Врат, кроз који се убацује сирово гвожђе, излазе гасови и апарат празни, је према томе јако сужен и окренут на једну страну.

Нов или хладан конвертер пре него су пусти урад, мора предходно да се загреје. То бива просто: апарат се напуни коксом, који у њему сагори, загрејавши га до белог усијања, па се изврне и пепео исипа.

Пуњење конвертера је у главном двојако. Ако се растопљено сирово гвожђе доноси из куполне пећи, онда се куполна пећ отвори, па гвожђе по једном олуку отиче право у отвор конвертера. Ради тога куполна пећ треба да буде вишље постављена. Конвертер се при пуњењу увек поставља у хоризонталном положају. Ако се пуни гвожђем непосредно из високе пећи, што је данас веома ретко, онда се сирово гвожђе доноси судовима, које преносе кранови. На овај начин пуни се конвертер и сировим гвожђем, које се доноси из нарочитих скупљача, о којима ће бити говора на другом месту.

Када је у конвертер насуто довољно сировог гвожђа и када су судови односно олуке удаљени, онда се пусти ваздух кроз канале на дну, па се потом конвертер полако усправи. Притисак ваздуха кроз отворе мора у главном да буде већи од притиска гвожђа у конвертеру; јер би у противном гвожђе исцурело.

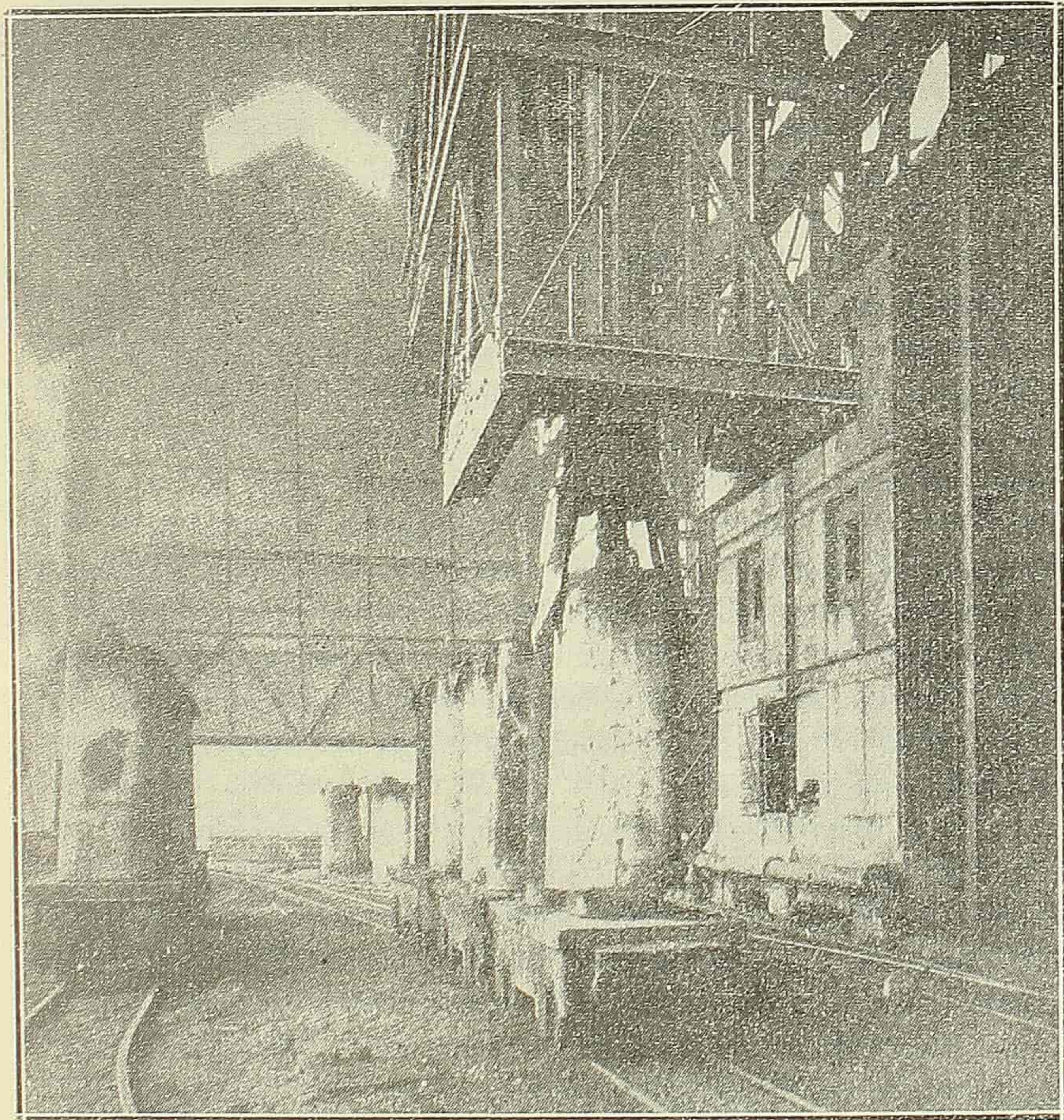
¹⁾ 1²—2 Атмосфере према величини конвертера.

Ваздух, који пролази кроз растопљено гвожђе, са топлотом коју оно има, делује оксидирајући на његове састојке тако, да прво сагоре сицилијум и манган. Сагоревањем, нарочити сицилијума, повећава се нагло температура растопљене масе, чиме се постиже даље пречишћавање. Сагоревање силицијума и мангана, које траје 5—8 минута, прати извесно шуштање, комешање, а кроз отвор конвертера куљају гасови (азот са извесним деловима угљене киселине и угљен-оксида), који у ствари произлазе од започетог сагоревања угљеника. Затим настаје сагоревање угљеника у угљен-оксид, при чему куља кроз уста апарата јак и бљештећи бели пламен, а шуштање се постепено претвара у једну ужасну тутњаву. Са гасовима настане сада кроз отвор избацивање и делова згуре, па и самог гвожђа у светлим варницама. Чим изгори угљеник и пламен и варнице престану да излазе, процес је готов. Сагоревање угљеника траје 10—15 минута.

Ако се хоће да добије челик, онда се удување ваздуха прекине пре него што угљеник сагори. Потребна је велика вештина и дуга пракса, па да се прекидом процеса добије челик жељене каквоће. При томе се обично мора да послужи спетроскопом, справом која потенцира спектралне боје пламена, који куља кроз уста апарата. На овај начин се, дакле, тешко може добити прецизан квалитет челика, те се обично пусти да угљеник сагори потпуно, па се онда чисто мекано гвожђе угљенише. То се обично постизава додавањем извесног процента огледаластог гвожђа, које има доста угљеника. Осим огледаластог гвожђа додаје се и феросилицијум или фероманган. При томе треба у главном водити рачуна о количини угљеника у њима. Наравно да се пре тога огледаласто гвожђе и др. морају да стопе у нарочитој пећи, да би се у гвожђу лакше и боље растурили. Угљенисање може да се изврши и додавањем праха од кокса или дрвеног угља.

По додатом материјалу за угљенисање обично се удувава ваздух још коју секунду, па се апарат накрене и готов челик (односно гвожђе) сипа у судове, који су обложени нетопљивим лепом. Из ових судова гвожђе се после излије у ливене калупе — кокиле. Ове кокиле су квадратног пресека, имају затупљене ивице и при дну су нешто уже, да би се гвожђе лакше извадило. Оне могу да приме у себи гвожђа око 1500 кгр. и носе се помоћу вагонета у ваљавицу и тамо празне, док је гвожђе још усијано. Сл. бр. 30. показује преношење кокила.

Ако се жели да добије ковније, боље гвожђе, за чим се при Бесемеровој методи показује готово стална потреба, нарочито због заосталог фосфора, онда се гвожђу додаје извесна мала количина феромангана, јер манган до 1% чини гвожђе ковнијим и заварљивијим.



Сл. 30. Преношење кокила

Додавање огледаластог гвожђа или феромангана ради угљенисања истовремено одговара и једној другој потреби, која је у томе, што манган редуцира гвожђа оксидул, који се ствара оксидирањем гвожђа помоћу ваздуха, што се утерује у конвертер. Ако се не би извршила дезоксидација, онда такво гвожђе не би било погодно за прераду, за ковање, јер би прскало на црвеном усијању.

Губитак, растур на згуру и у сагорелим састојцима: силицијуму, мангану, угљенику и самом гвожђу, од кога један део бива избачен са згуром кроз врат апарата, изнаша према чистоћи сировог гвожђа 10—15%, те се према томе добије пречишћеног гвожђа 85—90%. Бесемерово гвожђе употребљава се махом за грубе израде: за лим, ваљано и уобличено гвожђе, жељезнички материјал и сл.

Бесемерова згура бива, због велике количине гвожђа што у себи садржи, употребљена за високу пећ. Ипак је количина гвожђа у њој мања, него у пудловној згури.

II. ТОМАСОВО ГВОЖЂЕ.

Поред све важности коју је задобио у индустрији гвожђа, ипак Бесемеров систем није могао да оправда све наде, које су се од њега одушевљено очекивале. Показало се на жалост, да Бесемерова крушка, оваква каква је, није била у стању, да из гвожђа уклони један најнепријатнији његов састојак, фосфор. Чак ни најмања његова количина није могла да се извуче, већ је остао сав, колико га је било у сировом гвожђу. Ради тога се морало и могло да пречишћава само оно сирово гвожђе, које није имало у себи ни мало фосфора. Управо Бесемеров систем морао се да ограничи на један мали део производње ковног гвожђа, јер се и сирово гвожђе без фосфора добијало из чисте руде, које међутим нема у изобиљу.

Да би се могло да искористи велико богаство руде која има у себи фосфора, каква је без мало све европска руда, морао се пронаћи начин, да се фосфор извуче из сировог гвожђа. Знано се и раније да је за излучивање фосфора из гвожђа потребно, да облога конвентера буде базична а не кисела, али се није могао да пронађе материјал ни довољно отпоран према фосфорној киселини, која се везује за креч као базу, нити пак довољно отпоран према високој температури. Тек 1878. г. успело је Енглежима Лондоњањима Сиднију Томасу и Персију Цилхристу (Sidney G. Thomas и Percy Gilchrist), о којима је говорено и у историјском делу ове књиге, да пронађу такав нетопљиви материјал за облогу Бесемерове крушке, како би она била у стању, да уз податак креча, извуче фосфор из гвожђа. То је био у природи доста распрострањен минерал доломит, о чијем зготовљању за ову сврху ћемо говорити, пошто предходно објаснимо у кратко и практично хемијске радње, које произлазе из деловања процеса пречишћавања на облогу крушке, која сада носи Томасово име, а по коме се

и добијено гвожђе назива. Осим тога ова метода назива се и базичном, док се Бесемерова метода назива киселом. Као што је поменуто, облога Бесемерове крушке мора да буде кисела, јер на пр. она оксидна, којом је постављена пудловна пећ, не би могла да издржи температуру потпуно растопљеног гвожђа (до 1500 °C). Међутим ако би се ова облога оставила и онда, када треба да се извуче фосфор, а он се може извући само тако, ако се у масу убади креч, који се везује за фосфорну киселину произашлу из сагорелог фосфора, онда би се фосфорна киселина ослободила у присуству киселине облоге (силицијумове киселине) и везујући се за исту, фосфор би се издвојио помоћу редукције и опет враћао у гвожђе. Према томе за излучивање фосфора мора да се створи базична згура, да би се фосфорна киселина могла да веже за креч, који се у згури налази. Међутим базична згура би у Бесемеровој крушци брзо извукла силицијумову киселину, свој базичитет брзо изгубила, а облогу напризла.

Доломит, који се употребљава за облагање Томасовог конвертера и који је у главноме мешавина калцијум и магнезијум карбаната, предходно се добро пече у нарочитим пећима скоро до топљења. Ово је потребно да би се истерала угљена киселина. Затим се fino сачеље и замеси са малим процентом тера, који служи као спојно средство. Од овог теста праве се опеке, које се пресују под веома великим притиском до 500 атмосфера тако, да се добију скоро суве и веома тврде. Овим, у ствари вештачким базичним каменом, облаже се Томасова крушка. Дно апарата са својим каналима, кроз које се удувава ваздух, израђује се особено из истог материјала помоћу пресе, па се потом пече да би сагорео тер, из кога остане угљеник, који уствари служи као спојно средство. Једна Томасова облога издржи од прилике 300—400 промена, што чини око једне седмице рада, док се дно мора да мења чешће, сваког трећег дана. Услед велике количине згуре, која се ствара због додавања креча, обично Томасова крушка мора да буде већа од Бесемерове.

Фосфор је, као што је напред напоменуто, најважније гориво при базичној методи. Сагоревање једног процента фосфора ствара температуру 120 °C. Он сагорева последњи, те је услед тога и температура масе на крају процеса највећа. Ово утиче повољно на отпадак у гвожђу, који би био већи с обзиром на дужи процес него што је Бесемеров, кад би температура још у почетку била велика, као на пр. код киселе методе.

При Томасовој методи се ипак избегава да сирово гвожђе има много сицилијума, јер би у том случају велика количина креча, која је потребна, стварала много згуре, па би рад био тежак, а сицицијумова киселина ипак би брзо нагризла облогу.

Рад са Томасовом методом обавља се овако. Прво се убаци у апарат креч, кога треба да буде према тежини сировог гвожђа 12—17%. Боље је да креч буде предходно загрејан или печен. Затим се пусти ваздух, па се сипа растопљено сирово гвожђе. Прво, као и код Бесемерове методе, сагори силицијум, затим манган па угљеник. За време сагоревања угљеника сагори и нешто фосфора, али он у главном сагори после. Све се ово распознаје у главном по пламену. Захваљујући великој температури, коју маса има при крају процеса, може се процес обуставити, да би се могло да врши испитивање гвожђа. Ако се покаже да је гвожђе крто, онда значи да фосфора још има, те се ваздух удвава поново, да би изгорео и остатак фосфора. Затим се апарат накрене и згура излије. Она се мора претходно одвојити од гвожђа, јер је после тога увек потребно да се гвожђе угљенише, те би додати фероманган или огледалосто гвожђе својим угљеником фосфор из згуре поново вратили. Фероманган и огледалосто гвожђе морају се предходно растопити у нарочитим пећима. Угљенисање се врши додавањем праха од кокса или дрвеног угља.

Одпадак, растур на сагореле састојке и гвожђе код базичне методе већи је него код киселе за 2—3%, јер је процес дужи.

Зато што излучујући фосфор даје бољи производ, Томасова метода је готово свуда потисла Бесемерову. Нарочито је она донела користи индустрији гвожђа у Немачкој, која има обилно богатство гвоздене руде, у којој има фосфора. Употреба Томасовог гвожђа је опромна. Од њега се у главном израђују мостовне конструкције, жељезнички материјал, трачнице, гвожђе у шипкама и сл. лим и т. д.

Осим тога Томасова метода пружа још једну веома велику корист. Та је корист од њене згуре, која се услед велике количине фосфорне киселине (15—25%) коју садржи, покалаза као необично добро средство за нагнојавање земље. Томасово брашно (самлевена згура) постало је веома тражено вештачко ђубре у агрикултури.

