

Металлургия және нанотехнологиялар кафедрасы

Пән: Metallургия өндірісінің технологиясы

Мамандық: 5B070900 «Metallургия»

14-слайд- дәріс=22 сл

**Тақырып:** Ферроқорытпалар өндірісі

Автор: НТМ кафедрасының профессоры, к.т.н.

Исин Д.Қ.

## 14-Дәріс жоспары

1 Ферроқорытпа пештері

2. Кремний қорытпасын өндіру

3. Ферросилицийді өндіруге арналған материалдар

4. Ферросилиций қорыту технологиясы

5. Марганец қорытпаларын өндіру

6. Марганец қорытпаларын өндіруге арналған материалдар

7. Көміртекті ферромарганец өндірісі

## 13-ЛЕК (продолж)

Зауытта жоғары емес қуатты трансформаторлармен сыйымдылығы 5–200 т пештерде балқыту ұзақтығы 3,5–6,5 сағат құрайды. Толтыру ұзақтығы пештің сыйымдылығының өсуі кезінде 15–20 минуттан 35 минутқа дейін артады, толтыру ұзақтығы 5-10 минутқа тең. Балқыту мерзімінің ұзақтығы 1,2-3,0 сағатты құрайды, пеш сыйымдылығын ұлғайту кезінде ұлғаяды және трансформатордың меншікті қуаты ұлғайған кезде азаяды. Тотығу мерзімінің ұзақтығы 0,3–1,2 сағат шегінде өзгереді. Сыйымдылығы 5 – 40 т пеште тотықсыздандыру мерзімінің ұзақтығы 1–1,5 сағатты құрайды; 80–200-тонналы пештерде болмайды немесе үдетілген күйде болады (20 – 40 минут).

Конец электродуг печи

## **14-слайд- дәріс(22сл). Ферроқорытпалар өндірісі**

### **1 Ферроқорытпа пештері**

Ферроқорытпа пеші – ферроқорытпаларды (ферросилицийді, ферромарганецті, феррохромды және басқаларын) айнымалы токтың электр доғасы тудыратын жылу арқылы қорытуға арналған электр пеші. Ферроқорытпалар – бұл темірдің кремниймен, марганецпен, хроммен және болат өндірісінде оның қасиеттерін қоспалау және жақсарту мақсатында қолданылатын басқа элементтермен қорытпалары. Ферроқорытпа пештің басқа да анықтамасы жиі қолданылады: бұл - ферроқорытпаларды қорытуға арналған рудалы-термиялық пеш. Өз кезегінде, рудалы-термиялық (немесе руданы тотықсыздандыру) пеш – металдарды қорытуға және рудалы

материалдардан алынған қорытпаларға арналған электр доғалы пеш. Ферроқорытпа пеш конструкциясы ферроқорытпаларды қорытудың технологиялық: электр-термиялық және металл-термиялық процестерімен анықталады. Ферроқорытпа пештерді жіктеу негізіне МВА-мен өрнектелген пеш трансформаторының қуаты қабылданған. Пештің шартты белгілерінде мынадай ережелер қабылданған: бірінші әріп – қыздыру әдісі; рудалы-термиялық (Р); екінші әріп – ванна пішіні: дөңгелек (К) және тік бұрышты (П); үшінші әрпі – конструкциялық белгісі: ашық (О), герметикалық күмбезбен жабылған (З), жартылай жабық. Мысалы, РКЗ-16,5 пеші жабық күмбезді және 16,5 МВ·А қуатты дөңгелек болып табылады.

