**ҚАЗАҚCТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ**

**БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**

**РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**«Қарағанды мемлекеттік индустриялық университеті»**

**республикалық мемлекеттік кәсіпорны**

**Республиканское государственное предприятие**

**«Карагандинский государственный индустриальный университет»**

****

**6D070900 - МЕТАЛЛУРГИЯ**

**мамандығы бойынша типтік оқу бағдарламалары**

**ДОКТОРАНТУРА**

**Типовые учебные программы по специальности**

**6D070900 МЕТАЛЛУРГИЯ**

**Теміртау 2016**

**Алғы сөз**

**1 6D070900 Металлургия** мамандығы бойынша «Қарағанды мемлекеттік индустриалды университеті» республикалық мемелекеттік кәсіпорын **ӘЗІРЛЕГЕН ЖӘНЕ ҰСЫНҒАН**

2 Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің **2016 жылғы 30 маусым**  бұйрығымен **БЕКІТІЛДІ ЖӘНЕ ІСКЕ ҚОСЫЛДЫ**

3 **АЛҒАШҚЫ РЕТ ЕНГІЗІЛДІ**

4 Типтік оқу бағдарламасы **5В070900 Металлургия** мамандығы бойынша мемлекеттік жалпыға міндетті білім беру стандартына сәйкес әзірленген хаттама №1 22.10.2014.

5 Бағдарламаны баспаға ұсынған оқу әдістемелік секциясы хаттама №5 07.07.2016 г.

 Осы типтік бағадарламаны Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің рұқсатынсыз көбейтуге және таратуға болмайды

**МАЗМҰНЫ**

|  |
| --- |
| **Базалық пәндер** |
| 1 | Техника дамуының және металлургиялық өндіріс технологиясының қазіргі үрдістері | 4 |
| 2 | Металлургияда физика-химиялық және термодинамикалық үрдістерді модельдеу | 10 |
| 3 | Современные тенденции развития техники и технологии металлургического производства | 16 |
| 4 | Моделирование физико-химических и термодинамических процессов в металлургии | 22 |

**SRTMP 7201 – ТЕХНИКА ДАМУЫНЫҢ ЖӘНЕ МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ӨНДІРІС ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ҮРДІСТЕРІ**

**3жыл - 1 кредит**

**Авторлары:**

Профессор, т.ғ.к. Торговец А.К., профессор, т.ғ.к. Шишкин Ю.И.

**Рецензенттер:**

Артыкбаев О.А.

Қарағанды мемлекеттік индустрильды университетінің «Металлургия және материалтану» кафедрасының профессоры, т.ғ.к.

Ким В.А.

Ж. Әбішев атындағы Химиялық-металлургиялық институтының «Шойын металлургиясы және отын» зертханасының меңгерушісі т.ғ.д.

**Түсініктеме жазба**

**Пәннің мақсаты** – оқитын докторанттарға қара және түсті металдар өндірісінің қазіргі деңгейдегі технологиялық және теориялық негізі бойынша терең білімді жеткізу, олардың жаңа және келекшегі технологиялар мен металөнімін алу үшін қолданылатын конструктивті элементтер маңайында меңгеруін тереңдету, қиын технологиялық және конструктивті есептерде шешім қабылдау қабілетін, соның ішінде ұйымдарда және жұмыс істейтін зауыттарда және келешекті тәжірибелі, тәжірибелі өндірістік комплекстерде қиын ғылыми зерттеулер жүргізуі бойынша ұйымдастыруқажеті болып табылады.

**Тәртіптің** байқауының мақсаттарымен үдерістің ортақ заңдылығының, және оның сындарлы өзгешеліктерінің ара металлургиялық агрегаттарда өтіп кет- игерушілігі, технологиялық және техникалық есептің әдістемесінің игерушілігі, арада т.ч. болып табылады, мен қарқындандырумен тоқулы өтіп кет- үдерістердің ара қазіргі агрегаттарда.

**Пәннің мазмұны**

**1 Қысқаша қағиданың және металлургиялық өндіріс технологиясының мінездемесі.**

Өнім сапасының сипаттамасына талаптар тізімі. Технологиялық үдерістер және агрегат құрылысының қазіргі заманға сай негізгі бағытталуы. Жетістіктер, келешекті бағыттар.

**2 Домнадан тыс (кокссыз) металлургия.**

COREX – үдерісінде өндіру технологиясы. Құрылысы мен технология негізі. Техникалық - экономикалық көрсеткіштері.

**3 Болат өндірісі**

Металшихтасының жаңа түрлері. Суперком (синтикаль). Алу тәсілі. Химиялық құрамы. Жетістіктері. Синтиком құрамындағы қосымша реагенттер, олардың берілуі. Синтикомды қолдануының экономикалық тиімділігі. XXI ғасырдағы металшихтамен қамтамасыздандыру негізі.

Қосарланған үрлемедегі конвертерлік үдерісі.

Қосарланған үдерістердің жіктелуі.

Отын қолданылатын үдерістер (лом шығынының артуымен). KMS, PSM, MEFOS, ALCI, ГКР және басқа үдерістер. Технология негізі. Энергия тасығыштардың қолданылуы. Үдерістердің жетістері мен кемшіліктері. Оттекті – конвертерде балқыту жүргізудегі жаңа технологиялық қабылдаулар.

Пульсаторлы үрлеменің қолданылуы. Пульсатордың құрылысы. Пульсатордың қолайлы жиілігін анықтау. Пульсаторлы үрлеменің экономикалық бағалануы.

Оттектің циклді шығынындағы конвертер балқымасының технолгиясы. Тасталымдардың жорамалдау жүйесі. Техникалық экономикалық көрсеткіштер.

Коррозияға төзімді болат өндірісі.