Посетиоцу једне Бесемерове или Томасове топионице пашће јако у очи огромни бубњеви од гвожђа у облику цистерна или каца. То су резервоари или *мешачи* (Мишер) за гвожђе, које се

овде уноси из високе пећи, а одавде уноси у конвертер према потреби. Напоменусли смо да се гвожђе може непосредно из високе пећи уносити у конвертер или се, ако је топионица ковног гвожђа удаљена од високе пећи, мора предходно да стоји у куполној пећи. Прво има своје незгоде, које су диктовале потребу за овим резервоарима, а други начин поред истих разлога има још и тај, што повећава трошкове због утрошка кокса за претопљање. Овај резервоар има у главном и ту добру страну, што се у њему гвожђе разних шаржа и квалитета изједначи, те се на тај начин добија у раду конвертера извесна уједначеност. Затим се добије у времену, јер се у многоме избегавају испитивања и поправке продукта. Поред овога од ових резервоара има се драгоцену корист у томе, што се сумпор при мирном стању стално растопљене масе издваја по површини као згура, која се лако одстрањује. Сумпор се у овом случају обично везује за манган, те са њим заједно чини павлаку по површини масе. Осим тога у овим резервоарима скупљено сирово гвожђе остаје недељом и празницима, кад топионица не ради, увек растопљено. Да тога није, морало би се гвожђе пре почетка рада да стоји у куполним пећима.

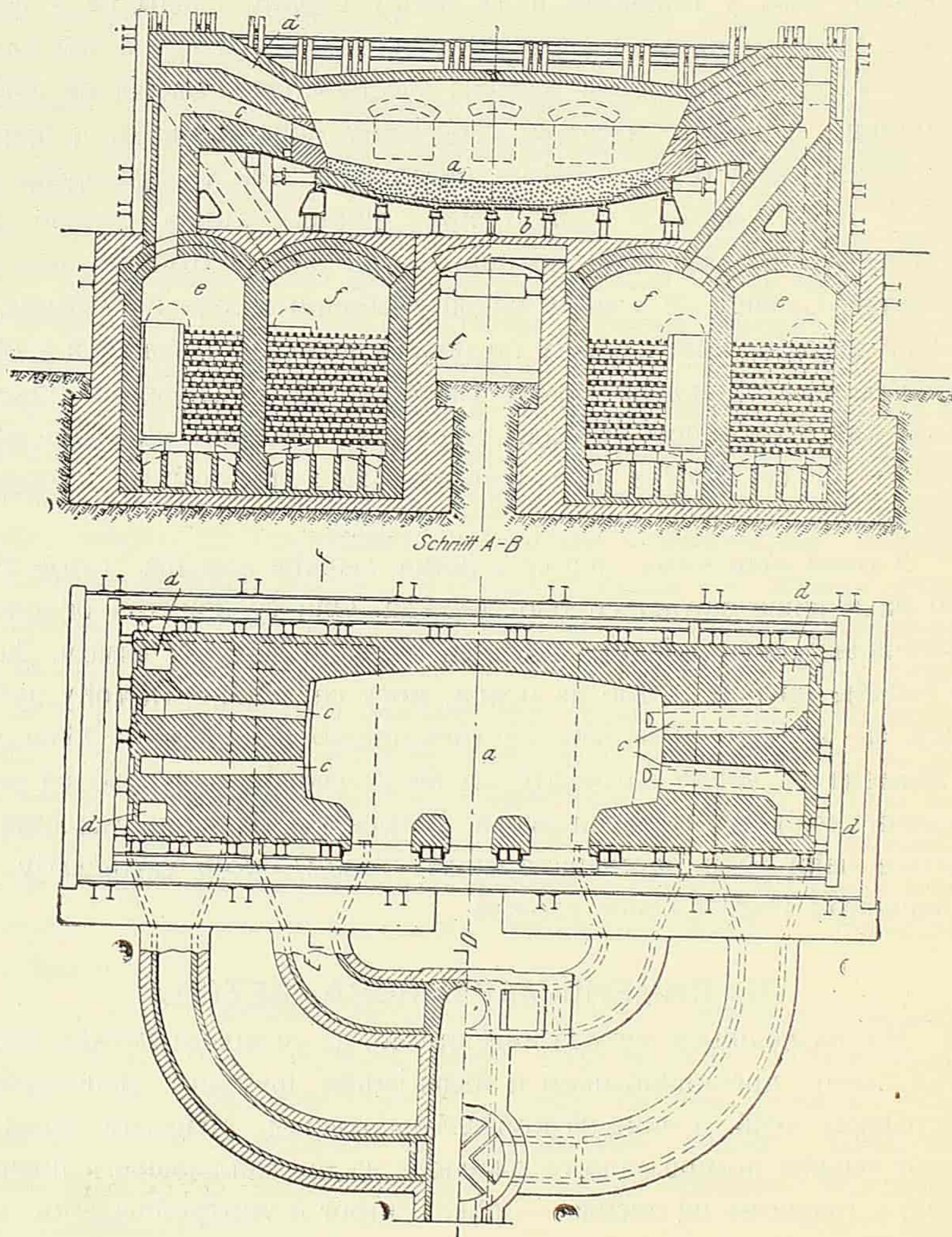
У овим мешачима, јер се у њима гвожђе измеша, стаје 50—100 па и више вагона сировог гвожђа. Они су изнутра обложени нетопљивим материјалом, а споља оковани дебелим лимом. Да би се гвожђе из њих могло да исипа, могу се, обично помоћу зубчаника, да накрену. Покрећу се електрично или парно. Обично се с времена на време загревају, да би се гвожђе сачувало од евентуалног хлађења и стврдњавања. Загревање се врши гасовима из високе пећи (или регенераторским гасом), који сагоревају над површином растопљеног гвожђа.

III) СИМЕНС-МАРТИНОВА МЕТОДА.

Из досадашњих метода видели смо, да се ковно гвожђе добија искључиво пречишћавањем и издвајањем његових непотребних састојака, који га чине за ковање незгодним. Међутим поред сировог гвожђа помишљало се одавно и на претопљавање и пречишћавање, у главном од оксида — рђе, старог и употребљаваног ковног гвожђа и отпадака, што су се са развитком употребе и потрошње гвожђа, нарочито у прошлом веку, појављивали у огромним количинама. Али за топљење старог ковног гвожђа и отпадака који у себи немају силицијума, фосфора и угљеника, који су го-

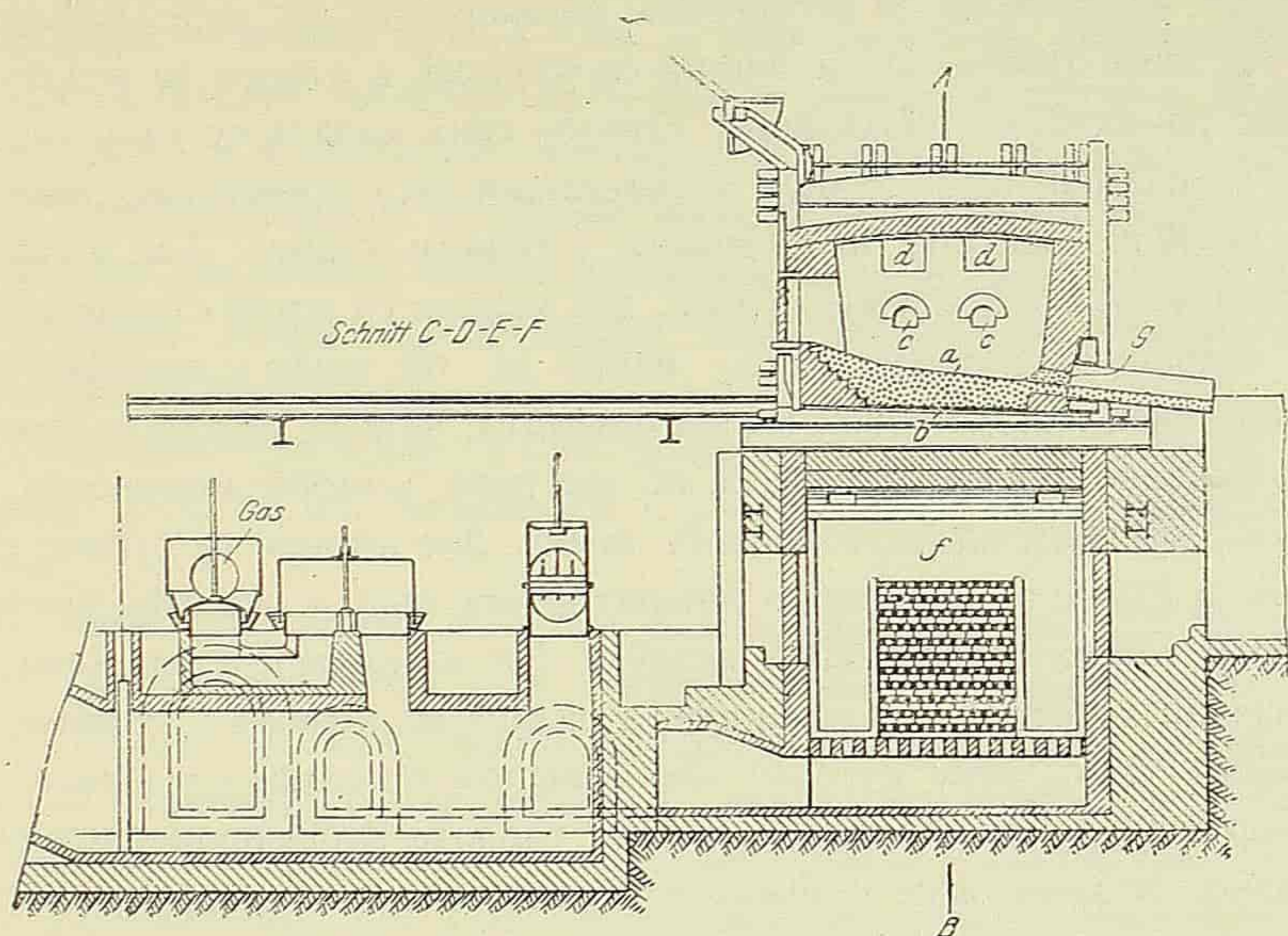
риво за одржање температуре при пречишћавању сировог гвожђа, за топљење овог ковног гвожђа потребна је већа температура, која би растопљено гвожђе требала и дуго да одржава у течном стању¹⁾).

Браћа Фридрих и Виљем Сименс (Friedrich и Wilhelm Siemens) су први успели да непотпуним сагоревањем каменог угља добију гас, т. зв. *генераторски*, чијим се сагоревањем, пошто претходно



Слика 31.

¹⁾ Ковно гвожђе топи се на температури од 1400—1600°C, док сирово на 1200—1300°C.



прође кроз грејач, постизава топлота, која превазилази топлотну моћ познатих горива кокса или угља, а оцу и сину Емилу и Пјеру Мартину (**Emil и Pierre Martin**) припада заслуга, што су први успешно покушали у Сиреју (Француска), да генераторски гас примене за топљење гвожђа. Према томе и једни и други имају подједнако право на славу за један овако, за индустрију гвожђа важан проналазак. Зато се с правом ова метода и назива Сименс-Мартинова. Ради скраћености ипак само Мартинова.

Сл. бр. 31 показује обичну Симен-Мартинову пећ у просецима вертикалном, хоризонталном и са стране. Огњиште *a* је корита-стог облика, нагнуто је напред и састоји се из киселе или базичне масе. Кисела у главном садржи силицијумову киселину, док базична (доламит, као и код Томасовог конвертера). Огњиште почива на плочама које су махом од ливеног гвожђа и између којих пролазе канали, кроз које струји хладан ваздух. Са предње стране огњишта налази се отвор, кроз који се отаче прерађено гвожђе, а који је, као и код високе пећи, за време рада затворен. На задњој страни налазе се врата, обично троја а некад и више, која служе за уношење материјала. Средња врата су махом већа. Са обе стране огњишта налазе се по четири или више отвора — канала, од којих су горњи мањи и из њих улази у огњиште загрејани генераторски гас, а кроз горње који су већи, улази у пећ топао

ваздух, који служи за сагоревање регенераторског гаса. Гас излази на доње отворе јер је лакши од ваздуха, а отвори за ваздух су већи, јер ваздуха треба више. Отвори свих канала су тако удешени, да пламен, који се овде сагоревањем гаса производи, лиже по материјалу, растапа га и одржава у течном стању. Гас и ваздух излазе из канала с једне стране, док канали са друге стране служе за одвођење сагорелог гаса, место да би ишао у димњак. Ова радња бива наизменична. Испод огњишта, чији су зидови и свод од неотопљиве опеке, налазе се по два пара комора испуњених густом решетком од неотопљивих опека. Две коморе са стране е су мање и служе за загревање генераторског гаса, а две веће унутрашње (f) служе за загревање ваздуха. Гас из коморе е иде каналом и излази на отвор с у огњиште, а ваздух из коморе f (узмимо за пример само леву страну) иде каналом и излази у огњиште на отвор d. Овде гас сагорева и његова топлота врши процес пречишћавања гвоздене масе у лежишту огњишта, па на супротну страну излази на одговарајуће отворе (с) и улази у празне коморе за гас и ваздух, загреје ове до белог усијања, па одлази у димњак. Сада се једним механизмом радња пренесе на другу страну. Кроз сада загрејане коморе пусти се гас у своју а ваздух у своју, приме топлоту од загрејане решетке и зидова коморе и кроз своје канале улазе у огњиште, где се запале. Сада канали са супротне стране врше улогу одвођења сагорелог гаса и топлоте, која сада загреје коморе, које су се већ охладиле. И то тако бива наизменично: један пар комора за гас и ваздух се хлади дајући топлоту гасу и ваздуху који кроз њих пролазе, а други пар се загрева од сагорелог гаса и топлоте из огњишта, да би ту топлоту опет предао гасу и ваздуху. На тај начин искористи се највећи део топлоте, т. ј. он се додаје топлоти коју производи сагоревање гаса, те се тиме може да постигне веома висока температура у огњишту. Она је чак већа него што је потребно за сам процес пречишћавања гвожђа¹⁾, па се мора да умањава према потреби, смањивањем количине гаса и ваздуха. То је нарочито потребно да се зидови огњишта не би изложили брзом разоравању. Ове коморе, или чувари топлоте, називају се још и *регенераторима* по томе, што потенцирају топлоту генераторском гасу. Сам гас пролазећи кроз њих добија име регенераторски гас. Обично су ови регенератори испод огњишта, али могу да леже и испред или са стране. Са огњиштем и каналима,

¹⁾ Регенераторски гас може да произведе топлоту од 1800—2000 С.

који из њих у огњиште воде, они чине целину пећи, која може да буде разне величине: дуга 4—9 м., а широка 2,5—6. Испод коморе налазе се празни простори и ћелије, у којима се скупља прах и згура, што се у честицама хватају по зидовима комора. Делови пећи, који су највише изложени високој температури, као на пр. горњи део или глава и канали кроз које пролазе ваздух и гас, хладе се водом. Кадкад су ти делови тако изидани, да се могу лако мењати, кад се искваре.

Пуњење пећи врши се или примитивно т. ј. радник убаца материјал рукама, или механички т. ј. нарочитим механичким уређајем.

Сименс-Мартинове пећи су киселе или базичне, т. ј. постављене киселом облогом као Бесмеров конвертер, или базичном као Томасов, да би се могао да излучи фосфор. Данас се махом ради са базичним пећима. Огњиште киселе пећи изидано је опеком од кварцита, са врло мало (2—5%) нетопљиве иловаче. Она се данас употребљава још само за специјалне тврде челике или за гвожђе лошије врсте, које се употребљава за ливење. За мекано, ковно гвожђе за ваљање и др. употребљава се базична пећ, чије је огњиште из истог материјала као и Томасов конвертер: печени доламит са тером, односно магнезит. Међутим сав остали део пећи зидан је увек од киселог материјала, који се од базичног огњишта одваја једним слојем магнезита, или набојем од хромно-гвоздене руде. Ова руда може да се употребљава и за само огњиште.

