

**ТАЖИЕВ ЕЛЕУСИЗ БОЛАТОВИЧТЫҢ**  
6D070900 - «Металлургия» мамандығы бойынша  
философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін ұсынылған  
**«МЕТАЛДАРДЫ ТІКЕЛЕЙ РЕДУКЦИЯЛАУ НЕГІЗІНДЕ**  
**МЕТАЛҚҰРАМДЫ ҚАЛДЫҚТАРДАН ТЕМІР-МАРГАНЕЦ-ХРОМДЫ**  
**ҚОРЫТПАЛАРДЫ АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАҚТАУ»**  
тақырыбындағы диссертациялық жұмысының  
**АҢДАТПАСЫ**

**Шешілетін ғылыми немесе ғылыми-технологиялық мәселенің заманауи күйін бағалау.** Республикада ферроқорытпа зауыттарының негізгі көзі болып табылатын марганец және хром кенінің қоры мен өндірісі бойынша Қазақстан Еуразиялық одақта көшбасшы орынды алып отыр. Марганец кенінің негізінде Жәйрем, хром кенінде – Ақтөбе облысында орналасқан Дөң кен байыту комбинаты жұмыс істейді.

Марганец және/немесе хром кенінің ірі фракциясы мен кокстан жасалған шихтамен жұмыс істейтін ферроқорытпа зауыттарында шикізат дайындау үшін, біріншілей кен тұндырумен байытылады және ұсақ фракцияның бөлінуімен сұрыпталады. Мұндай өңдеу нәтижесінде өлшемі 5-10 мм төменұсақ фракциялар қалдықтары түзіледі, олар өңдеудің негізгі технологиялық тізбегінен шығарылады және үйінділерде жиналады.

Қазіргі уақытта марганец және хром кенінің жиналған майда қалдықтарының көлемі ауданның экологиялық қауіпсіздік деңгейін анықтайтын масштабқа дейін ұлғаюда. Технологиялық тұрғыдан, үйіндіде жиналған марганец және хром қалдықтарының құрамында бағалы металдардың, оның ішінде марганец және хромның жеткілікті жоғары концентрациясы кездеседі, бұл оларды бөліп алудың экономикалық тиімділігін анықтайды. Жиналған қалдықтарда кездесетін темір, марганец пен хромның балансы бойынша оларды металлургиялық өңдеуге технологиялық дайындау және жоғары құн қосылған темірмарганец пен темірхром қорытпаларын шығару бойынша қосымша өндірісті ұйымдастыру мүмкіндіктері қарастырылуда. Өңдеуге балластық, кондициялық емес қалдықтардың енгізілуі, олардан сапалы тауарлы өнімнің алынуы келешекте еліміздің экономикалық қажеттіліктері, сонымен қатар экспорт үшін де пайдаланылуы мүмкін. Қойылған міндеттің шешілуі аталған қалдықтарды өңдеудің тиімділігі жоғары технологиясын құруға бағытталған кешенді зерттеулердің жүргізілуін талап етеді.

**Тақырыпты жасақтаудың негіздемесі және бастапқы деректері.** Қазіргі уақытта біріншілей марганец (Жәйрем КБК) және хром кенін (Дөң КБК) байытудан жиналған кондициялық емес ұсақ қалдықтардың қосынды көлемі шамамен миллион тонна құрайды. Бұл қалдықтарда марганец пен хромның жеткілікті жоғары концентрациясы, аталған металдарды қосымша бөліп алу мақсатымен оларды өңдеу технологиясын ұйымдастыру үшін қолдануға болады және жарамды. Дәстүрлі технологияның техникалық шарттары үшін олардың өңделуін кесектеу және негізгі технологиялық тізбекке қайтару арқылы жүзеге асыруға болады. Мысалы, марганец кенінің ұсақ қалдықтарын кесектеуді агломерациялық күйдіру арқылы жүргізуге болады, алайда бұл энергошығыны

жеткілікті жоғары технология болып келеді. Берілген тәсілдемені хром қалдықтарына қолдануға болмайды, себебі оларды жұмсару (пісіру) температурасы 2000 °С жоғары болып келеді.

Екінші мүмкін болатын шешім, металдарды бөліп алу үшін ұсақ фракцияның тікелей балқуын қамтитын пирометаллургиялық тәсіл, алайда бұл шешім дәстүрлі кен-термиялық процеске ұқсас мүлдем жаңа технологияның жасалауын талап етеді.