Металлургияда рудалы материалдарды қыздыру үшін *рудалы-термиялық* пештерді қолданады. Электр пештерін жіктеуде олар доғалы пештер мен кедергі пештердің арасында аралық орын алады, немесе қыздыру электрод және қыздырылатын материал арасындағы доғалы разряд есебінен де, сондай-ақ Джоуль – Ленц заңы бойынша жылу бөлу нәтижесінде де тоқтың шихта, қорытпа немесе қож арқылы өтуі кезінде жүруі мүмкін. Рудалы материалдарды өңдеудің технологиялық процесіне байланысты *руда қорытушы* (мысалы, қож қорытушы пештер) және *руда тотықсыздандырғыш* (мысалы, ФҚП) рудалы-термиялық пештер (12.1-сурет) болып бөлінеді. Технологиялық процестің энергия сыйымдылығы тотықсыздандырғыш (көміртек, кремний немесе

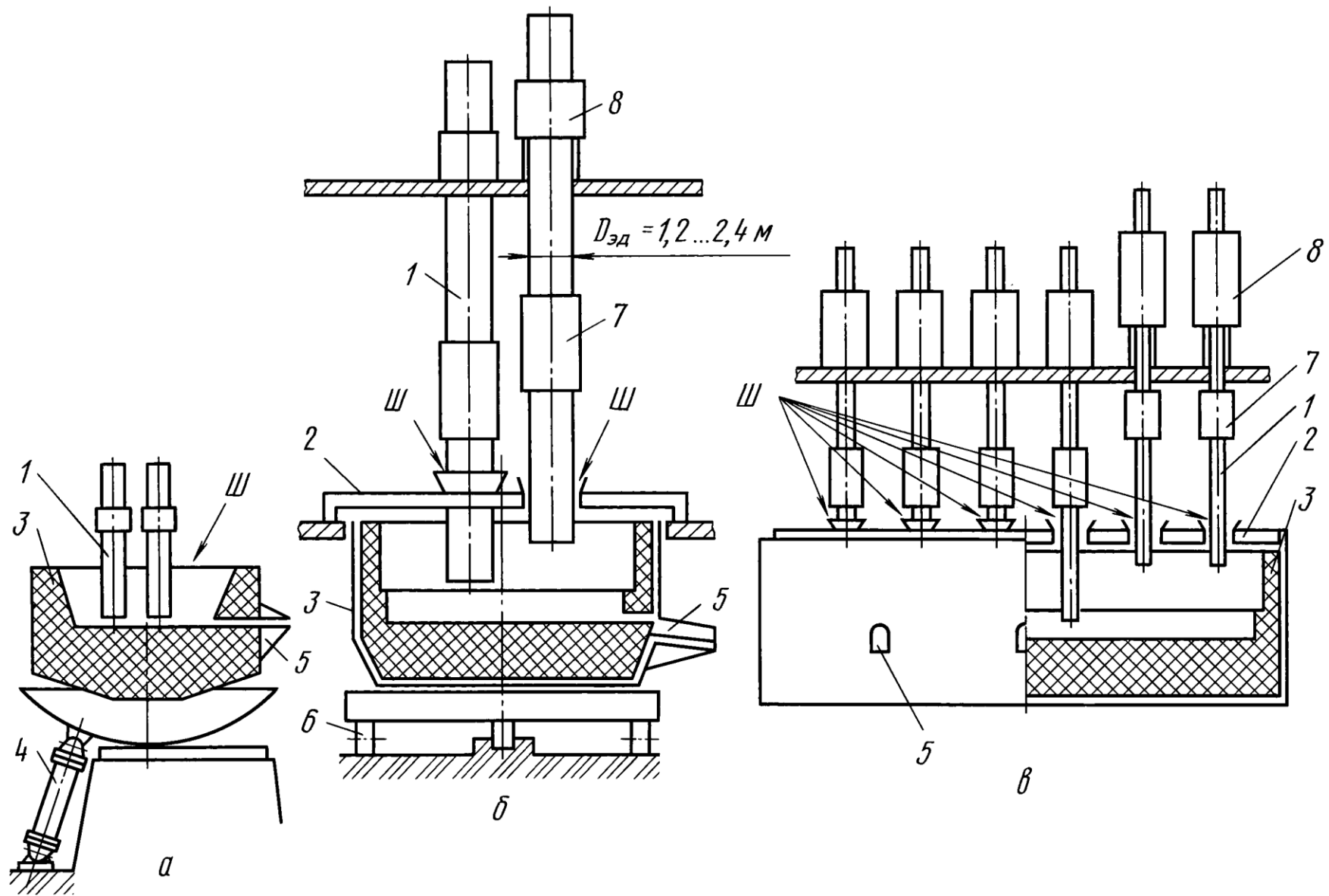
алюминий) типіне байланысты ФҚП жылу және электрлік қуатын анықтайды. 10-100 МВ·А қуатты ФҚП кремний, марганец және хром оксидтерін эндотермиялық карботермиялық тотықсыздандыруға арналған. Бұл – ережеге сай, үздіксіз әрекет етуші пештер. Электродтар шихтаға салынған, оның деңгейін ваннада ФҚП, шихта материалдарын үздіксіз жібере отырып, тұрақты күйде ұстайды. Электрлік жұмыс режимі – «жабық» доға.