АОД - үдерісі. Конвертердің құрылыстық көркемделуі. «Астынан» үрлеу режимі. Көміртегі мен хромның температура мен СО газының парциальді қысымынан тепе-теңдік тәуелділігі. Үдерістің жетістіктері мен кемшіліктері. АОД –үдерісін қазіргі заманға сай ету. АОД-СВ, КЛУ, KSB-S, VOD-C – үдерістері.

Бір агрегатта конвертер мен электрлі пештің комбинатциясы. Arcon агрегатының құрылысының незігі. Балқыту технологиясы. Үдерістің жетістіктері.

Қазіргі конвертер өндірісінің модификациясы. Аглодомналық –конвертерлік жоғары сапалы болаттардың комплексті энергия және ресурс жинақтау технологиясы.

**4 Электрлі пештерде болат өндіру**

Қазіргі ДБП құрылысының негізі. ДБП құрылысының және металды шығару сүлбесі (сифоном, через донное отверстие, через отверстие в оркере).

Қазіргі ДБП балқыту технологиясының нұсқалары.

- шлакқұраушы коспалармен ваннаға үрлеу.

- балқытуды біршлакты үдеріспен жүргізу.

- «батпақта» жұмыс (сұйық бастау).

- электроэнергия шығынының төмендету жолдары.

ДБП-нің жаңа құрылымы.

- отынды-доғалы болат балқыту агрегаты.

- екі электродты доғалы тұрақты тоқты пеш.

- ДБП тұрақты тоқты Comeet.

- шахталы доғалы пеш.

Үздіксіз тұрақты металшихтасын тиейтін ДБП Consteel.

Екі корпусті және екі шахталы ДБП. Технология негізі. Экология проблемасы.

**5 Болатты пештен тыс өңдеу**

Болатты пештен тыс өңдеу кезіндегі қолданылатын физика-химиялық тепе-теңдіктің негізгі заңдары. Қоспалары өте төмен мөлшерлі болатты алудың термодинамикалық шарты.

Болатты пештен тыс өңдеудің қазіргі заманғы комбинирленген (үйлестірілген) тәсілдері (LD – үдерісі, АР-үдерісі және УКОС және т.б.). Жабдықтың конструктивтік (құрылыстық) ерекшеліктері және өңдеу технологиясы. Экологиялық мәселелері.

**6 Болатты үздіксіз құю**

Үздіксіз құюдың дәстүрлі тәсілдерінің қазіргі уақыттағы күйінің жалпы бағасы. Кристаллизаторлардың (кристалдаушылардың) құрылысын жаңғырту және олардың су айдау жүйесі. Жаңа материалдар. Білікті, таспалы және конвертерлік типтердің қондырғылары. Прокатпен (илекпен) ДҮҚМ біріктіруі.

ДҮҚМ-да құюдың инновациялық теориясы.

Кристалданатын металдағы сыртқы әсер етудің тәсілдері (ЭМҚ, діріл, күлгіндыбыс және электрлік разрядтар және т.б.). Тиеу стақандарын пайдаланудың жаңа қолданыстары.

**7 Үздіксіз әректтегі агрегаттарындағы болат өндірісі (ҮЭАБ)**

ҮЭАБ құрылысы. Бір стадиялы және көп стадиялы агрегаттар. Қондырғынң технологиялық сүлбесі. Металл қолдықтарын қайта балқыту. ДБП және шахталы пештерді қолдану. EOF, Consteel және т.б. үдерістер. ҮЭАБ даму жетістіктері. ALPHER үрдісінің сүлбесі. Күкірт және фосфорды жою.

**8 Түсті металдар өндірісі**.

Түсті металдарды алу принциптері мен әдістері. Тотығу-тотықсыздану үдерістері теориясының негіздері. Ұшпалық үдерістер. Мысты алудың пирометаллургиялық тәсілі.

Кедей сульфидтік кеннен штейнді балқытудың автогендік үрдерістері. Қыздыру көздері. Сұйық астауда балқыту (САБ), аспалы күйде балқыту. «Oyrokumny» тәсілі «Норанда» үдерісі. Үдерістің технологиялық және конструктивтік ерекшеліктері.

Металдар өндірісінің хлоридтік әдістерінің негіздері. Көміртегінің атқаратын рөлі. Магний және титан өндірісі.

Алюминий өндірісінің қазіргі сүлбесі және күйі. Алюминийлі қорытпалар алудың теориялық тәсілдері.

Екінші реттік түсті металдардың металлургиясы. Екінші реттік мыстық, алюминийдің, қорғасынның, қалайының және басқа екніші реттік шикізат өндірісі.

Ресурсты (қорды) сақтау және экология мәселесі.