Мартинова пећ може дневно да пречисти 3—5 па и више вагона гвожђа. То су обичне пећи које раде са отпатцима и старим гвожђем. Међутим капацитет зависи у главном од величине пећи, па могу неке модерније конструкције, као на пр. Талбоова, да пречисте 10, 20 и више вагона дневно. Али ипак Мартинове пећи по капацитету изостају иза Бесмерових, односно Томасових конвертера. То им међутим није сметало да све досадашње методе потисну и у велико превазиђу, нарочито у Енглеској и Америци па и самој Немачкој, где је Томасов систем имао пуну власт. То су Мартинове пећи постигле у главном:

1) Својом независношћу од места. Оне не морају, као на пр. Томасови и Бесмерови конвертери, да се вежу за топионицу — високу пећ.

2) Процес не зависи од горива које се налази у самом гвожђу (силицијум, фосфор, угљеник), већ једино од регенераторског гаса, који се према потреби регулише. На овај начин је омогућено мно-

го лакше испитивање материјала и прецизирање његовог квалитета.

3) У њима се много лакше и прецизније врши легирање са хромом, никлом, манганом и другим металима ради добијања специјалних челика.

4) Може да се пречишћава сирово гвожђе свих квалитета.

5) Добија се ковно гвожђе и непосредно из руда.

6) Топи се и пречишћава свакојачко ковно — старо гвожђе, што је до проналаска Сименс-Мартинове пећи било сматрано као изгубљено, невредеће.

Напоменули смо да се данас за производњу меког, ковног гвожђа, т. ј. за велику индустрију ковног гвожђа, употребљавају само базичне методе. Према агрегатном стању материјала који се пречишћава, према врстама и особинама средстава којима се врши оксидација и према њиховој интензивности, имамо у главном:

1) Методу са старим гвожђем и отпатцима гвожђа.

2) Методу са сировим гвожђем и гвозденом рудом.

3) Методу или процес Берtrand-Тил (*Bertrand-Thiel*).

4) Хешову (*Hoesch*) методу.

5) Сурцицки-ову (*Surcyski*) методу.

6) Талботова (*Talbot*) методу.

1) **Метода са старим гвожђем и отпатцима.** Ова метода је и најстарија и најраспрострањенија. Старо гвожђе и отпатци, ако су то били велики блокови, иситне се, исеку нарочитом машином и топе се у пећи заједно са једним делом сировог гвожђа (15—20%). Осим кисеоника из регенераторског гаса, оксидирање сировог гвожђа и његово пречишћавање и претварање у ковно врши и сама рђа са старог гвожђа.

Пећ се прво загреје на тај начин, што се празна изложи сагоревању регенераторског гаса. У довољно загрејану пећ убаци се прво 6—12% креча, који је потребан ради везивања фосфора, сумпора и силицијума у згуру. Потом се у пећ убаци сирово гвожђе одједном или у неколико махова, а затим се исто тако поступа и са старим гвожђем. После пржења од најмање 4 сата, почиње маса у пећи да се топи и ускоро сагори један део угљеника помоћу кисеоника из гаса и гвожђа оксида (рђе). Ради бржег сагоревања угљеника убаца се у пећ с времена на време по мало чиста гвоздена руда или ковачина¹⁾. Силицијум

¹⁾ Љусце, отпадци који се у виду вагница, добијају приликом ковања или ваљања гвожђа.

сагори за време топљења и са њим је у главноме свршено чим је гвожђе растопљено. Манган такође брзо сагори, али у базичној пећи не сав, јер то спречава сама базична згура, те га ипак остане до 0.3%. Фосфор такође још за време топљења иде у згуру, али ако га има више, он то учини потпуно тек онда, када је сав угљеник сагорео, јер угљеник може при високој температури ипак да издвоји фосфор из фосфата и врати га у гвожђе. Према томе фосфор сагори напоследку и у колико га има више, у толико и процес пречишћавања дуже траје. Сумпор се лако издваја у згуру, али се ипак један мали део врати, када се врши дезоксидација или угљенисање помоћу феромангана.

Пошто се изврши испитивање гвожђа и утврди да је добро пречишћено, онда се пробије отвор на предњој страни огњишта и гвожђе источи у нарочити суд. Из овог суда дели се у кокиле као и код Томасове методе. Пре него што се поново напуни, празна пећ се прегледа и по потреби доведе у ред. Ако се жели добити тврђе гвожђе, односно челик, онда се угљенисање врши помоћу феромангана или огледалостог гвожђа, као и код конвертерских метода. Овде се врши и добијање специјалних челика додавањем потребне количине хрома, никла и т. д.

Процес пречишћавања траје 4-12 часова према хемијском саставу сировог гвожђа и његовом односу према старом гвожђу. Отпадака има 5—7% од сировине, а горива се утроши 300—600 кг. од тоне готовог продукта. Количина утрошеног горива зависи од његовог квалитета, од величине пећи и трајања процеса.

Згура, пошто има доста гвожђа и мангана, поново се искоришћава у високој пећи, а ако има више фосфора, употребљава се, као Томасова, за гнојење земље.

2) Метода са сировим гвожђем и гвозденом рудом. Напоменули смо у претходној методи, да се ради брже оксидације, т. ј. ради убрзања процеса убаца у растопљену масу с времена на време по мало гвоздене руде. Ово је нарочито потребно, ако је било више сировог гвожђа. Више сировог гвожђа изискује и више гвоздене руде, тако да се најзад увидело, да се само сирово гвожђе може да пречисти помоћу руде, пошто она има оксида. У ту сврху се употребљава хематит и магнетит, т. ј. гвожђа оксиди боље врсте.

У загрејану пећ прво се стави специфично лакши креч и руда, па се преко тога сипа растопљено сирово гвожђе, да би се маса одмах боље помешала. Под утицајем регенераторског гаса маса

се стопи сва и одмах у почетку издваја се силицијум и манган. Угљеник се издваја спорије него код метода са старим гвожђем. Ипак је продукција по овој методи бржа, него по предходној, јер се боље искоришћава топлота гаса услед тога, што се сирово гвожђе убаци већ растопљено и што се нема посла са кабастиим старим гвожђем, које смета мирном дејству пламена и које је иначе као ковно теже топљиво. Ова метода је истовремено и најглавнији и најуспелији начин, да се ковно гвожђе добије непосредно из руде.

3) **Метода Берtrand — Тил.** Ову методу су изумели директор Берtrand и инжињер О. Тил из Кладна (Чешка). Процес пречишћавања обавља се у двама базичним Мартиновим пећима, које стоје једна изнад друге. Прва половина процеса обавља се у горњој пећи, па се потом растопљени материјал источи у доњу. У прву пећ се убаци један део креча и руде као и хладног сировог гвожђа, па се преко тога сипа растопљено сирово гвожђе. Пошто се маса растопи, дода се други део креча и руде, да би се излучио силицијум и манган. Међутим фосфор и угљеник не изгоре потпуно. Процес у овој пећи траје $2\frac{1}{2}$ сата, па се гвожђе, пошто се предходно уклони згура, уноси у другу пећ и изручи преко већ убаченог старог гвожђа и отпадака. Додавањем руде и креча издваја се и овде згура, али у много мањој количини, што омогућава брже сагоревање угљеника и фосфора. Процес у другој пећи траје од прилике колико и у првој. Преимућство ове методе је у лакој излучивању фосфора. Услед тога и згура има вредност као ђубре. Ради угљенисања и дезоксидања употребљава се кад-кад и трећа пећ.

4) **Жешова метода.** Ова метода се састоји у томе, што се донекле пречишћено гвожђе из Мартинове пећи преручи у један велики суд, из кога се згура одлије, а гвожђе поново врати у пећ, у којој се већ налази потребна количина гвоздене руде и старог гвожђа, као и креч ради издвајања фосфора. Пошто сада згуре има много мање, процес пречишћавања, т. ј. сагоревања остатка угљеника, фосфора и др. је потпунији и бржи, те је утрошак горива мањи, па је пећ мање изложена кварењу.

5.) **Сурцицкиова, пољска метода.** Пећ има две рупе за отакање: горњу и доњу. Горња лежи тако, да се кроз њу може да источи згура и један део гвожђа. Прво се у пећи растопи старо гвожђе, па се после сипа растопљено сирово гвожђе. Кад се маса потпуно умири, убаци се у њу потребна количина креча и поново

сипа растопљено сирово гвожђе толико, док се пећ не напуни. Пошто су се непотребни састојци издвојили у згуру и угљеник сагорео, онда се један део гвожђа са згуром источи кроз горњу рупу у велики суд, у коме се, пошто се згура одлије, дрвеним угљем, фероманганом, или огледаластим гвожђем изврши потребна дезоксидација.

Остатку гвожђа у пећи дода се гвоздена руда, сирово гвожђе и креч за онолико, колико је гвожђа оточено. За тим се поново отаче један део и т. д.

Осим ових са две, има пећи и са три рупе. Међутим рад са њима је тежи и захтева већу стручност.

Да би се само згура могла да одвоји и избаци из пећи, те процес без отакања гвожђа у самој пећи могао да заврши, конструисане су у Америци пећи које се могу да накрену, да би се згура одлила.

6.) **Телботова метода.** Реч је о великим Мартиновим пећима, које се могу да накрену, да би се један део материјала могао да изручи. Могу да хватају 100, 200 па чак и до 300 тона гвожђа. Ако узмемо за пример пећ са капацитетом од 200 тона гвожђа, онда би рад био овакав. Пошто се у пећи растопи 100 тона старог гвожђа, убаци се за 20 тона руде и креча, па затим полако сипа 30 тона растопљеног сировог гвожђа. Када је реакција готова, убаци се опет за 20 тона креча и руде и поново преко тога сипа 30 тона сировог гвожђа. Пошто се све растопи и хемијски процес изврши, онда се пећ накрене и згура исипа кроз нарочити отвор. Сада се ради излучивања фосфора убаци печени креч и кад с тим буде готово, пећ се накрене и исипа 60 тона готовог гвожђа у нарочити суд, у коме се по потреби врши и дезоксидација. У гвожђе, које је у пећи остало, опет се убаци руда и сирово гвожђе, који буду брзо пречишћени услед велике температуре, коју маса већ има. На овај начин остатак гвожђа у пећи служи као чувар топлоте. Проналазач ове методе је Бенџемен Телбот (Benjamin Talbot) из Лиде Leeds).

Место пећи, које могу да се накрену, могу да се употребе и стабилне пећи, којима отвор за стакање лежи изнад дна пећи тако, да може увек потребан део гвожђа да остане.

Негде се у последње време Телботова пећ употребљава као резервоар, у коме се маса донекле пречисти (убаци се креч и сирово гвожђе), а остатак причешћавања доврши се у малим, обичним Мартиновим пећима.

Осим поменутих метода употребљава се у неким топионицама у Америци двојна т. зв. дуплекс метода, комбинација Бесемерове и Сименс — Мартинове методе. У Бесемеровом конвертеру изврши се само сагоревање силицијума, а у регенераторској пећи остало.

Осим регенераторског гаса могу се за топљење и пречишћавање гвожђа у Мартиновој пећи да употребе и коксани гасови, сами или помешани са регенераторским, или са гасом из високе пећи.

За једну Мартинову пећ потребно је неколико пећи за производњу генераторског гаса и оне се махом налазе у једном одељењу у близини Мартинове пећи. Генераторски гас састоји се од прилике из: 25—30% угљеноксида, 6—12% водоника, 2—5% угљене киселине, 1—3% метана.

ПРОИЗВОДЊА СПЕЦИЈАЛН. И ПЛЕМЕНИТИХ ЧЕЛИКА.

Напоменули смо раније, да не може да се повуче тачна граница између гвожђа и челика, како се у пракси назива тврдо гвожђе. Челик у теоријском погледу не издваја се од гвожђа као засебан појам, те се и не говори о индустрији гвожђа и челика, већ само о индустрији гвожђа.

Челик (надо, оцал) је тврдо ковно гвожђе, чија мања или већа тврдоћа долази од мање или веће количине угљеника у њему. Количина угљеника у челику варира између оне мале количине коју има обично меко ковно гвожђе и оне велике, коју има сирово гвожђе, т. ј. угљеника у челику има више него код обичног ковног гвожђа, а мање него код сировог. Према томе да би имало својство тврдог гвожђа односно челика, гвожђе треба да има угљеника од прилике од 0⁵—1⁷.

Осим угљеника, напоменули смо, на тврдоћу челика утичу и други елементи, који се са њим легирају: силицијум, манган, хром, никал, волфрам, ванадин и др.

О производњи обичног челика говорили смо. Он се израђује при свима поменутих методама за добијање ковног гвожђа било да се процес пречишћавања обустави, да би потребна количина угљеника у гвожђу остала, било да се изврши угљенисање, т. ј. додавање растопљеном пречишћеном гвожђу угљеника у виду угљеног праха или из феросилицијума, феромангана, огледаластог гвожђа и др. — Додавањем никла, хрома и др. већ поменутих

метала, нарочито при Сименс-Мартиновој методи, што смо такође поменули, добијају се *специјални челици*. Сада ћемо нешто рећи о добијању челика на друга три начина, којима се у главном и добијају *специјални и племенити челици*. Говорићемо о *цементном, рафинираном и лончаном челику*.

1.) **Цементни челик.** Добијање овог челика није тако ско-рашње. Проналазач му је непознат, али се зна да се прво почео да израђује у Пијемонту у почетку XVIII столећа. Шефилд у Енглеској и Солинген у Немачкој имају да захвале добром гласу свога челика у главном методи цементирања, на којој је почи-вала њихова индустрија челика до увођења лончане методе.

Цементни челик се добија, када се шипке меканог гвожђа жару у угљеном праху без присуства ваздуха. При овоме угљени прах продре у гвожђе, најпре мало па све даље, у колико се дуже излаже жарењу. Наравно, у колико су шипке тање, у толико пре угљен у њих продре. Ово се врши у нарочитим сандуцима паралелопипедног облика, којих стане у пећ за жарење највише три. Сандуци су од нетопљиве иловаче или опеке и дуги су 2⁵—5 мет., широки 0⁷—1 мет., а високи до 1 мет. Они у пећи за жарење леже обично на једној узвишици, како би што боље били изложени топлоти.

Гвоздене шипке, које се излажу цементирању, треба да су пљоснате, да би угљак кроз њих брже продро и краће бар за 50 см. од шупљине сандука. Слажу се у сандуку овако. Прво се на дно сандука стави слој ситног угља величине лешника, који треба да држи сав терет, па се преко њега наслаже један слој гвоздених шипака. Шипке се наређају тако, да не додирују сандук, нити се додирују међусобно, како би између њих и сандука дошао угљени прах, који их потпуно покрије. Праха треба да буде и изнад слоја шипака до 20 мм. Ово се ради неизменично до краја: слој шипака и слој угљеног праха. Последњи слој угљеног праха треба да буде 3—5 пута дебљи од осталих. Прах је од дрвеног угља, обично буковог. Њему се обично додаје и нешто дрвеног пепела са ку-хињском сољу или поташом.¹⁾ Сандук се покрије поклопцем од иловаче и изложи 7 до 12 дана жарењу на температури око 1000 С₀, за које се време изврши цементирање. Потом се сандук изложи лаганом хлађењу, које траје 5—7 дана и најзад отвори. За време жарења омогућено је испитивање на тај начин, што се

¹⁾ Додају се кадкад: борит, креда, калцинирана сода или угљен од костију.