а – тазартқыш дөңгелек ашық РКО типті; б – руда тотықсыздандырғыш дөңгелек жабық РКЗ типті; в – тік бұрышты руда тотықсыздандырғыш жабық РПЗ типті; 1 – электродтар;

2 – күмбез; 3 – былау; 4 – көлбеу механизмі; 5 – ағызғыш науа («ағынөзек»); 6 – айналу механизмі; 7 – электрод ұстағыш;

8 – электродтарды жылжыту механизмі; Ш – шихта беру жүйесі

12.1-сурет – Ферроқорытпалар балқыту пешінің сұлбасы





Қуаты аздау (2,5-4,5 МВ·А) ФҚП-ны ферромарганец, феррохром және басқа да ферроқорытпалардың тазартылған сұрыптарын силико- немесе алюминий-термиялық түрде алу үшін қолданады. Осындай тазартылған ФСП периодты түрде, шихтаны толық қорытып жіберу арқылы, ДСП-ға ұқсас «ашық доға» режимінде жұмыс істейді (12.1, *a*-сурет). Көп қожды технологиялық процестер кезінде (қож қорыту пештері, көміртекті ферромарганецті қорыту және басқалар) пештер кедергі режимінде практикалық түрде жұмыс істейді.

## **2. Кремний қорытпасын өндіру**

Ферросилиций, болатты алу кезінде ғана қолданылып қоймай, басқа ферроқорытпаларды өндіру кезінде тотықсыздандырғыш ретінде пайдаланылады. Ферросилиций – темір мен кремнийдің қорытпасы.

Кремний –тығыздығы  $2,40 \text{ г/см}^3$ , қорыту температурасы  $1414 \text{ }^\circ\text{C}$ , қайнау температурасы  $2287 \text{ }^\circ\text{C}$ . Электрлік қасиеттері бойынша кремний жартылай өткізгіш болып табылады. Оттегімен, бірнеше түрленуде:  $\alpha$ - және  $\beta$ -кварц;  $\alpha$ -,  $\beta$ - және  $\gamma$ -тридимит;  $\alpha$ - және  $\beta$ -кристобалит болатын берік химиялық қосылыс – кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ) түзеді. Қорыту температурасы  $\text{SiO}_2$   $1713 \text{ }^\circ\text{C}$  тең. Табиғатта түгел дерлік кремний оттегімен қосылыста, яғни кремнезем түрінде болады. Кремний көптеген металдармен қосылыстар – силицидтер, мысалы темірмен – темір силицийдің:  $\text{Fe}_3\text{Si}$ ,  $\text{Fe}_3\text{Si}_2$ ,  $\text{FeSi}$ ,  $\text{FeSi}_2$  түзеді.  $\text{FeSi}$  анағұрлым берік ( $1410 \text{ }^\circ\text{C}$  қорыту температурасы) болып табылады. Кремний көміртегімен кремний карбидін  $\text{SiC}$  (карборунд деп аталатын) түзеді.