**Машықтану сабақтарының жобаланған тақырыбтарының тізімі**

1. Тотықсыздану үдерісінің металды-жылулық балансын есептеу.
2. Шихтаны көміртегімен тікелей тотықсыздандыру үдерсінің есептері.
3. Қосарланған үрлеме кезінде конвертер ваннасының қуатын ауыстыру есебі.
4. Қосарланған үрлемедегі конвертерге үрлеу қондырғысының параметрлерін есептеу.
5. ҮЭАБ жабдығының контруктивті элементтерін есептеу.
6. ҮЭАБ жабдығының бөлек элементтерінің параметрлерін есептеу.
7. Пеш-ожау жабдығында металды өңдеу кезіндегі шлактың (қоқыстың) қажет мөлшерінің өндірісін есептеу.
8. Вакууматорлардың конструктивтік параметрлерін есептеу.
9. Болатты өңдеудің қосарланған тәсілдері кезіндегі инертті газдың мөлшерін есептеу.
10. ДҮҚМ құрылымдық және технологиялық параметрлерін есептеу.
11. Шағылытқыш пешінде мыс штейнінің конвертерлеу балқымасы арқылы жүретін материалдық және жылулық баланстарын есептеу. Никель агломератының штейнге шахталы балқыту үшін шихта есебін құрастыру. Шахталы қорғасын агломератының балқытудағы материалдық және жылулық баланстар есебі. Қорғасын агломератын шахталы балқытудағы цинктің сұйық булану арқылы жүретін материалдық және жылулық баласындағы шихта құру есептері. Бокситтердің жіктелуі. Байер үдерісі арқылы глинозем өндірісі.
12. Глиноземнан магний мен алюминийді электролиттік өндіру бойынша есептер. Темір және кремний бар болған кездегі алюминийдің көміртекті тотықсыздану термодинамикасы. Алюминий, кремний және темір негізінде құйма балқытудағы материалдық және жылулық баланстар есебі. Ильменит байытпасынан титанды шлак алу шихтасын құру есебі.
13. Титан шлагын хлорлау есебі. Титанның алюминотермиялық тотықсыздану шихта құру есебі. Шаюдан кейінгі сулы ерітіндіден уранның айырылу көрсеткіштерінің есебі. Силикотермиялық тәсілмен ферровольфрамды балқыту шихтасын құру және материалдық баланс есептері.
14. Металлотермиялық тәсілмен ферромолибден балқытудағы шихта құру, материалдық және жылулық баланс есептері.

**Өздік жұмыс**

Ұсынылған пән докторанттармен өздігімен жұмыс істеуіне, яғни оқулықтарды, оқулық құралдарын, пеиодты шығарылымдарды және қазіргі мәлімет жүйесін қолдана отырып берілгендерге әдебиеттік талдау жасауға қарастырылған. Өздік жұмыс пән бойынша дәрісханадан алған білімді тереңдетуге бағытталған.

**Әдебиет**

**Негізгі**

1. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.м. Общая металлургия. – М.: ИКЦ «Академкнига». 2002. – 786с.
2. Арсентьев М.П., Яковлев В.В., Крашенинников М.Г. и др. Общая металлургия. – М: металлургия. 1986.-360 с.
3. Явойский В.И., Кряковский Ю.В., Григорьев ВП. и др. Металлургия стали. М. «Металлургия», 1983, 583 с. с илл.
4. Бигеев А.М, Бигеев В.А., Металлургия стали. Магнитогорск, МГТУ, 2000 – 542 с.

5. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали. – М.: Мир. 2003 – 528с.

6. Борнацкий И.И., Михневич В.Ф., Яргин С.А. Производство стали. М.: Металлургия.1991. – 400 с.

7. Соколов Г.А. Производство стали. М., «Металлургия», 1982, 496с. с илл.

8. Шишкин Ю.И., Торговец А.К., Григорова О.А. Теория и технология конвертерных процессов. Алматы. Гылым. 2006. – 192 с.

9. Борнацкий И.И., Михневич В.Ф. Яргин С.А. Производство стали. М., “Металлургия”, 1991, 400 с.

10. Шишкин Ю.И., Лукин Г.П. Металлургические расчеты, Алматы РИК. 2002. – 115с.

11. Рысс М.А. Производство ферросплавов.-М:Металлургия. 1985. -344с.

12. Попель С.И., Сотников А.И., Бороненков В.Н. Теория металлургических процессов.-М:Металлургия, 1986.-464с.

13.Торговец А.К., Шишкин Ю.И. Артыкбаев О.А. Теория, технология и оборудование внепечной обработки металлов.-Алматы.: Гылым, 2004.-273с.

14. Общая металлургия (металлургия черных и цветных металлов). Под редакцией Е.В.Челищева.-М:Металлургия,1971.-480с.

15. Уткин Н.И. Производство цветных металлов.- М.: « Инжиниринг», 2002.-443с.

16. Поволоцкий Д.Я., Кудрин В.А., Вишкарев А.Ф. Внепечная обработка стали. М.: МИСиС, 1995. - 256 с.

17. Кудрин В.А. Внепечная обработка чугуна и стали. - М.: Металлургия. 1992.-236с.

18. Вегман Е.Ф., Жеребин Б.Н., Похвиснев А.Н. и др. Металлургия чугуна. М.:Академкнига, 2004.-77с.

19.Лякишев Н.П., Шалимов А.Г. Развитие технологии непрерывной разливки стали. М.: Элиз, 2002-208с.

**Қосымша**

1. Ишмухамедов Н.К. Черная металлургия Казахстана. Алматы.: НИЦ. «Гылым», 2002.-50с.
2. Электрометаллургия стали и ферросплавов. Под редакцией ПоволоцкогоД.Я. М.: Металлургия, 1984.-438с.
3. Гасик М.И., Лякишев Н.П. Емлин Б.И. Теория и технология производства ферросплавов. –М.:Металлургия,1988. – 784с.
4. Явойский В.И, Левин С.Л., Баптизманский В.И. и др. Металлургия стали.М.:Металлургия, 1973.-816с. с илл.
5. Меджибожский М.Я. Основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов. Киев, “Виша школа”, 1979, 276 с. с илл.
6. Линчевский Б.В., Соболевский А.Л., Кальменев А.А. Металлургия черных металлов. – М.: Металлургия, 1986. – 360с.

**FHTP 7202 – МЕТАЛЛУРГИЯДА ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ҮРДІСТЕРДІ МОДЕЛЬДЕУ**

**3жыл - 2 кредит**

**Авторлары:**

Профессор, т.ғ.к. Торговец А.К., профессор, т.ғ.к. Шишкин Ю.И.

**Рецензенттер:**

Артыкбаев О.А.

Қарағанды мемлекеттік индустрильды университетінің «Металлургия және материалтану» кафедрасының профессоры, т.ғ.к.

Ким В.А.

Ж. Әбішев атындағы Химиялық-металлургиялық институтының «Шойын металлургиясы және отын» зертханасының меңгерушісі т.ғ.д.