Ферроқорытпа зауыттарында дәстүрлі технологиялардың негізі электртермиялық пештер болып табылады, мұнда тек кесекті және/немесе кесектелген кен материалдарын балқытады. Ферромарганец балқытып шығару үшін қажетті электрқуатының шығыны 5000 кВт/т жетеді, ал феррохром балқыту үшін – 9000 кВт/т дейін. Балқытудың бастапқы шихтасы кесектелген шикізаттан, металлургиялық кокс пен шлактүзуші флюстерден тұрады.

Қолданыстағы технологияның ерекшелігі мен кемшіліктері, ферромарганец пен феррохромды редуциялап балқыту процесінің 100%-дық электрэнергия шығынмен жүзеге асырылуы болып келеді, бұл процесті қатты қымбаттатады. Кокс тек редуциялау реагенті және балқымалар мен бөлінетін газдарды сүзу үшін саптама ретінде пайдаланылады. Мұндай жүйеде кокстың қатты көміртегісімен кеннен металды редуциялау, олардың арасында реакциялық жанасу бетінің шектеулі болуына байланысты, қаттыфазалы күйде айтарлықтай өте алмайды. Металдар редуциясы шихтаның кенді бөлігінің балқу сәтінен, яғни 1250-1350 °С жоғары температурада басталады, мұнда металл тотықтарының балқымалары кокс кесектерінің бетінен ағып өтеді. Бұл электрқуатының ауқымды бөлігі шихтаның берілген температураға дейін қыздырылуына шығындалатынын көрсетеді. Бұл кезде металдардың редуциялау процестері айтарлықтай тежелген және металл тотықтарының кокспен өзара әрекеттесуі жүрмейді.

Жоғарыда аталған кемшіліктер ескерілген және жасақталған технологияда жойылған.

### **Ғылыми-зерттеу жұмысын жүргізу қажеттілігін негіздеу**

Бір жағынан, марганец пен хром мөлшері жоғары болатын, марганец пен хром кенін байытудың ұсақ фракцияларын өңдеудің тиімді технологиясының жоқ болуы, және екінші жағынан олардың геометриялық прогрессияда жиналуы жаңа технологияның жасақталу қажеттілігін тудырады. Диссертациялық жұмыста орындалған ғылыми зерттеулер, бағалы металдарды бөліп алу үшін қосымша шикізат көзі ретінде пайдаланылатын жиналған ұсақ марганец және хром қалдықтарын металлургиялық өңдеу технологиясын жасауға бағытталған теориялық және тәжірибелік міндеттер шешімінің кең спектрін қамтиды.

Жаңа бағыттар мен берілген бағыт бойынша ғылыми әдебиетте жарияланған теориялық тәсілдемелер мен шешімдерді егжей-тегжейлі талдау негізінде, бағалы легірлеуші металдар – марганец және хром тотықтары кездесетін, ұсақ қалдықтарды өңдеудің жаңа технологиясын жасақтау мүмкіндігінің технологиялық шарттары орнатылды.

Марганецтің төменгі тотықтары (MnO) мен хромның тұрақты тотықтары (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) жоғары химиялық беріктігіне ие және тек қана қатты көміртегімен 1200-1400 °С жоғары температурада редуциялануы мүмкін. Алайда берілген

тотықтар, дәстүрлі технологияда пайдаланылатын сұйық фазалы жүйемен салыстырғанда, жаңа теориялық қағидаға сәйкес, дисперсті күйде қатты көміртегімен әрекеттесудің аса жоғары активтілігіне ие болады. Темір, марганец және хром тотықтарын қатты көміртегімен қатты фазада редуциялау механизмінің қолданылуы жоғарыда аталған қалдықтарды тиімді өңдеудің және болат легірілеу үшін бағалы функционалды қорытпалар өндірісін ұйымдастырудың жаңа технологиялық мүмкіндіктерін ашады.

### **Жасақтаманың жоспарланып отырған ғылыми-техникалық деңгейі, патенттік зерттеулер жөнінде мағлұматтар және қорытындылар**

Жасалған технологияның ғылыми-техникалық деңгейі теориялық білімнің жаңа жетістіктерін пайдаланумен анықталады және қаттыфазалы дисперсті және ультрадисперсті жүйеде қиын редуцияланатын марганец пен хром тотықтарын көміртегімен тікелей редуциялау механизмін жүзеге асыруға негізделеді. Жаңа технологияның мәні, дисперсті және ультрадисперсті компоненттерден, сәйкес металдар тотықтарын және бөлініп алынатын металдар редуциясы үшін қажетті қатты көміртегінің стехиометриялық мөлшерін қамтитын кешенді жүйелер қалыптасады. Мұндай механизмді жүзеге асыру және процестің орнатылған технологиялық режимдері алғаш рет дүниежүзілік тәжірибеде кондициялық өнеркәсіптік қалдықтардан сапалы темір-марганец, темір-хром және комбинирленген темір-марганец-хром қорытпаларының үлгілерін алуға мүмкіндік берді.