### 3. Ферросилицийді өндіруге арналған материалдар

Ферросилицийді өндіру кезінде шихтаның рудалық бөлігі ретінде кварц, кварцит және халцедон пайдаланады. Кварц кристалл құрылымды минерал (тығыздығы 2,59-2,65 г/см<sup>3</sup>) қоспаларына қарай ақ, сұр немесе қызғылт түсті. Кварцит – кремнезем мөлшерлі затқа бекітілген кварц кристалдары түрінде тау жынысы. Халцедон – түрлі бояуы және кварц сияқты тығыздығы бар талшықты минерал. Ферросилицийді өндіру үшін руда шикізатына қойылатын негізгі талап ондағы кремнеземнің жоғары мөлшері ( $\geq 96\%$ ), қоспалардың минимум қатысуы ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ), жоғары температураларда жеткілікті беріктігі болып табылады. Жүктер алдында кварцитті көлемі 20-80 мм кесектерге ұсақтайды да, түзілетін ұсақ-түйектерді елейді.

Кварциттерді сумен жуу олардағы балшық пен басқа қоспалардың мөлшерін төмендетеді және электр қорытпа көрсеткіштерін жақсартады.

Тотықсыздандырғыш ретінде кокс, ағаш көмір, антрацит қолданады. Сипаттамалар бойынша жақсы тотықсыздандырғыштарға ағаш көмір, пек коксы жатады. Олардың жоғары құндылығы мен тапшылығы кедергі болып табылады. Осы себептері бойынша ағаш көмірді тек кристалл кремний өндіруде қолданады. Тас көмір мен антрацитте жоғары электрлік кедергі және күлдің төмен мөлшері болады, алайда олар қыздыру кезінде жарылады, сондықтан оларды шектеулі түрде және тек басқа тотықсыздандырғыш қоспаларымен ғана қолданады.

Ферросилицийді алу кезінде тотықсыздандырғыш ретінде көбінесе тас-көмірлі кішкене кокс және ірілігі 5-20мм жартылай коксты пайдаланады. Кокс тапшылығы алуан түрлі тотықсыздандырғыштарды қолдануға мәжбүр етеді. Тотықсыздандырғышта жоғары электрлік кедергі және кремний оксидіне қатысты реакциялық қабілеті мен төмен (1-3%) және тұрақты ылғалдылығы болуы керек. Қоңыр, ұзын-жалынды, газды және нашар күйе жентектелетін көмірлерден алынған жартылай коксты пайдалану мақсатты. Кокспен қатар айтарлықтай көлемде жартылай кокс – 700 °С температура кезінде жеткілікті түрде құрамы тұрақты, электр кедергісі жоғары және реакциялық қабілеті жақсы көмірлерді кокстау өнімін қолданады. Темірдің ферросилицийдегі қажетті мөлшері, түрлі-түсті.

металдар мен қоспаланған элементтер қоспасынан тазартылған, жеткілікті түрде габаритті және онша тоттанбаған көміртекті болаттардың жоңқаларын қолданумен қамтамасыз етіледі Қоспаланған элементтер (хром, никель, марганец және басқалары) және фосфор ферросилицийге толық ауысады, сондықтан қоспаланған және шойын жоңқасын (фосфор мөлшері көп) ферросилиций өндірісінде пайдалануға рұқсат етілмейді. Кристалл кремний өндірісі үшін қолданылатын шикізатқа қойылатын талаптар айтарлықтай жоғары.

#### **4. Ферросилиций қорыту технологиясы**

Ферросилицийді қуаты 22,5-63 МВ·А руда тотықсыздандырғыш пештерде қорытады. Стандарт кварциттің екі – КФ және КШ маркасын қарастырады.

КФ кварциті көбінесе ферроқорытпалар өндірісі үшін қолданылады (ферросилиций, силикокальций, кристалл кремний, силикомарганец, ферросиликохром және басқалары). КШ кварциті ең алдымен белгілі құрамдағы қожды алуға арналған. Кварцит кесектерінің мөлшері <25мм 7% аспайтын, өлшемі 80-100 мм пеш табан пішінді мөлшері ≤15% болуына жол беріледі. Металдық құраушы ретінде бөгде қоспалардың шағын мөлшері бар көміртекті қоспаланбаған болаттардың жоңқасы пайдаланылады, орам ұзындығы < 50 мм. Ферросилицийді жабық (ФС20, ФС25, ФС45 және ФС65) және ашық (ФС75, ФС90, ФС92) руда тотықсыздандырғыш электр пештерінде үздіксіз тәсілмен жүргізеді.