**Түсініктеме жазба**

Пәнді оқу мақсаты докторанттарды химиялық термодинамиканың салыстырмалы жаңа бөлімімен таныстыру болып табылады: тепе-теңдік күйде органикалық емес жүйелер құрамы мен қасиетін анықтау, яғни, зерттеудің жаңа әдісімен және құралымен.

Пәнді оқудың тапсырмалары болып әр түрлі теориялық және қолданбалы тапсырмаларды шешу сияқты термодинамикалық бағыттың әдістемесін зерттеу болып табылады. Негізгі бағыттар – белгілі тепе-теңдік диаграмма күйлерін түзеу және жаңаларын құру; бу газды фазадан тұндыруды және әр түрлі подложкаларда берілген құрамның пленкаларының пайда болуын модельдеу; синтез шарттарын анықтау, жоғары температуралық биік өткізгіштердің термодинамикалық тұрақтылықтары, температураны өзгерту кезінде әр түрлі функционалдық және конструкциялық материалдармен жоғары температуралық биік өткізгіштердің термодинамикалық тұрақтылықтарының байланысу нәтижелерін болжау, газды фазаның қысымы және құрамы; тұрақты тоқтың доғасында, жалында, төмен температуралы плазмада элементтерді автоматтандыру және иондалу дәрежелерінің аналитикалық мақсаттары үшін болжамды анықтамасы.

**Пәннің мазмұны**

**1 Домнадан тыс (кокссыз) металлургия.**

Сүлбе бойынша технологиялық үдерістердің негізі: 1- кен – кеуекті темір – болат; 2 – кен – шойын. Қатты және сұйық фазалы тотықсыздану үдерістері. ОЭМК. COREX – үдерісінде өндіру технологиясы.

**2 Болат өндірісі**

Болатты құю үрдістерін модельдеу. Сұйық ваннадағы аралық ожау және кристаллизатордағы металл емес қосындылардың міңез-құлығы. Болатты рафинирлеудің әр түрлі технологиялық әдістерінің мүмкіндігі. Металл өндірісің, құюды және қатаюды ілестіретін физика-химиялық және термодинамикалық үрдістердің сипаттамасы. Металл сапасына және оның физика-механикалық қасиеттеріне ықпал ететін факторларды модельдеу және сәйкестендіру. Зерттеудің жаңа түрлерімен әдістерін дайындау. Шын технологиялық операцияларды және агрегаттарды автоматтандыруға мүмкіндік беретін арнайы технологиялық операцияларды модельдеу.

**3 Электр болат балқыту өндірісі**

Электр болат балқыту өндірісі дамуының қазіргі жағдайымен болашағы. Доғалық электр пештерінде балқыту кезіндегі есептің қазіргі әдістері. Дефосфорация үрдісінің физика-химиялық ерекшеліктері. Вакуумды балқудың физика-химиялық негіздері: көміртегінің қалпына келу мүмкіндігі, Металл емес қосындылардың міңез-құлығы, дегазация, металдың футеровкамен өзара іс-әрекеті, қышқылсыздандыру, булану.

**4 Әр түрлі болат балқыту агрегаттарында болат өндірісі кезінде жүретін физика-химиялық үрдістер**

Сұйық ерітінділерде қатты металдардың еру кинетикасы. Оттекті конфертерлі үрдістер кезінде металдық ваннаның тотығу кинетикасы және термодинамикасы. Көміртегінің тотығуы. Ваннада шлак түзуші компоненттерінің тотығуы.

**5 Ферроқорытпалар өндірісі**

Ферроқорытпаларды алу үрдістерін сыныптау ферроқорытпа өнеркәсібінің қазіргі жағдайы және болашағы.

Карботермиялық үрдістер. Көмітегі тотықтарының қайта қалпына келудің физика-химиялық негіздері. Кремнийдің қайта қалпына келуі. Кремний моноокисінің және кремний карбидінің рөлі. Оттегі және силикаттардан марганецтің қайта қалпына келуі. Марганец карбидтерінің рөлі. Хромды кең оттектерінен хромның және басқа элементтердің қайта қалпына келуі.

Металлды термиялық үрдістер, металлотермияның физика-химиялық негіздері. Шихтаны есептеу әдісі және металлды термиялық үрдістердің жылулық балансын құру. Вакуумды-термиялық үрдістер, физика-химиялық негіздері. Вакуумды балқу және вакуум астындағы сұйық ферроқорытпаларды өндеу.

Азотталған ферроқорытпалар. Қатты және сұйық күйде ферроқорытпа элементтерімен азот байланысуының физика-химиялық негіздері.

**6 Түсті металдар өндірісі**.

Түсті металдарды алу принциптері мен әдістері. Тотығу-тотықсыздану үдерістері теориясының негіздері. Ұшпалық үдерістер. Мысты алудың пирометаллургиялық тәсілі.

Кедей сульфидтік кеннен штейнді балқытудың автогендік үрдерістері. Қыздыру көздері. Сұйық астауда балқыту (САБ), аспалы күйде балқыту. «Oyrokumny» тәсілі «Норанда» үдерісі. Үдерістің технологиялық және конструктивтік ерекшеліктері.

Металдар өндірісінің хлоридтік әдістерінің негіздері. Көміртегінің атқаратын рөлі. Магний және титан өндірісі.

Алюминий өндірісінің қазіргі сүлбесі және күйі. Алюминийлі қорытпалар алудың теориялық тәсілдері.

Екінші реттік түсті металдардың металлургиясы. Екінші реттік мыстық, алюминийдің, қорғасынның, қалайының және басқа екніші реттік шикізат өндірісі.

Ресурсты (қорды) сақтау және экология мәселесі.