Жасалған технологияның ғылыми жаңалығы және тәжірибелік құндылығы механо-активтендірілген кешенді жүйені дайындау және өңдеу болып келеді, мұнда барлық өзара әрекеттесуші элементтер қатаң пропорционалды қатынаста болады.

Әлемдік деңгейдегі патенттік зерттеулер мен 20 жылдық тереңдігі бар Қазақстанның инновациялық патенттерін талдау көрсетуі бойынша, жасалған технологияның аналогтары жоқ және бірқатар теориялық, тәжірибелік артықшылықтарына ие: металдардың- темір, марганец пен хромның олардың тотықтарының химиялық беріктілігіне және жүйені қыздыру температурасына тәуелді қатты фазада редуциялаудың кинетикалық заңдылығы алғаш рет орнатылды; механо-активтендірілген кешенді жүйе болып келетін шихтадан металдардың тікелей редуциясын зерттеу нәтижелері жалпы процесс барысын реттеу мүмкіндігін көрсетеді. Дайындалған шихтада редуциялау процесі қатты фазалы күйде 600 °С температурадан басталатыны орнатылды, ал қолданыстағы технология бойынша электртермиялық пештерде редуциялау процесі сұйық фазада, материал балқығаннан кейін жүреді және 1250 °С температурада басталады.

Шихта ретінде механо-активтендірілген кешенді жүйенің пайдаланылуы әрбір металл редуциясының кинетикалық заңдылықтарын температураға тәуелді келесі көрсеткіштер бойынша орнатуға мүмкіндік береді:

– шихтадан темір – 0,98; марганец – 0,75-0,80; хромды – 0,8-0,85 редуциялау және бөліп алу коэффициенті;

– берілген массалық қатынаспен қалдықтардан шихта материалдарын дайындау арқылы балқытылатын қорытпалар құрамын реттеу мүмкіндігі.

**Диссертацияның метрологиялық қамтамасыз етілуі туралы мәліметтер.** Зерттеу жұмыстарын жүргізу кезінде метрологиялық қамтамасыз ету Қазақстан Республикасының Мемлекеттік стандарты органдарымен тексерілген сертификатталған әдістемелерді, өлшеу құралдарын, жабдықтар мен аспаптарды пайдалана отырып орындалған қазіргі заманғы физика-химиялық талдау әдістерінің болуымен анықталды.

### **Тақырып өзектілігі**

Қазақстанда танымал теміркені шикізатының кенорындарымен қатар марганец және хром кенінің ірі кенорындары орналасқан. Алынатын марганец және хром кендерінің негізінде Қазақстанда ферромарганец пен феррохром өндірісінің ірі өнеркәсіптік кешендері жұмыс істейді. Әлемдік тәжірибеде ферроқорытпалар өндіру технологиясы кесекті сұрыпталған кенді кокспен бірге балқытуға негізделген, оны негізінен электртермиялық пештерде жүргізеді. Кен сұрыптау қағидасы бойынша Жәйрем (марганец шикізаты) және Дөң КБК-да (хром шикізаты) электрпешінде балқытуға шихта дайындау жүзеге асырылады. Ірі кесекті кендер ферроқорытпа зауыттарына жіберіледі, ал марганец пен хром кенінің майда ұсақтары үйіндіде жиналады. Дәстүрлі технология бойынша ферроқорытпалар өндірісінде осы майда қалдықтардың пайдаланылуы аса қиындатылған. Бұл, техникалық шарттар бойынша, олардан алдымен агломерация немесе жентектер өндірісі арқылы тотықты кесектелген материалдар алынуы қажет. Бұл ауқымды материалдық және энергетикалық шығындарды талап етеді.

Жоғары техника-экономикалық көрсеткіштерді қамтамасыз ететін майда қалдықтарды тікелей металлургиялық өндеудің жаңа технологиясын жасау, өзекті мәселе болып табылады, және ол шешілуі қажет.

**Тақырыптың жаңалығы** металдарды тікелей редуциялау негізінде кондициялық емес ұсақ материалдардан (хром, марганец және темір кені) ферромарганец, феррохром және кешенді хром-марганец қорытпасын алу технологиясын жасақтау.