## 5. Марганец қорытпаларын өндіру

Темірдің марганецпен қорытпасын ферромарганец деп атайды. Көміртектің мөлшеріне байланысты ферромарганец төмен, орташа және жоғары көміртекті болып бөлінеді. Марганецтің кремниймен және темірмен қорытпасын силикомарганец деп атайды. Ферромарганец пен силикомарганецті металды қышқылдандыру және қоспалау үшін болатты қорыту кезінде қолданады. Жекелеген жағдайларда металл марганецті қолданады. Марганец – Менделеевтің периодтық жүйесінде VII топ элементі; күмістей ақ түсті металл; атомдық массасы 54,93 г; тығыздығы 7,3 г/см<sup>3</sup>; балқу температурасы 1244<sup>0</sup>С; қайнау температурасы 2150<sup>0</sup>С. Марганец оттегімен MnO<sub>2</sub>, Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, MnO оксидтерінің қатарын түзеді.



Қыздырған кезде жоғарғы оксидтер, төменгілерге айнала отырып, оттегі бөледі.

Сонымен 430 °С-дан жоғары ауада қыздырған кезде  $MnO_2$  -  $Mn_2O_3$ -ке, ал 930 °С-дан жоғары қыздырған кезде  $Mn_3O_4$  айналады. Темір мен марганец сұйық күйінде толық өзара ерігіш, олар химиялық қосылыстар түзбейді. 75-78% Mn мөлшері бар темір қорытпасы оңай ерігіш, олардың қорытылу температурасы -1380 °С.

## **6. Марганец қорытпаларын өндіруге арналған материалдар**

Марганец минералдардың үлкен көлеміне қатысады, бірақ тек: браунит  $Mn_2O_3$ ,  $Mn_3O_4$  гаусманит,  $MnO_2$  пиролюзит,  $MnO \cdot OH$  манганит,  $MnO \cdot kMnO_2 \cdot nH_2O$  псиломелан,  $MnCO_3$  родохрозитте ғана өнеркәсіптік мән бар.

## 7. Көміртекті ферромарганец өндірісі

Көміртекті ферромарганецті қуаты 63 МВ·А дейін болатын ашық және жабық электр пештерінде көмірлік шегендеу арқылы қорытады. Айналатын қаптамасы бар дөңгелек және қаптамасы кері қимылмен жылжитын тік бұрышты пештерді пайдаланады. Қорытуды 110-160 В электродтардағы кернеу кезінде жүргізеді. Жоғары кернеуде электродтардың шихтаға түсіру тереңдігі азаяды, марганецтің булануға кететін шығыны ұлғаяды, қорыту аймағы қатты қызады және марганецті тотықсыздандыру процесі қиындайды. Көміртекті ферромарганецті екі – флюсті және флюссіз тәсілмен қорытады, олардың бірқатар басымдықтары бар: марганецті рудадан анағұрлым жоғары алу, пештердің жоғары өнімділігі, қорытпада фосфордың анағұрлым төмен мөлшері.

Кремнеземнің жоғары көлемі болатын кедей марганец рудаларын тек флюстік тәсілмен көміртекті ферромарганецке қайта өңдейді. Қорытпаны сауыт қалыптарға немесе конвейер типті бөліп құйғыш машинамен бөліп құяды. Сауыт қалыптарды пеш науасының астына каскад түрінде орнатады.

Көміртекті ферромарганецті, олардан темір мен фосфорды селективті түрде тотықсыздандыру және одан әрі темірсіз төмен фосфорлы қождан алынған марганецтің тауарлық қорытпаларын қорыту арқылы төмен сұрыпты рудалар мен концентраттардан (балқытудың флюстік әдісі) өндірудің технологиялық процестері жасалды. Процестің бірінші кезеңінде алынған фосфорлы шойынды негізгі конвертерде оттегімен үрлей отырып, болатқа қайта өңдейді. Төмен

сұрыпты марганец рудалары мен концентраттарын болат пен жоғары сапалы марганец қорытпаларын ала отырып, қайта өңдеудің кешенді технологиясы тиімді болып табылады. Жоғары көміртекті ферромарганецті қорыту үшін флюстік әдісті және РПЗ-63М2 пешін пайдаланады.