**Машықтану сабақтарының жобаланған тақырыбтарының тізімі**

1. Термодинамиканың кейбір түсініктемелері және қатынастары.Химиялық реакциялардың термодинамикалық сипаттамалары.
2. Жеке термодинамикалық талдау жүйесінің бөлек химиялық реакциялардың тепе-теңдік күйі. Органикалық емес қосындылардың темодинамикалық қасиеттерін есептеу әдістері.
3. Екі компонентті жүйеде термодинамиканы есептеу әдістері. Ауыспалы құрамды фаза үшін жалпы термодинамикалық қатынастары.
4. Органикалық емес жүйелерде тепе-теңдік күйлерін анықтау әдістері (толық термодинамикалық талдау). Артық термодинамикалық фунциялар. Активтілік. Араластырылған ерітінділер.
5. Органикалық емес жүйелерде тепе-теңдік күйлерін анықтау әдістері (толық термодинамикалық талдау). Бинарлы жүйелерде термодинамикалық функциялардың концентрационды байланысының аналитикалық білдіру.
6. Шекаралы бинарлы жүйелердің берілгендері негізінде үш компонентті жүйеде термодинамикалық функцияларды есептеу әдістері.
7. Химиялық реакциялар және жеке заттардың Гиббс энергиясын есептеу
8. Фазалық және химиялық тепе-теңдіктердің термодинамикалық есептері.
9. Органикалық емес жүйелерде тепе-теңдік күйлерін анықтау әдістері. Термодинамиканың оқшауланған қайта жүйеде және вариациялық принциптерінде максималды энтропияға жету негізіндегі әмбебап әдістері.

**Әдебиет**

**Негізгі**

1. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия. – М.: ИКЦ «Академкнига». 2002. – 786с.

2. Арсентьев М.П., Яковлев В.В., Крашенинников М.Г. и др. Общая металлургия. – М: металлургия. 1986. – 360 с.

3. Явойский В.И., Кряковский Ю.В., Григорьев ВП. и др. Металлургия стали. М. «Металлургия», 1983, 583 с. с илл.

4. Бигеев А.М, Бигеев В.А., Металлургия стали. Магнитогорск, МГТУ, 2000 – 542 с.

5. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали. – М.: Мир. 2003 – 528с.

6.Борнацкий И.И., Михневич В.Ф., Яргин С.А. Производство стали. М.: Металлургия, 1991. – 400 с.

7.Соколов Г.А. Производство стали. М., «Металлургия», 1982, 496с. с илл.

8.Шишкин Ю.И., Торговец А.К., Григорова О.А. Теория и технология конвертерных процессов. Алматы. Гылым. 2006. – 192 с.

9. Борнацкий И.И.,. Михневич В.Ф, Яргин С.А. Производство стали. М., “Металлургия”, 1991, 400 с.

10. Шишкин Ю.И., Лукин Г.П. Металлургические расчеты, Алматы РИК. 2002. – 115с.

11. Рысс М.А. Производство ферросплавов.-М:Металлургия. 1985. -344с.

12.Торговец А.К., Шишкин Ю.И. Артыкбаев О.А. Теория, технология и оборудование внепечной обработки металлов.-Алматы.: Гылым, 2004. – 273с.

13.Уткин Н.И. Производство цветных металлов.- М.: « Инжиниринг», 2002.-443с.

14. Поволоцкий Д.Я., Кудрин В.А., Вишкарев А.Ф. Внепечная обработка стали. М.: МИСиС, 1995. - 256 с.

15. Кудрин В.А. Внепечная обработка чугуна и стали. - М.: Металлургия. 1992.-236с.

16. Вегман Е.Ф., Жеребин Б.Н., Похвиснев А.Н. и др. Металлургия чугуна. М.:Академкнига, 2004.-77с.

17. Минеев Г.Г. Биометаллургия золота. М., «Металлургия» , 1989. -159с.

18. Худяков И.Ф., Дрошкевич А.П., Карелов С.В. Металлургия вторичных тяжелых цветных металлов, 1987.- 528с.

19. Лякишев Н.П., Шалимов А.Г. Развитие технологии непрерывной разливки стали. М.: Элиз, 2002. -208с.

**Қосымша**

1. Ишмухамедов Н.К. Черная металлургия Казахстана. Алматы.: НИЦ. «Гылым», 2002.-50с.

2. Электрометаллургия стали и ферросплавов. Под редакцией ПоволоцкогоД.Я. М.: Металлургия, 1984.-438с.

3. Гасик М.И., Лякишев Н.П. Емлин Б.И. Теория и технология производства ферросплавов. –М.:Металлургия,1988.-784с.

4. Явойский В.И, Левин С.Л., Баптизманский В.И. и др. Металлургия стали.М.:Металлургия 1973.-816с. с илл.

5. Меджибожский М.Я. Основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов. Киев, “Виша школа”, 1979, 276 с. с илл.

6. Линчевский Б.В., Соболевский А.Л., Кальменев А.А. Металлургия черных металлов. – М.: Металлургия, 1986. – 360с.

**ПРЕДИСЛОВИЕ**

**1. РАЗРАБОТАНЫ И ВНЕСЕНЫ** РГП«Карагандинский государственный индустриальный университет»

**2. УТВЕРЖДЕНЫ** и **ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ** протокольным решением заседания Республиканского Учебно-методического совета высшего и послевузовского образования от 30.06.2016 г.

**3. ВВЕДЕНЫ ВЗАМЕН** типовых учебных программ, утвержденных и введенных в действие на заседании Республиканского Учебно-методического совета, протокол №1 от 22.10.2014.

**4.** Программа рекомендована к изданию учебно-методической секцией «Металлургия», Протокол №5 от 07.07.2016 г.

Настоящая программа не может быть тиражирована и распространена без разрешения Министерства образования и науки Республики Казахстан.

**SRTMP 7201– СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ ИТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**3 года - 1 кредит**

**Авторы:**

д.т.н., профессор Нурумгалиев А.Х., к.т.н., проф. Торговец А.К.,

к.т.н., профессор Шишкин Ю.И.,

**Рецензенты:**

к.т.н., профессор Артыкбаев О.А.