### **Диссертациялық жұмыстың ғылыми жаңалығы:**

– температураға және металл тотықтары мен қатты көміртегі арасында реакциялық жанасу бетінің өлшеміне тәуелді, металдарды қатты көміртегімен редуциялау кинетикасын қамтамасыз етуде техникалық шарттардың шешуші ролі орнатылды. Мұндай техникалық шарттар дисперсті көмір-кенді шихтадан көмір-кенді жентектерді дайындаудың ұйымдастырылуымен қамтылған;

– алғаш рет, оттегімен химиялық байланысының беріктігіне тәуелді әрбір металл тотықтарының реттік фазалық түрленулерінің ескерілуімен күрделі көпкомпонентті жүйеден темір, марганец пен хромның тікелей редуциясының кинетикалық заңдылықтары орнатылды;

– алғаш рет, беріктігі мен металға дейін фазалық түрленулеріне тәуелді тотықтар редуциясына қажетті қатты көміртегінің меншікті шығынын анықтаудың детерминирленген тәсілі енгізілді, бұл көміртегі шығынын үнемдеуге, сонымен қатар металдың көміртектенуінсіз берілген құрамда балқымалардың тікелей алынуын қамтамасыз етеді;

– алғаш рет, кокс пен электртермиялық пештердің қолданылуынсыз құрамында тотық пен көміртегі болатын шихтадан марганец пен хром

қорытпаларын алу процесі жүзеге асырылды, бұл электрқуатының ауқымды үнемделуін қамтамасыз етеді.

### **Жұмыстың өзге ғылыми-зерттеу жұмыстарымен байланысы**

Диссертациялық жұмыс, Қазақстан Республикасының Білім және ғылым Министрлігімен қаржыландырылатын «Табиғи ресурстарды тиімді пайдалану, шикізатты өңдеу және өнімдер» басым бағыты бойынша «Ғылыми зерттеулерді гранттық қаржыландыру» бағдарламасының аясында «Металдардың тікелей редуциясын ғылыми зерттеу және жиналған өнеркәсіптік қалдықтардан жаңа марганец-хромқұрамды қорытпалар алу технологиясын жасау» тақырыбына жоба бойынша орындалған (ҒЗЖ №2210/ГФ4,12.02.2015ж. №74 келісім шарт, 2015-2017 жылдар).

**Зерттеу мақсаты** қалдықтардан ферромарганец және феррохром үлгілерін алу және жоғары техника-экономикалық көрсеткіштерді қамтамасыз ететін технология жасау, сонымен қатар қозғалмайтын қалдықтардың балластық қорын тауарлы өнімге түрлендіру.

**Зерттеу нысаны** – Жәйрем КБК марганец кенін және Дөң КБК хром кенін байытудан жиналған ұсақ қалдықтар.

### **Зерттеу мәні**

Марганец және хром кенінің майда қалдықтары негізінде шихта және көмірқұрамды редуциялау реагенті, 600-1000 °С шегінде жүйенің режимдік қызуы кезінде көмір-кенді жентектерден темірді тікелей редуциялау кинетикасы; 1200-1500 °С температура аймағында марганец пен хромды тікелей редуциялау кинетикасы; металданған өнімдерді редуциялап балқыту; ферромарганец пен феррохром балқымаларының құрамы мен сапалық көрсеткіштері.

**Зерттеу міндеттері, ғылыми зерттеу жұмысын орындауда олардың орны:**

– Жәйрем КБК марганец кенін байыту және Дөң КБК хром кенін байытудың майда қалдықтарының таныстырмалы сынамаларын алу, олардың химиялық және минералогиялық құрамын кешенді зерттеу;

– температураға және металл тотықтары мен қатты көміртегі арасында реакциялық жанасу бетінің өлшеміне тәуелді, металдарды қатты көміртегімен редуциялау кинетикасын қамтамасыз етудің техникалық шарттарын анықтау;

– темір, марганец пен хромның тотықтарынан көміртегімен тікелей редуциясына көміртегіқұрамды редуциялау реагенті шығынының әсерін анықтау;

– көмір-кенді жентектердің алынуымен механо-активтендірілген кешенді көмір-кенді шихтасын күйдірудің оңтайлы көрсеткіштерін анықтау;

– металданған жентектер үлгілерінің алынуын қамтамасыз ететін көмір-кенді жентектерді күйдірудің технологиялық режимдерін таңдау және негіздеу;

– нормаланған көміртегі мөлшерімен ферромарганец пен феррохром алынуын қамтамасыз ететін, металданған жентектерді редуциялап балқытудың оңтайлы технологиялық көрсеткіштерін орнату;

– кешенді марганец-хромқұрамды ферроқорытпа алу үшін шихтада марганец пен хром қалдықтарының оңтайлы сандық қатынасын анықтау.