на сандуку, као и на самој пећи, направе рупе, кроз које може да се извуче која шипка. Ове рупе су иначе затворене. За бољу врсту челика процес се прекида, па се шипке поново слажу у чист прах и жаре. На тај начин се добија т. зв. *дупли цементни челик*.

Овако добијен цементни челик тешко се може употребљавати, пре него се пречисти на начине, које ћемо доле описати. Он је крт и у прелому крупно-зрнаст, а угљен у њему неједнако распоређен, (ка површини га има више). Изједначење угљена и исцеђивање згуре, која се местимично налази, пречишћавање, односно хомогенизирање цементног челика врши се *рафинирањем и растапањем у графитним лонцима*.

2.) Рафиниран челик. Шипке цементног челика загрејане до белог усијања изложе се ковању, ваљању, притискању. Неколико таквих шипака сједине се у сноп, па заједно изложе истој радњи, да би се добила једна шипка, која се поново сече на комаде, да би се из њих поново правио сноп и т.д. На овај начин се изједначи угљеник у челику и згура истисне, те се добија производ fine каквоће. Рафинирањем се пречишћава не само цементни челик, већ и прости челици, добијани пудловом или Мартиновом методом.

На сличан начин се добија дамаски челик, од кога се израђује чувено дамаско оружје, које на површини има лепе, пријатне отворене и затворене линије. Када се преко овог челика делује јаком киселином, онда она нагризе затворене линије, тако да светле остану испупчене. Овај челик се добије на тај начин, што се у један сноп сједине шипке челичне и шипке обичног меканог гвожђа и загрејане изложе ковању, сечењу и опет спајању и ковању и т. д. Још лепши челик добија се, када се овакав сноп, наравно са мањим бројем шипака, упреде као што се упреде конопац, сече па се поново слаже у сноп и т. д. Светле линије су челичне, а тамне гвоздене.

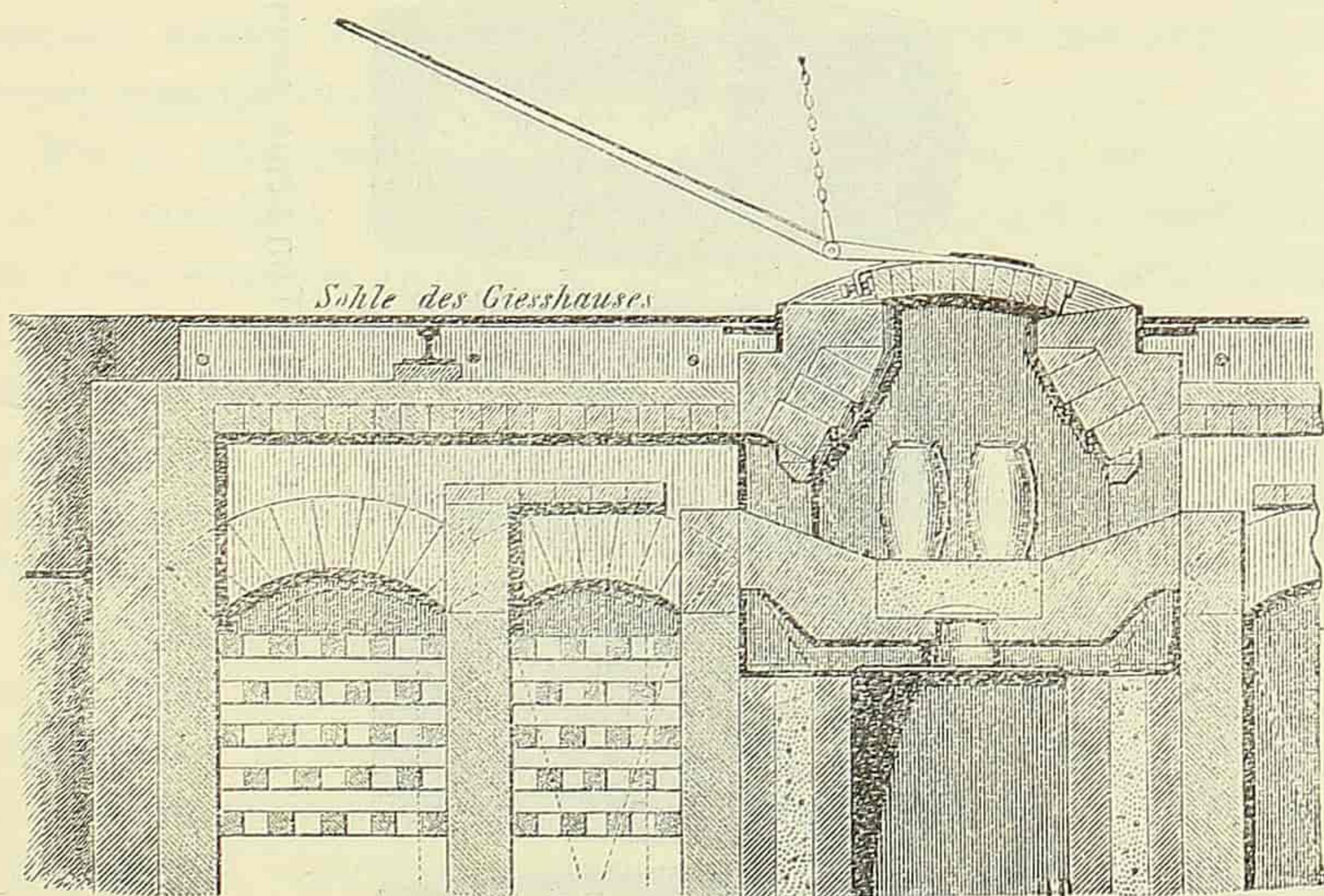
3.) Лончани челик (Tiegelstahl). За производњу специјалних и племенитих челика ова метода се највише данас употребљава, јер је челик њом добијен потпуно хомоген, равномеран: све честице угљеника и других елемената су равномерно у маси распоређене. Први је применио ову методу Енглец Бенцамен Хантсмен (Benjamin Huntsmann) у Хандсворту (Handsworth) у половини XVIII века. И он и многи после њега добијали су мале количине лончаног челика. Тек је успело Крупу у Немачкој, да лончану методу искористи за велику индустрију челика.

Лончани челик назива се још и ливеним челиком (**Gussstahl**), јер се добија топљењем, те је најпогоднији за ливење великих

предмета као на пр. топовских цеви, осовина и др. За добијање овог челика може се узети свака врста грубог, сировог челика, али се ипак према сврси употребљава овај или онај. На пр. за топовске цеви узима се обичан Бесемеров челик, за алат, сечива и финије израде узима се цементни.

Лонци у којима се добија лончани челик су од нетопљиве иловаче, помешане са једним делом графита. Пошто се лонци довољно напуне челиком (10—35 кг.) и покрију поклопцем од истог материјала, унесу се у нарочитту пећ ради топљења. Пећи, у којима стане до 100 лонаца, сличне су Мартиновим пећима и загревају се генераторским гасом. Из веће коморе иде загрејани ваздух, а из мање гас. На излазу гас сагорева и греје лонце, који стоје у средини пећи. Кад се леве коморе охладе, онда се радња пренесе на десне, за које се време леве загревају помоћу сагорелог гаса. Ако се хоће челик са више угљеника, онда се у лонац стави мало дрвеног угља. Ако се пак жели обратно, онда се стави које парче меканог ковног гвожђа. На овај начин се добија жељени квалитет челика.

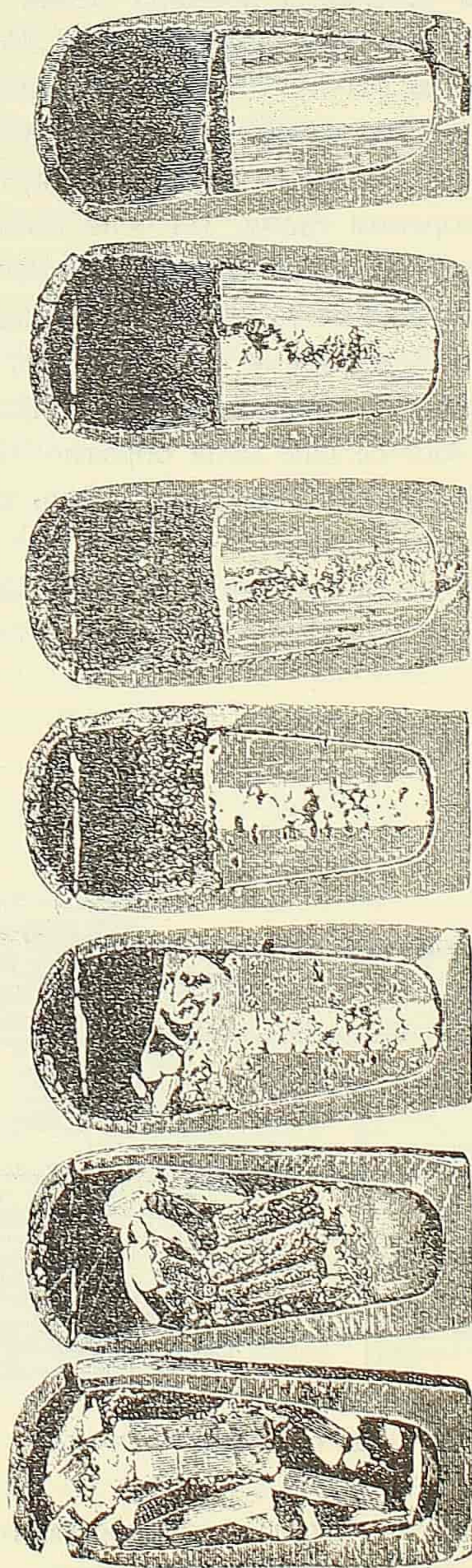
Напуњени лонци се предходно отворени загреју у нарочитој пећи, па се потом поклопе и унесу у пећ за топљење. Топљење



Сл. 32. Пећ за топљење лончаног челика.

и пречишћавање траје 3—4 сата и процес је готов када престане развијање гасова и кад је маса потпуно течна.

Пречишћавање бива овако. Оксиди, који се налазе у гвожђу, образују на површини масе згуру, која оксидира угљеник челика. Овај губитак угљеника наклади маса из зидова лонца, из којих исти извуче. Пошто су лонци и од иловаче, а у овој има силицијума, то силицијум, као и угљеник — графит, пређе у челик. Ако у



Сл. 33. Топљење лончаног челика.

челику има више мангана, у толико се брже лонци нагризају, т. ј. у толико више угљеник улази у челик, јер манган који пређе у згуру, повећава њену моћ за нагризање лонца. Фосфор и сумпор не могу да се пречисте, те их и не сме бити у челику.

Ради побољшања квалитета додаје се лончаном челику никал, хром, волфрам, ванадин, молибден. На тај начин добијају се специјални челици. Међутим ако се челику додају по два или по три од поменутих елемената, онда се добијени челик назива племенитим. Ово комбинирање предпоставља извесну већу стручност.

ЕЛЕКТРИЧНО ДОБИЈАЊЕ КОВНОГ ГВОЖЂА.

Говорећи о топљењу руде у електричним пећима напоменули смо, да су прве електричне пећи, конструисане у сврху добијања сировог гвожђа, у ствари могле да имају практичну употребу више ради пречишћавања сировог гвожђа, т. ј. за добијање ковног. Ово због тога, што се у то доба није могла да произведе већа количина електрицитета.

Пошто предходно поменемо имена неких од првих проналазача, који имају пуно заслуга за успешне покушаје у примени електрике за пречишћавање гвожђа као: Пишона, Врнера фон Сименса, Карла д' Лавала, Хајблинга, долазимо опет на има италијанског мајора Е. Стасана, који је у главном дао основу за модерну електричну металургију гвожђа.

Док је електрика већ имала знатну примену у металургији, на пр. у добијању лаких и племенитих метала, дотле њена примена у металургији гвожђа за дуго није показивала већи напредак. Тек у последње време она је почела да показује великог полета и данас добар део светске продукције гвожђа базира на електрицитету. Даљи напредак електричне металургије гвожђа зависи у првом реду од погодности водених снага — падова и од скупље кокса.

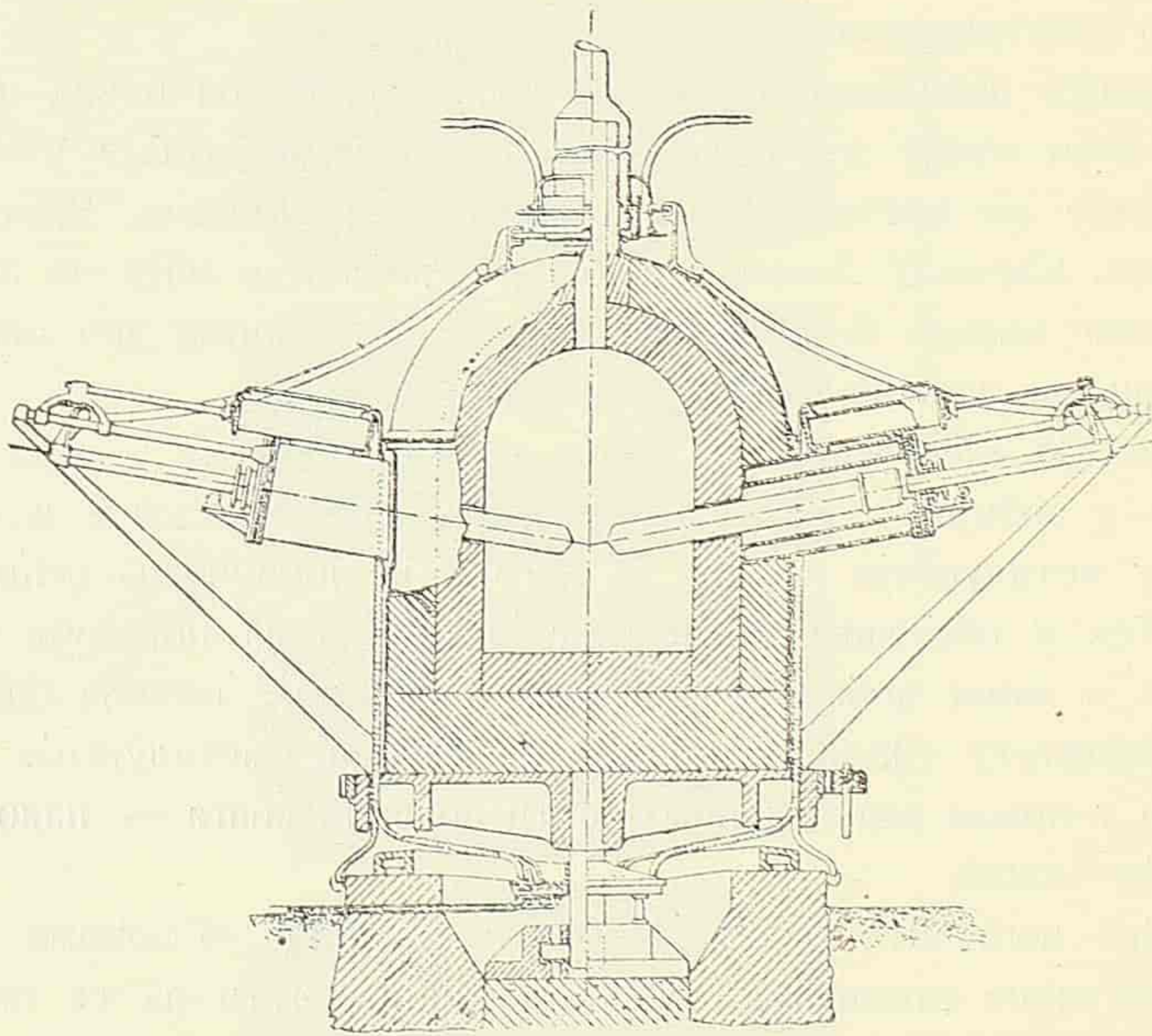
Пре него што будемо укратко говорили о пећима, које се сада највише примењују, ми ћемо напоменути да се оне деле, према начину на који се електрична енергија претвара у топлоту (електрично деловање¹⁾) на две врсте: на пећи пламене (*Lichtbogen*) и индукционе, односно на пећи са угљеним електродама и на пећи без угљених електрода. Код првих се топлота производи

¹⁾ Кад електрични таласи делују хемијски, онда се таква радња назива електролиза.