Карагандинский государственный индустриальный университет

д.т.н., профессор Ким В.А.

зав. лабораторией «Металлургия чугуна и топлива» Химико-металлургического института им. Ж. Абишева

**Пояснительная записка**

**Целью** преподавания дисциплины является необходимость преподнести обучающимся докторантам глубокие знания по основным теоретическим и технологическим положениям современного уровня производства черных и цветных металлов, углубить их познания в области новейших и перспективных технологий и конструктивных элементов агрегатов для получения металлопродукции, привить навыки решения сложных технологических и конструктивных задач, в т.ч. по организации и проведению сложных научных экспериментов на действующих металлургическихзаводах и перспективных опытных и опытно-промышленных комплексах.

**Задачами** изучения дисциплины являются освоение общих закономерностей процессов, протекающих в металлургических агрегатах и их конструктивных особенностей, освоение методик технологических и технических расчетов, в т.ч., связанных с интенсификацией протекающих процессов в современных агрегатах.

**Содержание дисциплины**

**1 Краткая характеристика теории и технологии металлургического производства**. Перечень требований к качественным характеристикам продукции. Основные направления совершенствования технологических процессов и конструкций агрегатов. Достижение, перспективные направления.

**2 Внедоменная (бескоксовая) металлургия**.

Особенности технологических процессов по схемам: I – руда – губчатое железо – сталь; II – руда – чугун. Процессы твердо – и жидкофазного восстановления. Технология производства на ОЭМК. COREX – процесс. Особенности конструкции и технологии. Технико – экономические показатели

**3. Производство стали**

Новые виды металлошихты. Суперком (синтикаль). Способ получения. Химический состав. Достоинства. Дополнительные реагенты в составе синтикома, их назначение. Экономическая эффективность использования синтикома. Особенности обеспечения металлошихтой в XXI веке.

Конвертерные процессы с комбинированной продувкой. Классификация комбинированных процессов.

Процессы с использованием топлива (с увеличенным расходом лома). Процессы KMS, PSM, MEFOS, ALCI, ГКР и др. Особенности технологии. Используемые энергоносители. Достоинства и недостатки процессов. Новые технологические приемы ведения кислородно-конвертерной плавки.

Применение пульсирующего дутья. Конструкции пульсаторов. Определение оптимальной частоты пульсатора. Экономическая оценка пульсирующей продувки.

Технология конвертерной плавки с циклическим расходом кислорода. Системы прогнозирования выбросов. Технико-экономические показатели.

АОД-процесс. Конструктивное оформление конвертера. Режим «придонного» дутья. Зависимость равновесных значений углерода и хрома от температуры и парциального давления СО. Достоинства и недостатки процесса. Усовершенствование АОД – процесс. АОД-СВ, КЛУ, KSB-S, VOD-C – процессы.

Комбинация конвертера и электропечи в одном агрегате. Особенности конструкции агрегата Arcon. Технология плавки. Достоинства процесса.

Модификация современного конвертерного производства. Комплексная энерго – и ресурсосберегающая технология аглодоменно-конвертерного высококачественных сталей.

**4 Производство стали в электропечах**.

Конструктивные особенности современных ДСП. Схемы конструкций ДСП и выпуска металла (сифоном, через донное отверстие, через отверстие в оркере).

Варианты технологий плавки в современных ДСП

- продувка ванны шлакообразующими смесями.

- ведение плавки одношлаковым процессом.

- работа на «болоте» (жидкий старт).

- пути снижения расхода электроэнергии.

Новые конструкции ДСП.

- топливно-дуговой сталеплавильный агрегат;

- двухэлектродная дуговая печь постоянного тока;

- ДСП постоянного тока Comeet;

- шахтная дуговая печь;

ДСП Consteel постоянного с непрерывной загрузкой металлошихт.

Двухкорпусные и двухшахтные ДСП. Особенности технологии. Проблемы экологии.

**5 Внепечная обработка стали**

Основные законы физико-химического равновесия, используемые при внепечной обработке стали. Термодинамические условия получения стали с низким и сверхнизким содержанием примесей.

Современные комбинированные способы внепечной обработки стали (LF – процесс, АР – процесс, и УКОС и др. Конструктивные особенности установок и технология обработки. Проблемы экологии.

**6 Непрерывная разливка стали**

Общая оценка современного состояния традиционных способов непрерывной разливки. Совершенствование конструкций кристаллизаторов и систем их качания. Новые материалы. Установки валкового, ленточного и конвертерного типов. Совмещение МНЛЗ с прокаткой.

Инновационные технологии разливки на МНЛЗ. Способы внешних воздействий на кристаллизующийся металл (ЭМЫ, вибрация, ультразвук и электрические разряды и др.). Новые приемы использования погружных стаканов.

**7 Производство стали в агрегатах непрерывного действия (САНД)**

Конструкции САНД. Одностадийные и многостадийные агрегаты. Технологическая схема установок. Переплав металлолома. Использование ДСП и шахтных печей. Процессы EOF, Consteel и др. Перспективы развития САНД. Схема процесса ALPHER. Удаление серы и фосфора.

**8 Производство цветных металлов**

Принципы и методы получения цветных металлов. Основы теории окислительно-восстановительных процессов. Возгоночные процессы. Пирометаллургический способ получения меди.

Автогенные процессы выплавки штейна из бедных сульфидных руд. Источники нагрева. Плавка в жикой ванне (ПЖВ), плавка во взвешенном состоянии. Способ «Oyrokumny» процесс «Норанда». Технологические и конструктивные особенности процессов.

Основы хлоридных методов производства металлов. Роль углерода. Производство магния и титана.

Современные схемы и состояние алюминиевого производства. Термические способы получения алюминиевых сплавов.