**12.6 Ферроқорытпаларды құю және бөлу тәсілдері.** Қазіргі кезде ферроқорытпа өндірісінің практикасында бөліп құюдың келесі тәсілдері кеңінен қолданыс тапты: түрлі типтегі құю машиналарында, стационарлық сауыт қалыптарға, «қорытпаға қорытпа» әдісімен еден үсті сауыт қалыптарына қабаттап құю. Ферроқорытпаларды конвейерлік машиналарда құю анағұрлым перспективалы тәсіл болып саналады.

Олар ферросилицийді, силикомарганецті, көміртекті ферромарганецті және кейде көміртекті феррохромды құю үшін қолданылады.

Осыған орай механикалау және еңбек өнімділігі айтарлықтай артады, оның құю аралағында жағдайы жақсарады, себебі қорытпаларды кранның көмегімен емес, герметикаланған камераларға орнатылған арнайы гидравликалық аударғыштармен құяды. *Ферроқорытпа цехтардың құю аралығы* пеш аралығынан металл мен қожды қабылдауға, олардың алғашқы өңделуіне, қорытпаны құю және оны дайын өнім қоймасына жіберуге, құю ыдыстарын дайындау және пештерге жеткізуге, ыдысқа ағымдағы жөндеу жүргізуге, балқыту корпусының жабдықтарын

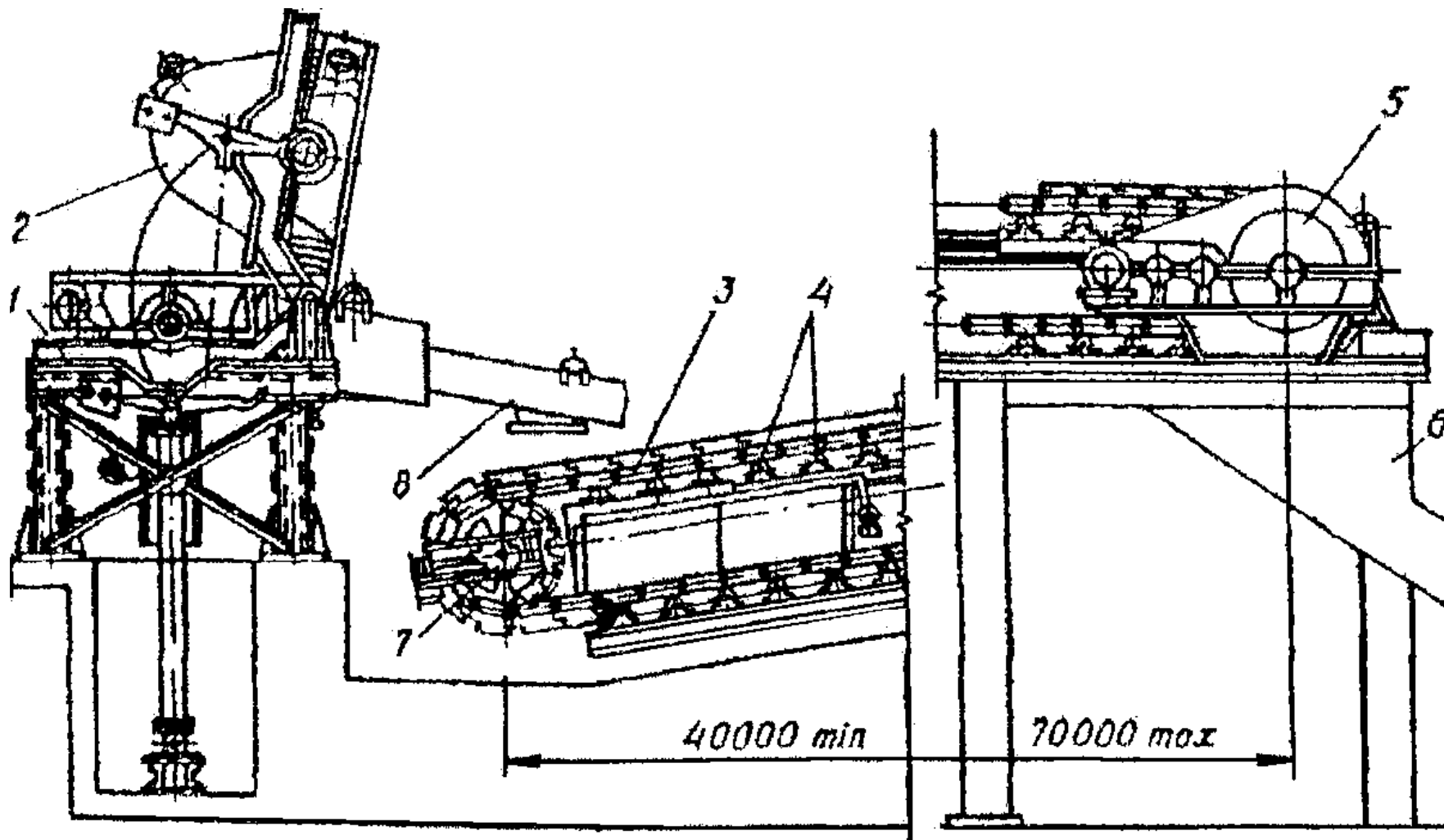
қалыпты пайдалану үшін қажетті материалдар мен ауыстыру жабдықтарын қабылдауға арналған.