помоћу електричних електрода, а код других се она производи кад се у гвожђе, које треба да се топи, а које служи као спроводник, помоћу индукције изазову електрични таласи, који после као противни топе гвожђе, а престану кад је оно потпуно стопљено.

У електричним пећима гвожђе се најбоље очисти од штетних пратилаца и добија се потпуно хомоген производ без икаквих згуриних честица. Услед тога оне су најпогодније за добијање специјалних челика, те ће свакако потпуно да потисну лончану методу својом већом и јефтинијом продукцијом.

Да пређемо на описе неколико важнијих електричних пећи. Прво на оне са електродама. Прво заслужује да се помене Стасанова пећ из већ поменутих разлога, мада она данас у производњи заузима једно од последњих места. То је обична усправна и округла пећ, горе засвођена. Озидана је као и обично од не-

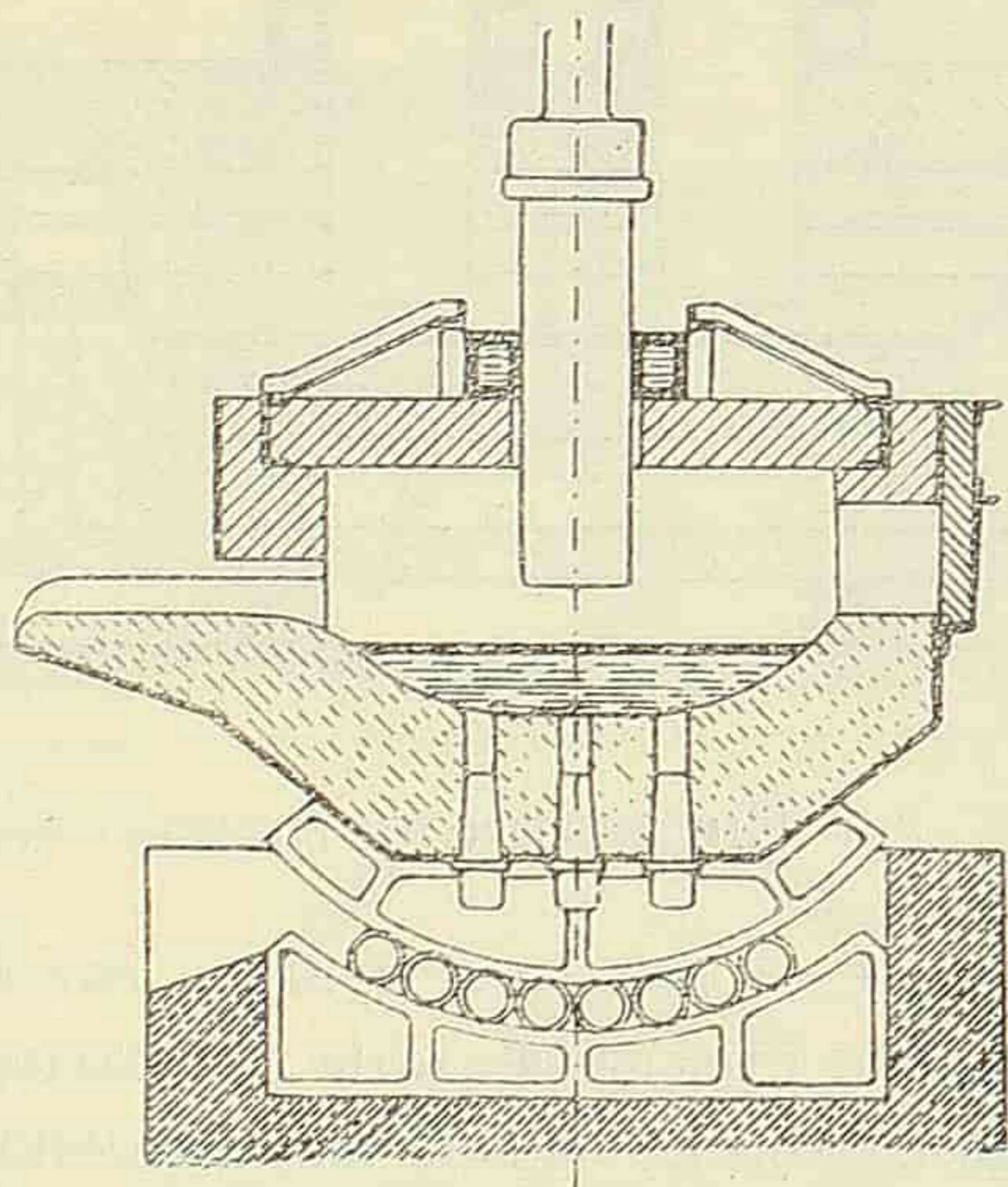


Сл. 34. Стасанова електрична пећ.

топљивих магнезитних опека, а споља окована дебелом гвозденим лимом. Кроз средину свода налази се отвор, кроз који излазе гасови, али да не би ваздух кроз њега у пећ улазио, он има водени затвор. Са две супротне стране кроз средину пећи

улазе косо на ниже две покретне електроде, чији се врхови примичу један другоме над самим материјалом, који се топи помоћу пламена, што из једне електроде у другу прелази. Да би се могле да хладе, електроде се крећу у једном цилиндру пуном воде. Пећ има два отвора: један за истакање готовог производа, а други за уношење материјала. Доњи део овог другог отвора служи код неких пећи за избацивање згура. Пећ обично почива на куглама те се може да накреће. Осим оваквих, има Стасанових пећи и са три електроде, које дају три пламена лука.

Жирова (Girod) пећ је округла и горе заравњена. Почива на куглама, да би се према потреби могла да накреће. Озидана



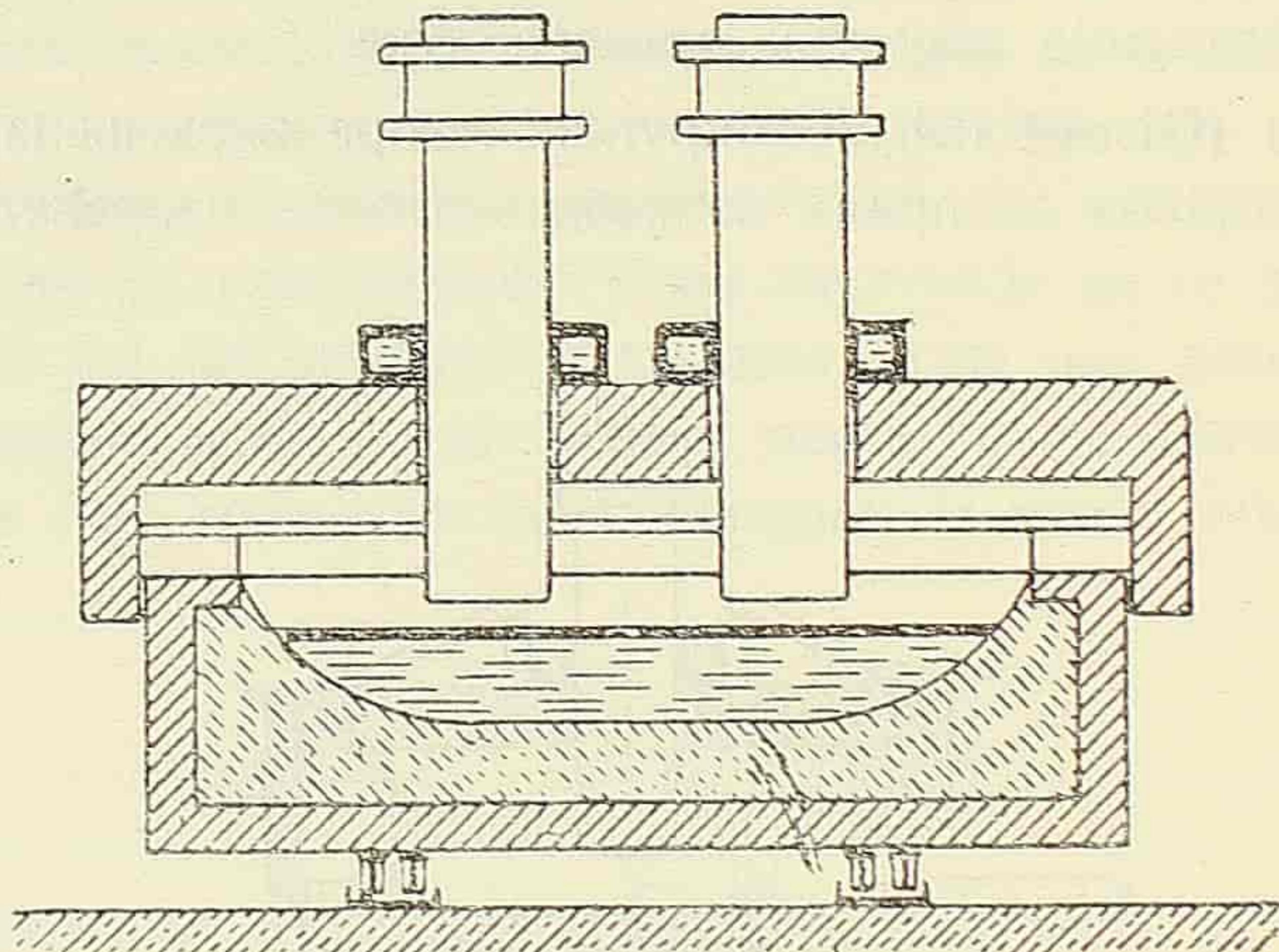
Сл. 35. Жироова електрична пећ.

је магнезитом и сва окована дебелим гвозденим лимом. Једна угљена електрода улази у пећ вертикално кроз поклопац и из ње електрична струја, као пламени лук, пада на згуру и пролазећи кроз њу и гвоздену масу ствара т. звану Дулову топлоту.¹⁾ Струја потом излази кроз гвоздене електроде, које се налазе на дну пећи. Ових гвоздених електрода има 6, равномерно су распоређене и шупље, да би се могле хладити водом. Пошто се згура избаци нарочитим кашикама, пречишћена и легирана маса источи се кроз исти отвор накрћењем пећи. Већа Жирова пећ може да има и

¹⁾ Wiedernstandsheizung = загревање отпорником.

више угљених електрода, али зато мора да има кроз дно одговарајући број гвоздених. Боље је да ове гвоздене електроде за неколико сантиметара улазе у пећ. Отвор за пуњење пећи је горе и снабдевен је поклопцем.

Ерулова (Heroult) пећ је широка и лежи такође на куглама или на направи за накрећање. Сазидана је из нетопљиве опеке, а само огњиште је од сабијене доломитне масе. Горњи део, по-



Сл. 36. Ерулова електрична пећ.

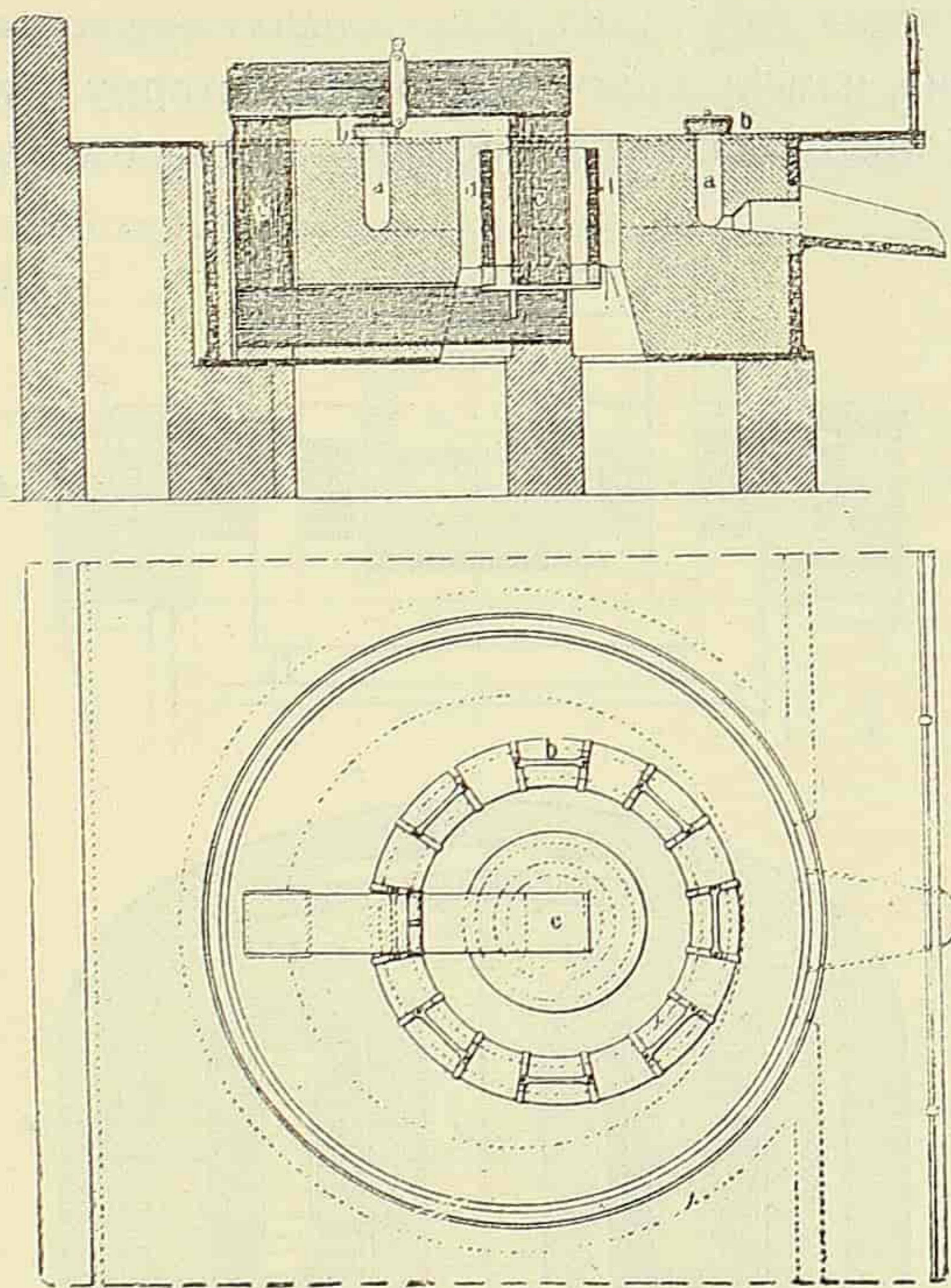
клопац, је покретан, те се пећ ради пуњења отклапа. Кроз њега улазе у пећ две угљене електроде, које предходно пролазе кроз суд са хладном водом, који се налазе над поклопцем. Електрична струја излази из једне електроде, пролази кроз згуру и гвоздену масу, па као пламени лук улази у другу электроду и излази на поље. Пећ је на први поглед слична Мартиновој пећи. Електроде се покрећу електричним мотором. Пећ се употребљава нарочито за fine челике. Ради тога сирово гвожђе се предходно пречисти у Бесемеровој пећи, или у Томасовој ако има фосфора, па се у електричној пречисти потпуно и ту легира за челик. У висини згуре налази се отвор за њено избацивање, а при дну пећи отвор за истакање готовог производа. За згуру код неких пећи и нема нарочитог отвора, већ се она накрећањем пећи источи кроз исти отвор, кроз који се источе и гвожђе.