Металлургия вторичных цветных металлов. Производство вторичной меди, алюминия, свинца, олова и др. из вторичного сырья.

Биометаллургия. Производство аморфных и микрокристаллических металлов и сплавов.

Проблемы ресурсосбережения и экологии.

**Примерный перечень тем практических и семинарских занятий**

1. Расчет материально-теплового баланса восстановительного процесса.
2. Расчеты процессов прямого восстановления шихты углеродом.
3. Расчет мощности перемешивания конвертерной ванны при комбинированной продувке.
4. Расчет параметров дутьевых устройств конвертеров комбинированного дутья.
5. Расчет конструктивных элементов установок САНД.
6. Расчет параметров отдельных элементов установок САНД.
7. Расчет производства необходимого количества шлака при обработке металла на установках печь-ковш.
8. Расчет конструктивных параметров вакууматоров.
9. Расчет количества инертного газа при комбинированных способах обработки стали.
10. Расчет конструктивных и технологических параметров МНЛЗ.
11. Расчеты отражательной плавки медного штейна с материальным и тепловым балансом согласованной с конвертированием штейна. Расчет состава шихты для шахтной плавки никелевого агломерата на штейн. Расчеты по шахтной плавке свинцового агломерата с материальным и тепловым балансом. Расчет состава шихты шахтной плавки свинцово-цинкового агломерата с жидкостной конденсацией цинка с материальным и тепловым балансом. Классификация бокситов, производство глинозема методом Байера.
12. Расчеты по электролитическому производству алюминия и магния из глинозема. Термодинамика углеродистого восстановления алюминия в присутствии железа и кремния. Расчет материального баланса и теплового баланса производства сплавов на основе алюминия, кремния и железа. Расчеты по восстановлению оксидов вольфрама водородом и углеродом. Расчет шихты выплавки титановых шлаков из ильменитового концентрата.
13. Расчеты по хлорированию титановых шлаков. Расчет состава шихты алюмотермического восстановления титана. Расчет показателей экстрактивного извлечения урана из водного раствора после выщелачивания. Расчет состава шихты и материального баланса плавки ферровольфрама силикотермическим способом.
14. Расчет состава шихты, материального и теплового баланса плавки ферромолибдена металлотермическим способом.

**Самостоятельная работа**

Предлагаемая дисциплина предусматривает выполнение докторантами самостоятельной работы, которая включает анализ литературных данных по заданной тематике с использованием учебников, учебных пособий, периодических изданий и современных информационных систем. Самостоятельная работа направлена на углубление полученных в ходе аудиторных занятий знаний по дисциплине.

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

**Основная**

1. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.м. Общая металлургия. – М.: ИКЦ «Академкнига». 2002. – 786с.
2. Арсентьев М.П., Яковлев В.В., Крашенинников М.Г. и др. Общая металлургия. – М: металлургия. 1986.-360 с.
3. Явойский В.И., Кряковский Ю.В., Григорьев ВП. и др. Металлургия стали. М. «Металлургия», 1983, 583 с. с илл.
4. Бигеев А.М, Бигеев В.А., Металлургия стали. Магнитогорск, МГТУ, 2000 – 542 с.

5. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали. – М.: Мир. 2003 – 528с.

6.Борнацкий И.И., Михневич В.Ф., Яргин С.А. Производство стали. М.: Металлургия.1991. – 400 с.

7.Соколов Г.А. Производство стали. М., «Металлургия», 1982, 496с. с илл.

8.Шишкин Ю.И., Торговец А.К., Григорова О.А. Теория и технология конвертерных процессов. Алматы. Гылым. 2006. – 192 с.

9.Борнацкий И.И., Михневич В.Ф. Яргин С.А. Производство стали. М., “Металлургия”, 1991, 400 с.

10.Шишкин Ю.И., Лукин Г.П. Металлургические расчеты, Алматы РИК. 2002. – 115с.

11.Рысс М.А. Производство ферросплавов.-М:Металлургия. 1985. -344с.

12.Попель С.И., Сотников А.И., Бороненков В.Н. Теория металлургических процессов.-М:Металлургия, 1986.-464с.

13.Торговец А.К., Шишкин Ю.И. Артыкбаев О.А. Теория, технология и оборудование внепечной обработки металлов.-Алматы.: Гылым, 2004.-273с.

14. Севрюков Н.Н., Кузьмин Б.А., Челищев Е.В. Общая металлургия.-М.:Металлургия, 1976.-568с.

15.Общая металлургия (металлургия черных и цветных металлов). Под редакцией Е.В.Челищева.-М:Металлургия,1971.-480с.

16.Уткин Н.И. Производство цветных металлов.- М.: « Инжиниринг», 2002.-443с.

17. Поволоцкий Д.Я., Кудрин В.А., Вишкарев А.Ф. Внепечная обработка стали. М.: МИСиС, 1995. - 256 с.

18.Кудрин В.А. Внепечная обработка чугуна и стали. - М.: Металлургия. 1992.-236с.

19. Вегман Е.Ф., Жеребин Б.Н., Похвиснев А.Н. и др. Металлургия чугуна. М.:Академкнига, 2004.-77с.

20. Лякишев Н.П., Шалимов А.Г. Развитие технологии непрерывной разливки стали. М.: Элиз, 2002-208с.

**Дополнительная**

1. Ишмухамедов Н.К. Черная металлургия Казахстана. Алматы.: НИЦ. «Гылым», 2002.-50с.
2. Электрометаллургия стали и ферросплавов. Под редакцией ПоволоцкогоД.Я. М.: Металлургия, 1984.-438с.
3. Гасик М.И., Лякишев Н.П. Емлин Б.И. Теория и технология производства ферросплавов. –М.:Металлургия,1988. – 784с.
4. Явойский В.И, Левин С.Л., Баптизманский В.И. и др. Металлургия стали.М.:Металлургия, 1973.-816с. с илл.
5. Меджибожский М.Я. Основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов. Киев, “Виша школа”, 1979, 276 с. с илл.
6. Линчевский Б.В., Соболевский А.Л., Кальменев А.А. Металлургия черных металлов. – М.: Металлургия, 1986. – 360с.