Жаңа заманғы ферроқорытпа цехтарының құю аралықтарының кеңдігі 24; 27; 30 және 36 м тең деп алынады. Аралық кеңдігі жабдықпен толықтырылуына, қорытпамен және қожбен жүргізілетін технологиялық операциялар санына, құю ыдысының саны мен көлеміне байланысты.

Жаңа заманғы цехтарда ферроқорытпаларды құю үшін конвейерлік құю машиналары пайдаланылады (12.3-сурет). Машина келесі негізгі түйіндерден: 2 шөміші мен 8 науасы бар 1 жиектелген құрылғыдан; 5 жетек станциясының 4 тірек роликтері бар 5 конвейер тізбегінен; 7 тарту станциясының ағысынан;

сауыт қалыптардың ішкі бетін ізбес ерітіндісімен жабуға көмектесетін бүріккіштен; кесектерді суытуға және газды сорып алуға арналған құрылғыдан тұрады.

Машинаның жиектелген құрылғысы құю аралығында, ал жетек станциясы бар машинаның бас жағы, суытылған кесектер ағыс бойымен қораптарға лақтырылатын дайын өнім қоймасында орналасқан. Кесектердің суу жылдамдығы қорытпа маркасына байланысты, сондықтан құю машиналарының конвейерлері түрлі жылдамдықтармен қозғалады. Ресей Федерациясының ферроқорытпа цехтарында ұзындығы 40 және 70 м бір немесе екі лентасы бар конвейерлік машиналар орнатылған. Шетел цехтарында конвейерлік-арбашалы құю машиналарын орнатады. Құю кран ілгегіне ілінген шөміштен тереңдігі 80 мм сауыт қалыптарға құйылады, бүрку графит эмульсиясымен жүргізіледі



12.3-сурет – Ферроқорытпаларды құюға арналған  
конвейер машинасы



### **Бақылау сұрақтары:**

1. Ферроқорытпа пешіне анықтама беру.
2. Ферроқорытпалардың қолданылуы мақсаты.
3. Ферроқорытпа пештің шартты белгілерінде қандай ережелер қабылданған?
4. Ферросилицийді өндіру кезінде пайдаланатын материалдар және шикізатына қойылатын негізгі талаптар.
5. Ферромарганец пен силикомарганецке анықтама беру және олардың қолданылу мақсаты.
6. Марганец қорытпаларын өндіруге арналған материалдар және көміртекті ферромарганецті қорыту әдістері.

### **Үй тапсырмасы:**

- 1.. Қоспаланған болатты жіктеу
2. Болаттың тереңдік қышқылсыздануы