Од електричних пећи са електродама да помењемо још и **Келерове** пећи. То су махом састављене две или четири пећи и на саставном делу су најдубље. Овде се растопљено и пре-

чишћено гвожђе збира и отаче. Иначе струја иде из једне пећи у другу, када је гвожђе растопљено.

Сада ћемо рећи нешто и о индукционим пећима, које се у последње време све више примењују, те изгледа да ће у главном на њиховом принципу у будуће да базира електрична металургија гвожђа. Као што је напоменуто индукциона метода је у томе, што се гвожђе у овим пећима загрева и топи помоћу струје, која се не доводи споља, него се ствара индукцијом у самом гвожђу, које служи као отпорник.

Најважнија је још и данас **Кјелинова (Kjellin)** пећ и ако је најстарија. Њен проналазач је Швеђанин. Сл. бр. 37. представља

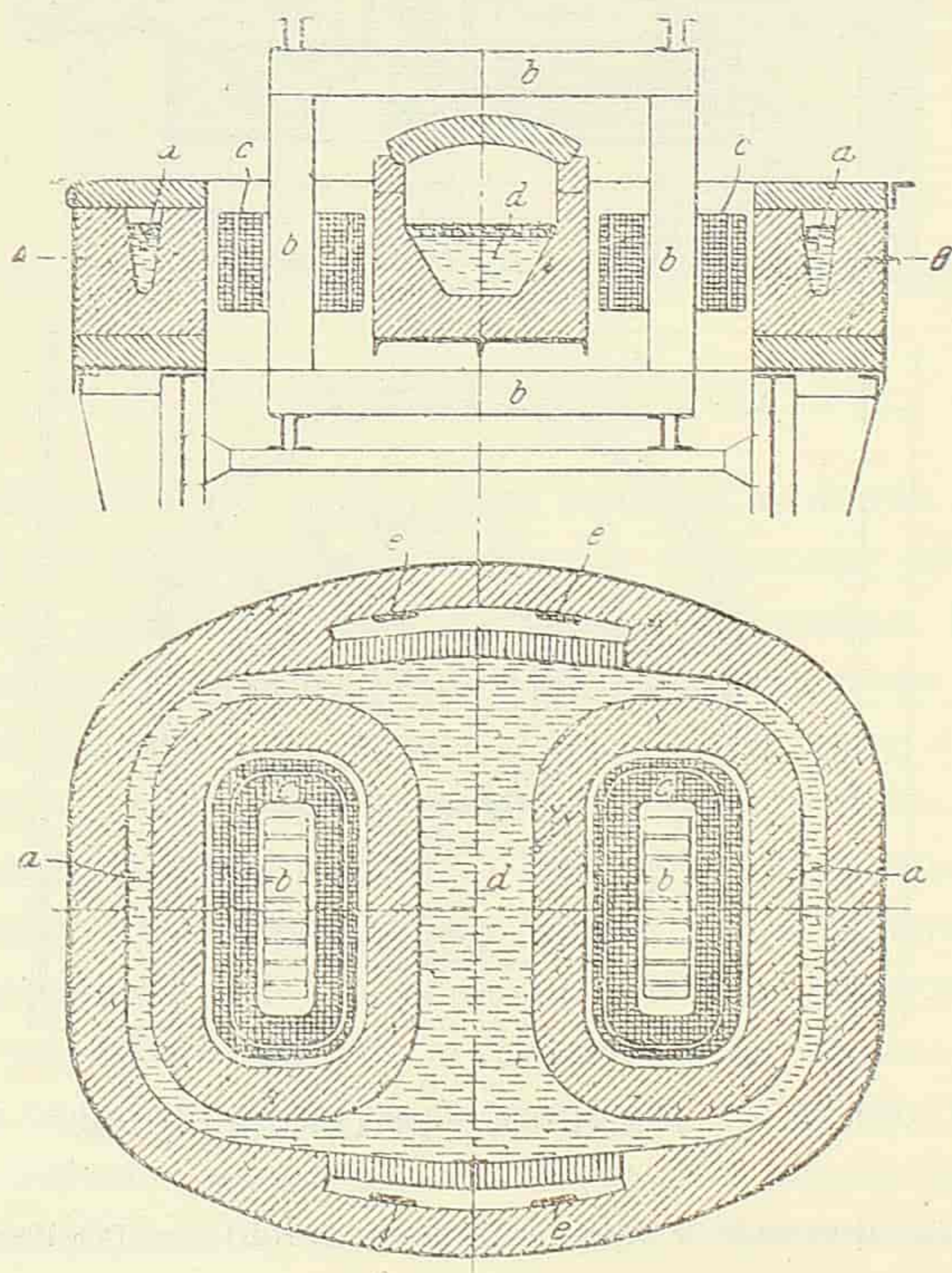


Сл. 37. Кјелинова индукциона пећ.

ову пећ у оба пресека. Узани, кружни канал *a* служи за топљење гвожђа и снабдевен је поклопцем. У средини њега налази се гвоздени калем, који је изолиран и обмотан шпирално бакарном жицом *d*. Калем се пружа тако, да ствара правоугаоник, који је у односу према олуку као две алке у ланцу. Бакарна жица на ка-

лему је у вези са мотором, који производи наизменичну струју, а која у калему производи магнетизам. Магнетизам пак мењајући непрестано јачину и правац, производи у гвожђу, које је у пећи, опет наизменичну струју, чија је јачина онолико пута већа, колико жица има омота. Гвожђе, које је у свом кружном лежишту у ствари секундарни круг, топи се сада помоћу отпорног загревања.

Има разних пећи сличних Кјелиновим са чистим индукционим загревањем, али изгледа да оне неће имати толико будућности, као пећи са комбинованим индукционо-отпорним загревањем, нарочито због тога, што им је топиште мало, узано. Од ових комбинованих пећи са индукционо-отпорним загревањем најважнија је сада Рехлингова пећ¹⁾ која ради са наизменичном струјом. Пећ има два калема, између којих је широк простор, у коме се гвожђе топи, док је између калема и спољних зидова овај простор узан



Сл. 38. Рехлингова електрична пећ.

¹⁾ Gebrüder Röchling, = Фелклинген — Немачка.

као и олук код Кјелинове пећи. Калеми су обвијени и примарним и секундарним круговима. Кроз секундарне струја се индуцира као у олук код Кјелинове пећи. Калеми стоје у вези и са половним плочама, које су узидане у зиду пећи на неколико сантиметера од њене шупљине. При високој температури овај зидни слој постаје спроводљив, те струја пролази кроз масу, помажући њено загревање. Пошто се овим постиже веома велика температура, то се пећи обично зидају од доломитне масе. Сл. бр. 38. показује Рехлингову пећ у оба пресека.

Има Рехлингових пећи које раде и са трофазном струјом. Оне имају три магнетна средишта, односно шест половних плоча.

Електрична металургија гвожђа данас је већ знатна и иде ка широком развоју. Њена литература данас је већ велика и обично посебна. Ми смо ради извесне потпуности ове књиге, која је у ствари само буквар ове данас веома развијене науке, казали о електричној металургији гвожђа у ствари само онолико, колико је најпотребније.

I. ГВОЗДЕНИ ЛИВ, ТУЧ¹⁾

Под гвозденим ливом разумемо гвожђе, из кога се ливењем у калупама добијају предмети, односно роба, која се назива ливеном робом или ливенаријом. За ливење употребљава се и оно сирово ливено гвожђе које добро испуњава калупе, које је чврсто а погодно за прераду. Избегава се т. зв. љуто гвожђе и оно што при хлађењу лако прска. Бело ливено гвожђе није погодно за овај рад, јер не испуњава добро калупе, као ни затворено мрко, које је трошно. За ову сврху се употребљавају врсте сивог и отворено сивог сировог гвожђа.

Но ливење предмета из сировог гвожђа долази у обзир само тамо, где се сирово гвожђе добија помоћу дрвеног угља, т. ј. код високих пећи са дрвеним угљем. Тамо се роба изливала махом непосредно од сировог гвожђа из високе пећи. Са увођењем коксаних пећи, а нарочито због повећавања њихових димензија, тешко се могло да остане при овом непосредном ливењу, прво због тога, што је гвожђе из коксаних пећи нечистије, а друго за то, што се услед њене велике продукције тешко могао да добије за ливење увек жељени квалитет гвожђа. Да би се квалитет изједначио, гвожђе се скупљало у велике цистерне, које смо поменули. Ипак се из овог сировог гвожђа могу да изливају само груби предмети у великим количинама. Потребно је у главном, а нарочито за финије предмете, сирово гвожђе поново претапати, да би се извесан део његових састојака отклонио. Овим се може да да гвожђу орговарајућа погодност за ливење потребних предмета.

У колико је гвожђе течније, у толико је боље за ливење, јер у толико боље испуњава калупе, те се добија чистија и финија роба. Најгори пратилац гвожђу је сумпор. Његово присуство чини гвожђе житким, т. ј. даје му особину, која је веома неповољна за испуњавање калупа. Због тога се за туч узима сирово гвожђе

¹⁾ Eisenguss.

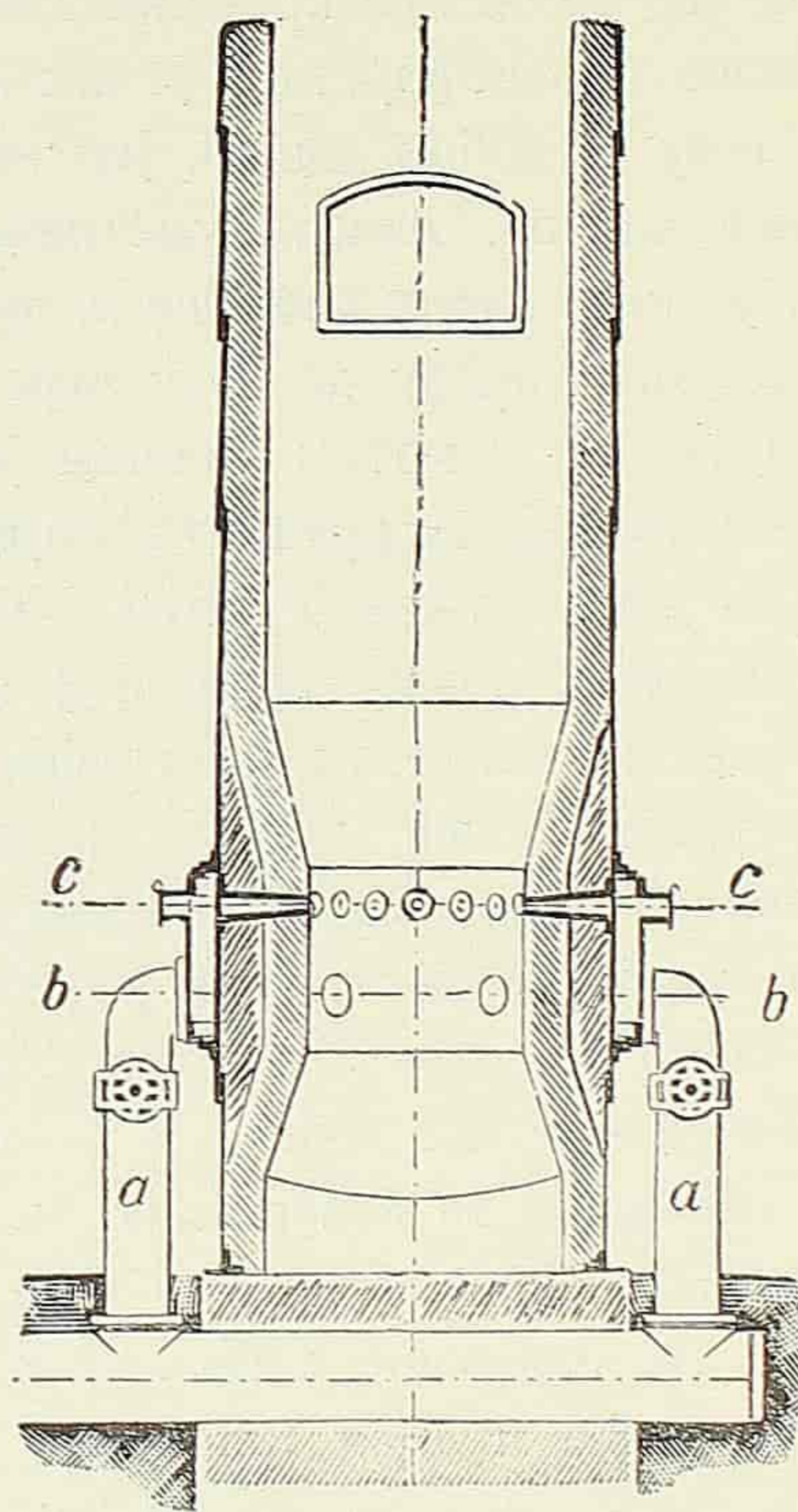
са што мање сумпора, јер се он при пречишћавању не може више да извуче од 50%. Напротив фосфор, који је иначе најшкодљивији у ковном гвожђу, у тучу је добро дошао, јер га чини веома погодним за испуњавање калупа. Ливени уметнички предмети израђује се само од туча, који има у себи доста фосфора. Међутим за извесне предмете, који требају да буду чврсти, фосфор није подобан, јер их чини тврдим и кртим. Манган је у извесној количини, до 1%, погодан за израду предмета, који требају да буду чврсти и тврди; преко тога гвожђе је крто. Ако је угљеник у гвожђу везан хемијски, онда је оно тврдо. Међутим ако се угљеник налази у гвожђу механички везан као графит, онда је гвожђе мекше и у колико је графита више, у толико је оно мекше. Веома важан однос у ливу чини угљеник са силицијумом. Силицијум има у растопљеном гвожђу дејство да истисне угљеник, те у колико њега има више, у толико је мање угљеника. Услед тога гвожђе за лив, које има више силицијума (преко 5%) је финијег и ситнијег прелома, те је погодније за испуњавање калупа.

Калај се додаје сивом сировом гвожђу и оваква лугера највише се употребљава за изливање звона. Он такође истисне угљеник, те је легура тврђа и лако топљива, али истовремено кртија. Ако је калаја више, онда је лив мекши и донекле кован.

За претапање сировог гвожђа, управо за његово пречишћавање у гвожђе за ливење, употребљавају се у главном две врсте пећи: *усправне (куполне)* и *положене (пламене)*. У пламене пећи спадају и т. зв. *лончане пећи*, које се употребљавају за фини лив, од кога се израђује фина, ситнија роба.