## **Әдістемелік база**

Кешенді темір кені шикізатын дайындау үшін стандарттық 75Т-ДР дірілді диірмені пайдаланылды.

Тотықтардан металдарды күйдіру және тікелей редуциялау процестері, бақылау тексерістен өткен термопаралардың ПП және электронды потенциометрдің КСП-2 пайдаланылуымен, стандартты СУОЛ-044/12-М2-У42, РНТС 80-230/15 пештерінде және жоғары температуралық Тамман пешінде жүзеге асырылды.

Тәжірибелік зерттеулер нәтижесінде алынған қатты және сұйық өнімдердің жай-күйі мен сапасы қазіргі заманғы дәлдігі жоғары аппараттарда мұқият талдау арқылы жүзеге асырылды: Spectrolab JrCCD үстел үсті оптикалық эмиссиялық спектрометр және JSM 5910 электрондық микроскоп. Бастапқы үлгілер мен көміртеқұрамды материалдар массасы МЕСТ 24104-88 сәйкес Shimadzu ELB 1200 электрондық таразыларында анықталды. Химиялық және минералогиялық құрамды анықтау үшін МЕСТ 18895-97 сәйкес спектрометриялық талдау әдісінің сертификатталған әдістері мен аппараттары қолданылды.

## **Қорғауға шығарылатын қағидалар**

– көмір-кенді жентектер түрінде кешенді шихта жасау арқылы майда марганец және хром қалдықтарын металлургиялық өңдеуге дайындау әдістемесі;

– редуциялау-балқыту процестерін ұйымдастыру үшін моношихта құрамын таңдау және негіздеу;

– металданған жентектердің алынуымен көмір-кенді жентектерді редуциялап күйдіру нәтижелері;

– химиялық құрамы бойынша стандартты ферроқорытпаларға сәйкес келетін, металдың көміртектенуінсіз феррохром және ферромарганец үлгілерінің алынуымен металданған жентектерді редуциялап балқыту нәтижелері.

## **Диссертацияның тәжірибелік маңыздылығы**

Марганец пен хром кендерін байыту процестерінің ұсақ фракциялы шикізатын және өнеркәсіптің кондициялық емес жинақталған қалдықтарын өңдеп, бағалы металдарды жоғары дәрежеде тауарлы өнім – феррохром, ферромарганец және кешенді хром-марганецті қорытпаларын бөліп алатын жаңа технология жасақталды.

Технологияның пайдаланылуы қымбат тұратын кокс пен электрпештерінің қолданылуын жояды, бұл энергия және материалдық шығындарды ауқымды төмендетеді. Өңдеуге өнеркәсіптік қалдықтардың енгізілуі аймақта экологиялық ахуалды жақсартады және байытудың ұсақ фракциялы қалдықтарын сақтау үшін пайдаланылатын ауқымды жер ауданын босатуға мүмкіндік береді.

**Жұмыстың апробациясы.** Диссертациялық жұмыстың негізгі қағидалары мен нәтижелері 4 халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияларда сыналды:

– International Conference «**Scientific research of the SCO countries: synergy and integration**» (June 14-15, 2018.) Part 1: Participants reports in English – Beijing, China: Minzu University of China, 2018;

– «**Ғылым - білім - өндіріс: Тәжірибе және даму болашағы**»: XIV Халықаралық ғылыми-техникалық конференция материалдары. (8-9 ақпан, 2018

ж.): 2 томдық. Том. 1; Ресей Федерациясының Білім және ғылым министрлігі; ФГАОУ ВО «Ресейдің Тұңғыш Президенті Б.Н. Ельцин атындағы ОрФУ», Нижний Тагил. технол. институты (фил.) - Нижний Тагил: НТИ (филиал) ОрФУ, 2018 жыл;

– **«Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации»** (Сағынов оқулары №10) Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясы. 14–15 маусым 2018 жыл, Қарағанды қ.;

– **«Индустрия 4.0 шарттарында минералды және техногенді шикізатты тиімді пайдалану»** Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясы, 14-15 наурыз 2019 жыл, Алматы қ.

**Жарияланымдар.** Диссертациялық жұмыстың нәтижелері бойынша 10 баспа жұмысы жарияланды, оның ішінде Scopus деректер базасына кіретін журналда 1 мақала, Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті ұсынған журналдарда 4 мақала, 4 тезис докладтар, 1 ҚР патенті алынды.

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі.** Диссертация кіріспеден, 6 бөлімнен, қорытынды мен қосымшалардан тұрады. Жұмыс машиналы жазбамен 118 бетте баяндалған, 34 кестеден, 15 суреттен тұрады. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 74 атауды қамтиды.