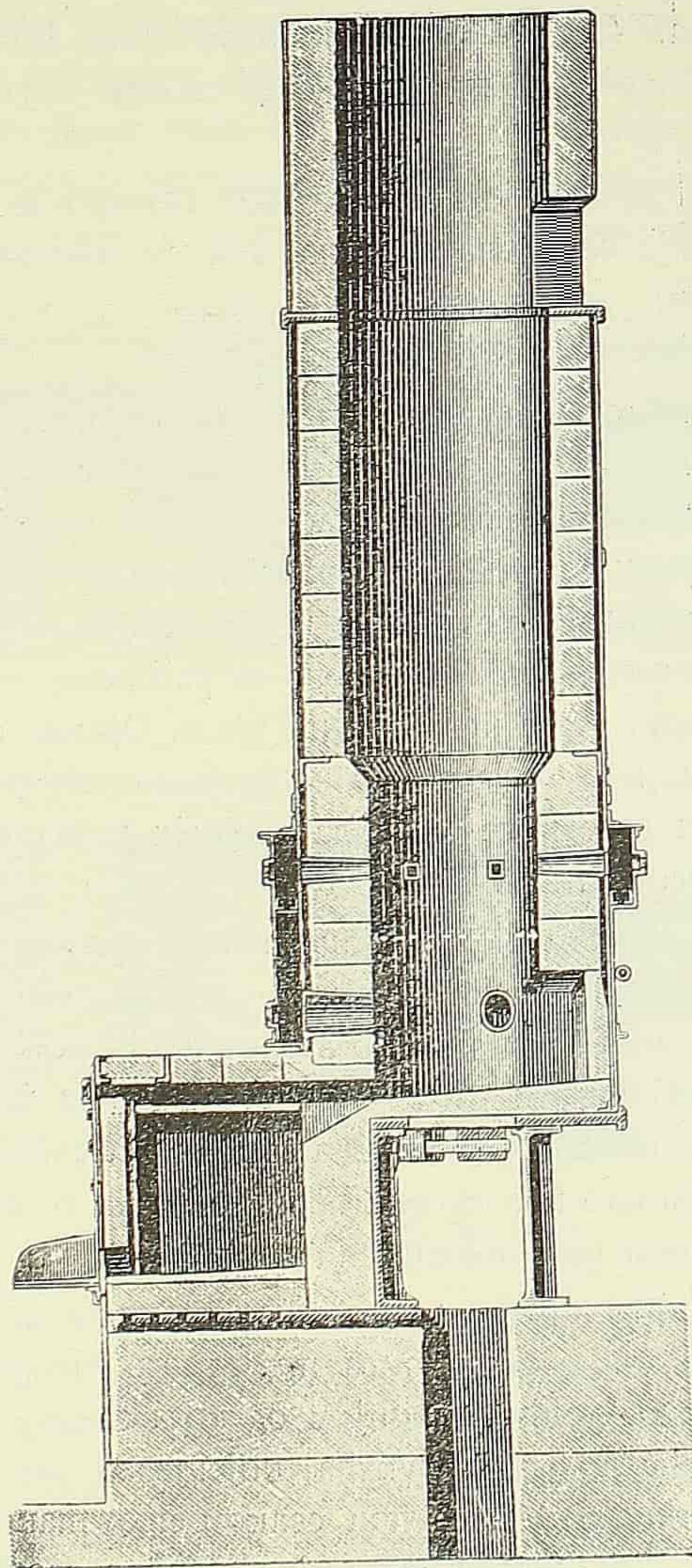
Из куполне пећи добија се лив у коме има више угљеника, јер се гвожђе топи заједно са коксом, док се из пламене пећи добија лив са мање угљеника, јер се у њој гвожђе топи помоћу пламена. Услед тога куполна фећ употребљава се за добијање мекшег, а пламена за добијање тврђег лива. Лив добијен у лончаним пећима по методи сличној оној, по којој се добија лончани челик, не долази у додир ни са горивом ни са гасом, те по квалитету надмашује обе горње врсте.

Куполна пећ. Ова пећ данас се највише употребљава. Њен назив долази од енглеске речи *cupola — furnace*, што у ствари значи пећ са куполом, сводом. Први њен конструктор је Енглеz Вилкинсон (*Wilkinson*, 1790. г.). Сл. бр. 39. показује њену веома просту конструкцију. Сва се састоји у главном из једног усправног цилиндра, који је изнутра обложен шомотним опекама, а



Сл. 39. Куполна пећ.

споља окован дебелим гвозденим лимом, или ређе ливеним плочама. Доњи део пећи има дебљи зид од горњег, зато што се ту гвожђе топи. На том делу се налазе и отвори за удувавање ваздуха, који треба што мању даљину, како би могао да продире кроз сву масу. Најзад услед сагоревања ту се маса и скупи, те јој је потребан и мањи простор. Отвора за удувавање ваздуха у пећ има више и они су поређани око пећи у хоризонталној линији. Ваздух се не удувава кроз отворе непосредно, већ ради равномерности улази у један канал који, као појас око пећи, поклапа све рупе. Има више врста вентилатора за ваздух, али је најобичнији онај са пропелерима затвореним у једном бубњу, махом облика пужа. На отвор вентилатора поставља се цев, која спроведена кроз земљу иде до пећи и у канал уноси ветар произведен центрифугалним окретањем пропелера у бубњу. Пропелери се обично покрећу мотором. Ради непотпуног сагоревања угљеника ваздух се не греје. Тек ако је у коксу више сумпора, загрева се ваздух до 80 C° . Има пећи и са два реда рупа за удувавање ваздуха, ако се хоће потпуније сагоревање.



Сл. 40. Кушолна пећ са збирницом.

Испод рупа за ваздух налази се отвор за згуру, а испод овога отвор за отакање гвожђа, које се скупило на дну пећи. Излазећи из пећи, гвожђе тече једним жљебом, који је постављен шамотним блатом и хвата се у нарочите судове. Из ових судова обавља се ливење у непосредној близини пећи. Место непосредног отакања готовог производа у ове судове, постоје и пећи са збирницом, која

је такође обложена шамотним опеком и у коју се пречишћено гвожђа скупља. Ова збирница је практична зато, што управо служи као неки резервоар, у коме се гвожђе изједначује и теже Кгр. лива.

Пећ може да буде разне величине. Обично је висока 4—6 $\frac{1}{2}$ мет. Висини није одређена ширина, али су обично широке $\frac{1}{2}$ —1 мет. Пећ већих димензија може дневно да пречисти до 8.000 клгр. лива.

Куполна пећ се пуни озго као и висока пећ. Прво се од прилике $\frac{1}{3}$ пећи испуни коксом. Затим, слично као у високој пећи, следује слој сировог гвожђа, па слој кокса и то у сразмери 10 : 1 по тежини. Гориву се додаје $\frac{1}{5}$ кречњака ради издвојања сумпора и фосфора у згуру. За гориво се употребљава готово искључиво кокс и то нарочито врсте, који брзо не сагорева, те се дуже може да одржи у жару; дуже него дрвени угаљ. Овакав кокс је обично тврђи и порознији, а то је потребно да би гасови кроз њега лакше пролазили. Ови гасови се могу да хватају и искоришћавају као и гасови из високе пећи.

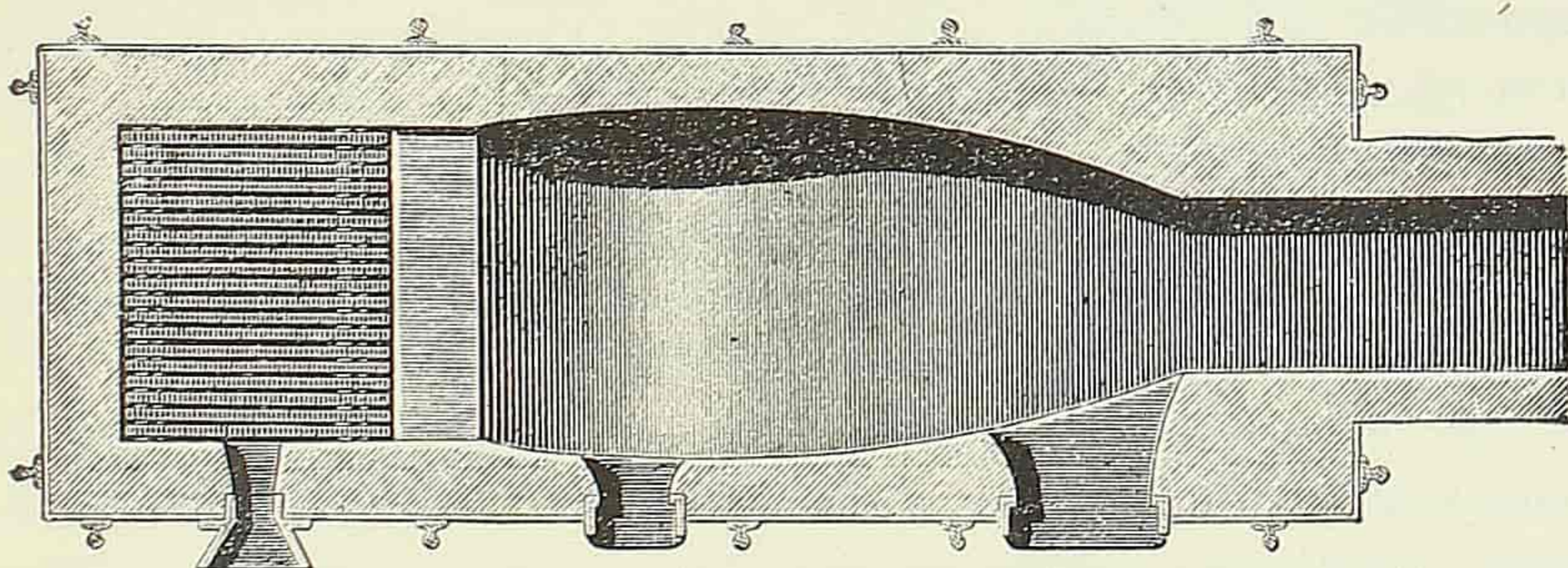
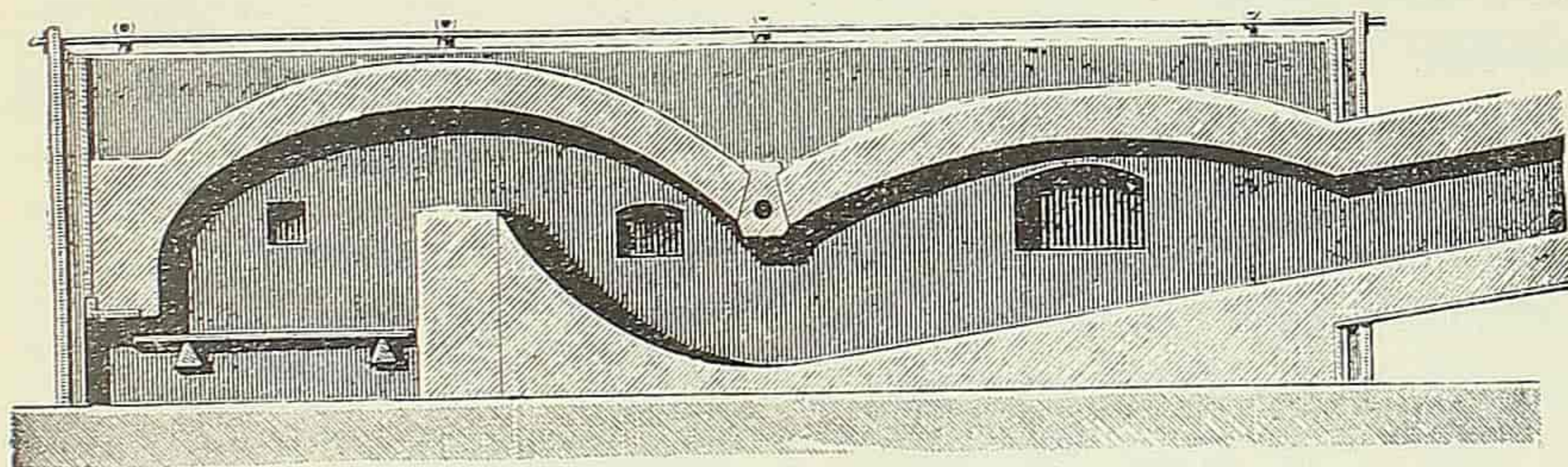
Битна разлика између куполне пећи и високе је у томе, што угљеник код куполних пећи не служи као средство за редуковање, већ искључиво као средство за загревање. Дакле не развија се у угљеноксид (C O), већ сагори у угљендиоксид (C O₂), при чему се гориво боље искористи. Услед овога ни утеривање ваздуха не сме да буде јако као код високе пећи, како би се више образовао угљендиоксид него угљеноксид.

Да би се добио лив финије каквоће, може се гвожђе у куполној пећи по два и више пута претапати. Међутим са сваким претапањем гвожђе губи силицијум од кога зависи тврдоћа лива, те се најзад дође до белог гвожђа, које је за лив неподесно. Да би се ово избегло, додаје се при сваком претапању нешто гвоздених опиљака или ситних отпадака ковног гвожђа. Да би се добила одређена врста лива, ливац може да меша разна ливена гвожђа са опиљцима или отпацима. У сваком случају отпаци морају да буду ситно исечени, јер би се иначе тешко могли да стопе.

Пламена пећ. Ова пећ је за 2—3 деценије старији изум од куполне пећи. Хоризонтална је, те је погоднија за топљење већег комађа гвожђа, који се уносе у пећ са стране. Ма да се може да употреби јевтиније гориво, јер гвожђе са њим не долази у непосредан додир, већ бива топљено помоћу пламена, ипак се

пламена пећ много мање употребљава од куполне, јер се потпунијом оксидацијом више губи у силицијуму, мангану као и у угљенику, што иде на рачун пречишћене количине. Управо гвожђе се овде пречисти боље, него што је за обичан лив потребно.

Сл. бр. 41 показује пламену пећ у вертикалном и хоризонталном пресеку, која је веома слична пудловој пећи. На једној



Сл. 41. Пламена пећ за лив.

страни је решетка за гориво, чији пламен лиже преко гребена и испод свода и улази у други део пећи, у коме се налази гвожђе за топљење. Над средином лежишта за сировину свршава се свод, који долази из дела за ватру, па се овде наставља други свод, који допире до врата пећи. Састав сводова, који пада над средином огњишта, задржава пламен, те се топлота боље искоришћава. Топљење траје 6 час., а ако је пећ предходно загрејана, онда 4 час. Пећ је обично дугачка 3—6 м., а широка 1—2. На дну с предње стране налази се отвор за истакање пречишћеног гвожђа, који се затвара иловачом. Пећ може да пречисти до 10 вагона гвожђа дневно, а утроши горива 50—60% од тежине сировине. Може се употребити свако гориво које даје велики пламен (камени угаљ, тресет па и дрво). Одпатка у гвожђу има до 20%. Пећ је у вези са димњаком високим до 25 мет.

Пећ за лончани лив. Ово су најстарије пећи за добијање лива, али се данас услед нерентабилности мало употребљавају. Махом се употребљавају још само за добијање финог лива за израду ситније робе (бижутерија).

Сирово гвожђе стави се у шамотне или графитне лонце, који се на једној решетки изложе пламену. Гвожђе у лонцу се стопи, при чему гасови сагоре и одлазе у димњак. Лонци су обично отворени. Међутим за добијање лошијег лива они се затворе, те се сагоревање врши само са ваздухом, кога има у лонцу.

Рећи ћемо нешто и о добијању меканог, ковног лива т. зв. *темперног лива*. Он се добија из лончаног или куполног лива нарочите врсте, коме се одузме потребна количина угљеника (адуцирање). Овакав производ има особине ковног гвожђа, мекан је, али се не може заваривати. У темперни лив се не прерађује лив као сировина, него се већ готовим предметима од лива темперовањем дају особине ковног гвожђа. Обично ту долазе у обзир мали предмети као: делови за браве и бравице, кључеви, делови за шиваће машине, за пољопривредне машине и др. Управо предмети који не смеју да буду крти и који имају компликован облик, који се лакше постиже ливењем и темперовањем, него ковањем или другим начином.

За темперовање се употребљава лив са што мање угљеника, обично добијен од белог сировог гвожђа. У случају да сировог гвожђа потребног квалитета нема, може се за прераду узети и обично сиво или друго, коме се додају ситни отпаци ковног гвожђа.

Адуцирање се врши на овај начин. Изливени предмети од туча запрећу се (цементирање) у прекрупљеном гвожђа — оксиду (хематит, лимонит, ковачина) или оксиду цинка и изложе температури од 850—900С°. То се обично чини у ливеним или лименим лонцима, или ако су предмети већи, у нарочито изиданим сандуцима. Овоме оксиду, т. зв. темперној руди, додаје се печени креч ради постепеније оксидације. Пржење траје 60—80 часова, па се судови ваде и изложе постепеном хлађењу 24—36 часова. На овај начин хемијски угљеник (карбитни угаљ) пређе у темперни, који после сагори. Темперна руда мора да буде чиста, да по могућству нема сумпора и фосфора, који рђаво утичу на квалитет робе. Ова руда може поново да се употреби за високу пећ.

Да поменемо још и т. зв. *митслив*, који веома добро испуњава калупе, кован је и тврд. Добија се легирањем ковног гвожђа и алуминијума у лонцима.

II. ЧЕЛИЧНИ ЛИВ.

Обичан гвоздени лив, који је крт и нерастегљив, није погодан за изливање извесних предмета. Ако ови предмети требају да буду чвршћи, еластичнији и растегљиви, они се морају да излију из челичног лива. Добијање челичног лива је један од новијих проналазака у металургији гвожђа, а данас је његова индустрија лепо развијена и има најбоље изгледе.

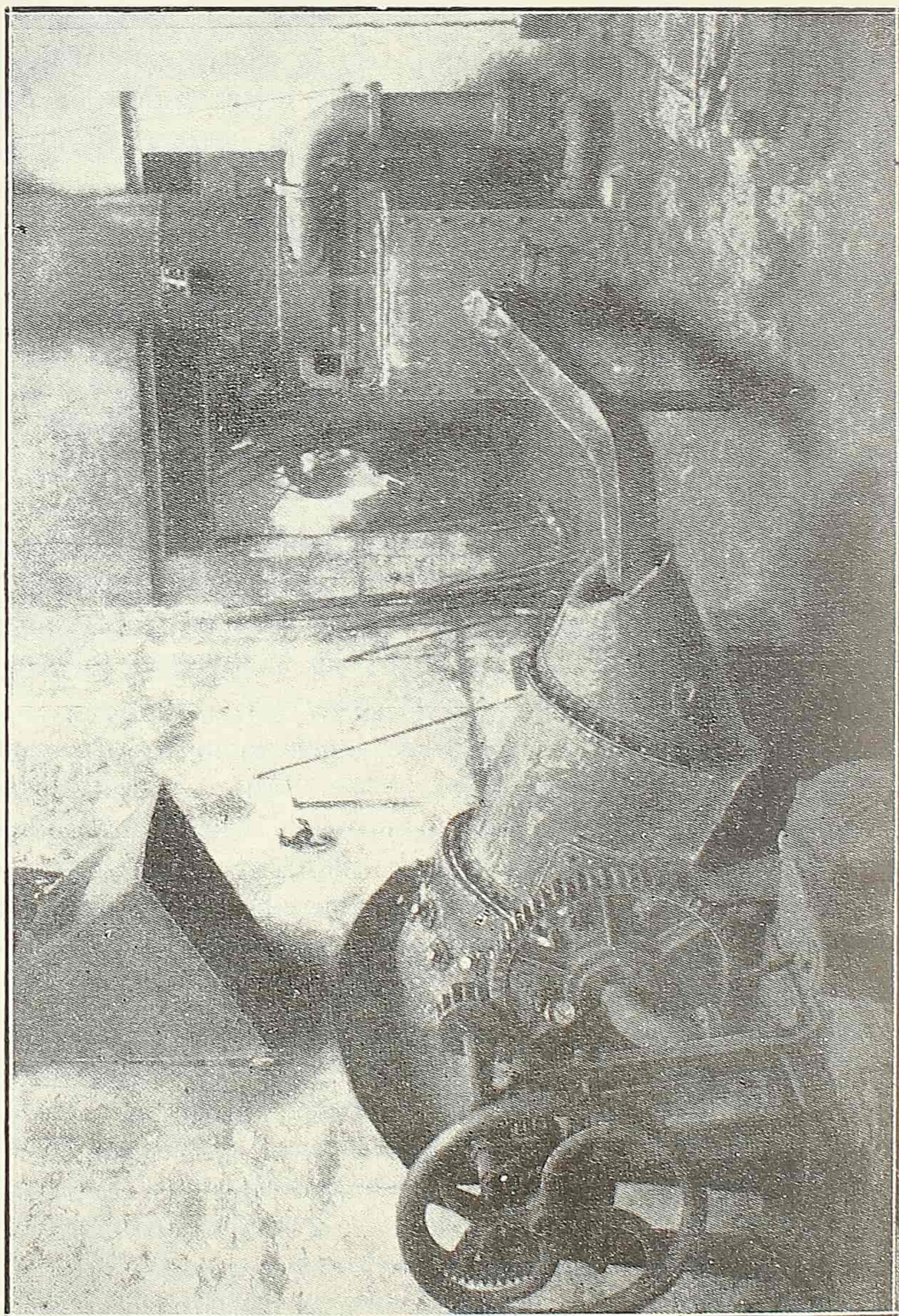
Први је успео да добије челични лив у лонцима технички директор Бохумског Савеза Јакоб Мајер 1851. г. изливши из њега црквена звона. Од тог времена па све до 1867. г. челични лив могао се добијати само у лонцима, што се наравно није могло развити у велику индустрију. Поменуте године почело се у Круповој фабрици у Есену са добијањем челичног лива у Мартиновим пећима. Добијање челичног лива у Бесемеровим конвертерима отпочело је тек пред крај прошлог столећа.

Лончани челични лив. Због свог скупог добијања употребљава се сада само за изливање финијих предмета. Његово добијање је потпуно слично добијању лончаног челика, само се овде може да употреби, осим вареног и обичног Мартиновог и Бесемеровог челика, још и сирово гвожђа (хематит).

Мартинов челични лив добија се у пећима потпуно сличним Мартиновим пећима за отакано гвожђе. Само су пећи за лив знатно мање, да би биле за ливење спретније. Оне су мале и због тога, што се у њима не ствара толико много згуре, као у обичним Мартиновим пећима, где се додаје доста креча. Услед тога су Мартинове пећи за лив махом киселе, али их има и базичних, које, наравно, морају бити нешто веће.

Пошто су киселе пећи мале, мора се у њима прво растопити сирово гвожђе, да би старо гвожђе, које се после убаци, могло да утоне. Старо гвожђе не сме иначе дуго да се излаже пламену, јер би се много стварала згура. У киселим пећима се топи и пречишћава: 30—35% хематита, који садржи 2.5—3% силицијума, до 1.5% мангана, док сумпора, а нарочито фосфора, сме да буде сасвим мало, највише 0.05%. Већа количина фосфора би нагризла облогу, а више сумпора лив не подноси. Старога челика убаци се 65—70%. Топљење траје 2—2½ сата. Дезугљенисање се врши, ако је потребно, додавањем руде. На послетку ради угљенисања додаје се

маси феросилицијум, ферохром или фероманган, који се обично предходно загреју. Ако се хоће тврди лив, онда се додаје огледаласте гвожђе, па чак и сирово гвожђе.



Сл. 42. Мали Бесемеров конвертер за челични лив.

У базичним пећима топи се и пречишћава: 20—25% хематита, који може да садржи мангана највише 2%, силицијума

2—2.5%, сумпора исто тако мало као и код киселих пећи, а фосфора највише 0.1%. Старог гвожђа додаје се 75—80%. Креча се додаје највише 7%. Процес траје такође до 2½ сата. Пошто се згура одстрани, убаца се ради угљенисања исти додатак као и код киселе пећи.

За добијање челичног лива веома су погодни мали *Бесемерови конвертери*. Њихов лив је и бољи од Мартиновог, јер лепше испуњава калупе, али је скупљи, јер се сирово гвожђе мора предходно да стопи у куполној пећи. Конвертери су међутим и погоднији, јер се у раду са њима лакше ограничава количина и лакше подносе прекидања. Конвертер, који је увек обложен киселом облогом, прими материјала 1—4тоне, али се у последње време употребљавају и већи. Сирово гвожђе треба да садржи силицијума 2—3%, мангана 1.5% угљеника 3%. Мали конвертери одступају од великих највише у томе, што код њих ваздух не улази кроз дно, већ са стране, тако да прво дува по површини масе, па се његовим накрећањем млазеви ваздуха спусте у масу до 20 см. Радња је у главноме иста као и код великих конвертера. Угљенисање се врши помоћу огледалостог гвожђа или феромангана, а за тврђи лив и помоћу самлевеног кокса.

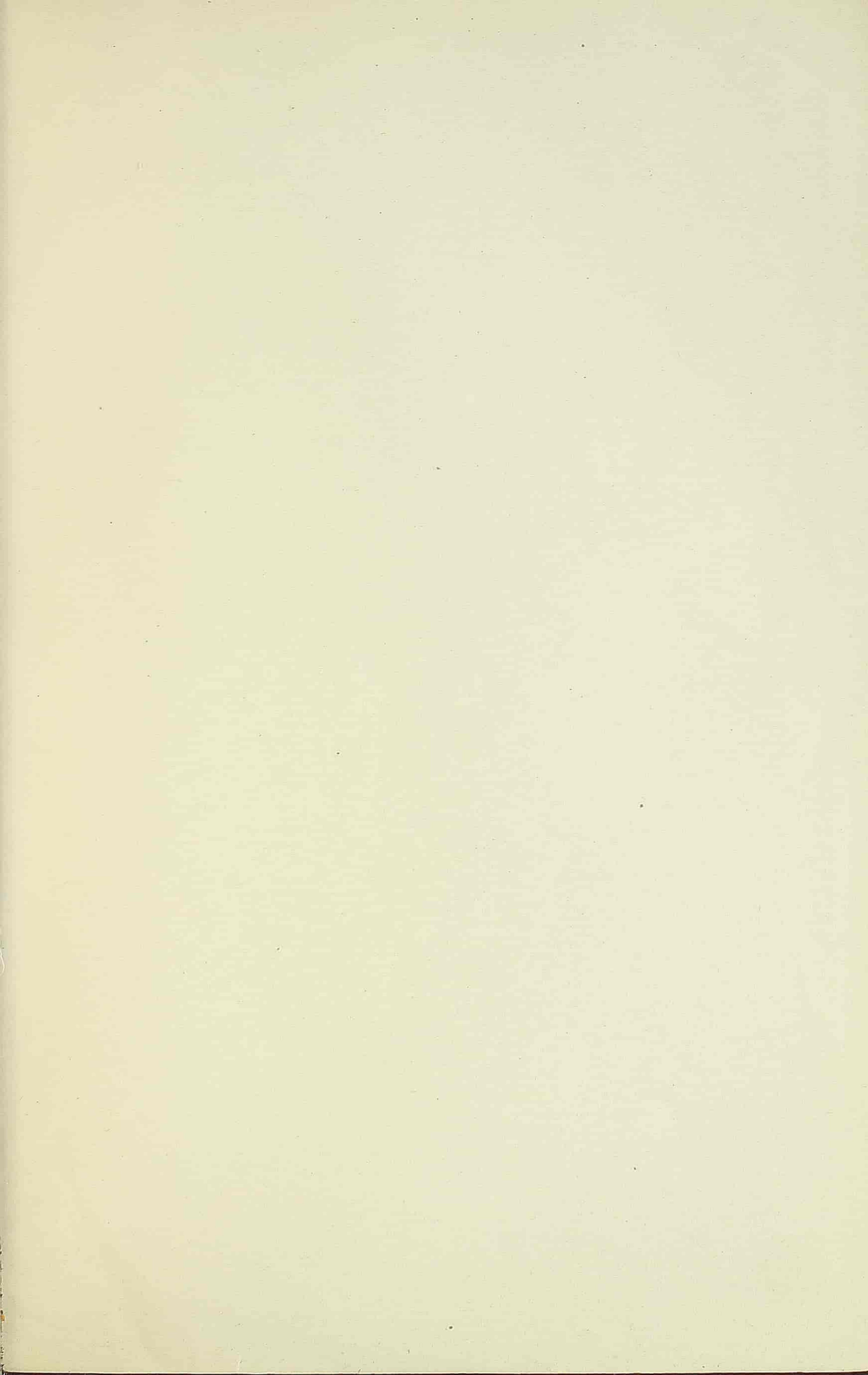
У последње време употребљавају се за добијање челичног лива и електричне пећи. То су у главноме исте пећи, које су раније описане. Услед тога што оне боље одстрани сумпор и фосфор, оне могу да пречисте и нечистији материјал.

САДРЖАЈ

	СТРАНА
Предговор	3
Гвожђе и његово добијање	5
Сирово гвожђе	7
Ковно гвожђе	9
Из историје	16
Добијање сировог гвожђа	47
Висока пећ	59
Електрична висока пећ	87
Производи високе пећи	92
Добијање ковног гвожђа	96
Варено гвожђе	97
Отакано гвожђе	101
Производња спец. и племен. челика	118
Електрично добијање ковног гвожђа	123
Гвоздени ливени туч	130
Челични лив	137

ШТАМПАРСКЕ ГРЕШКЕ

- Стр. 5. у 5 реду одозго стоји молидбен, треба молибден
„ 8. „ 17 „ одоздо стоји забијено, „ добијено.
„ 9. „ 7 „ „ после означава треба додати: steel.
„ 13. у 17 реду одоздо стоји првој, а треба: овој.
„ 28. „ 8 „ одозго стоји Карло Велики, а треба: Карло Мартел.
„ 35. „ 17 „ „ треба цео ред избацити.
„ 40 „ 18 „ одоздо стоји потљиве, а треба: топљиве.
„ 43. „ 5 „ „ „ ваљалице, а треба: ваљавице.
„ 44. „ 6 „ „ „ конвенер, а треба: конвертер.
„ 48. „ 3 „ „ „ овде, а треба: ово.
„ 55. „ 19 „ „ „ лилнит, а треба: лигнит.
„ 57. „ 5 „ одозго „ недигнут, а треба: недирнут.
„ 58. „ 11 „ „ „ камена, а треба: камење.
„ 63. „ 3 „ „ „ гаосве, а треба: гасове.
„ 63. испод слике „ шотксе, а треба: шотске.
„ 75. треба избацити цео 5. ред одоздо.
„ 75. у 8 реду одоздо стоји гасави, а треба: гасови.
„ 97. „ 3 „ одозго „ црвени, а треба: дрвени.
„ 119. испод текста место борит, треба: барит.
„ 134. у 3 реду одозго после теже треба додати хлади.
„ 134. четврти ред треба цео избацити.
„ 135. у 10 реду одоздо стоји врата, а треба: врата, (од врат.)
-





ЦЕНА 50 ДИНАРА