**FHTP 7202– МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МЕТАЛЛУРГИИ**

**3 года - 2 кредита**

**Авторы:**

д.т.н., профессор Нурумгалиев А.Х., к.т.н., проф. Торговец А.К.,

к.т.н., профессор Шишкин Ю.И.,

**Рецензенты:**

к.т.н., профессор Артыкбаев О.А.

Карагандинский государственный индустриальный университет

д.т.н., профессор Ким В.А.

зав. лабораторией «Металлургия чугуна и топлива» Химико-металлургического института им. Ж. Абишева

**Пояснительная записка**

Целью изучения дисциплины является ознакомление докторантов с относительно новым разделом химической термодинамики: определением состава и свойств неорганических систем в равновесном состоянии, т.е. с новым методом и инструментом исследований.

Задачами изучения дисциплины являются изучение методологии термодинамического направления, как решения различных теоретических и прикладных задач. Основные направления - построение новых и коррекция известных равновесных диа­грамм состояния; моделирование осаждения из парогазовой фазы и образования пленок заданного состава на различных подложках; определение условий синтеза, термодинамической стабильности высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП), прогнозирование ре­зультатов взаимодействия ВТСП с различными функциональными и конструкционными материалами при варьировании температуры, давления и состава газовой фазы; прогнозное определение для аналитических целей степени атомизации и ионизации элементов в пламени, дуге постоянного тока, низкотемпературной плазме.

**Содержание дисциплины**

**1 Внедоменная (бескоксовая) металлургия**.

Особенности технологических процессов по схемам: I – руда – губчатое железо – сталь; II – руда – чугун. Процессы твердо – и жидкофазного восстановления. Технология производства на ОЭМК. COREX – процесс.

**2 Производство стали**

Моделирование процессов разливки стали. Поведение неметаллических включений в жидкой ванне промежуточного ковша и кристаллизатора. Возможность различных технологических приемов рафинирования стали. Описание физико-химических и термодинамических процессов, сопровождающих производство, разливку и затвердевания металла. Моделирование и идентификация факторов, влияющих на качество металла и его физико-механические свойства. Разработка новых приемов и методов исследований. Моделирование определенных технологических операций, позволяющих автоматизировать реальные технологические операции и агрегаты.

**3 Электросталеплавильное производство**

Современное состояние и перспективы развития электросталеплавильного производства. Современные методы расчета при плавке в дуговых электропечах. Физико-химические особенности процесса дефосфорации. Физико-химические основы вакуумной плавки: раскислительная способность углерода, поведение неметаллических включений, дегазация, взаимодействие металла с футеровкой, раскисление, испарение.

**4 Физико-химические процессы, протекающие при производстве стали в различных сталеплавильных агрегатах**

Кинетика растворения твердых металлов в жидких расплавах.Термодинамика и кинетика окисления элементов металлической ванны при кислородно-конвертерных процессах. Окисление углерода. Окисление шлакообразующих компонентов ванны.

**5 Производство ферросплавов**

Современное состояние и перспективы развития ферросплавной промышленности классификация процессов получения ферросплавов.

Карботермические процессы. Физико-химические основы восстановления окислов углерода. Восстановление кремния. Роль моноокиси кремния и карбида кремния. Восстановление марганца из окислов и силикатов. Роль карбидов марганца. Восстановление хрома и других элементов их окислов хромовой руды.

Металлотермические процессы, физико-химические основы металлотермии. Методика расчёта шихты и составления теплового баланса металлотермического процесса.Вакуумно-термические процессы, физико-химические основы. Вакуумная плавка и обработка жидких ферросплавов под вакуумом.

Азотированные ферросплавы. Физико-химические основы взаимодействия азота с ведущими элементами ферросплавов в твердом и жидком состоянии.

**6 Производство цветных металлов**

Принципы и методы получения цветных металлов. Основы теории окислительно-восстановительных процессов. Возгоночные процессы. Пирометаллургический способ получения меди.

Автогенные процессы выплавки штейна из бедных сульфидных руд. Источники нагрева. Плавка в жикой ванне (ПЖВ), плавка во взвешенном состоянии. Способ «Oyrokumny» процесс «Норанда». Технологические и конструктивные особенности процессов.

Основы хлоридных методов производства металлов. Роль углерода. Производство магния и титана.

Современные схемы и состояние алюминиевого производства. Термические способы получения алюминиевых сплавов.

Металлургия вторичных цветных металлов. Производство вторичной меди, алюминия, свинца, олова и др. из вторичного сырья.

Биометаллургия. Производство аморфных и микрокристаллических металлов и сплавов.

Проблемы ресурсосбережения и экологии.

**Примерный перечень тем практических и семинарских занятий**

1. Некоторые понятия и соотношения термодинамики. Термодинамические характеристики химической реакции.
2. Равновесное состояние отдельной химической реакции в системе частного термодинамического анализа. Методы приближенного расчета термодинамических свойств неорганических соединений.
3. Методы расчета термодинамических функций в двух-компонентных системах. Общие термодинамические соотношения для фаз переменного состава.
4. Методы определения равновесных состояний в неорганических системах (полный термодинамический анализ). Избыточные термодинамические функции. Активность. Разбавленные растворы.
5. Методы определения равновесных состояний в неорганических системах (полный термодинамический анализ). Аналитические выражение концетрационной зависимости термодинамической функций в бинарных системах.
6. Методы расчета термодинамических функций в трехкомпонентных системах на основании данных о граничных бинарных системах.
7. Расчет энергии Гиббса химических реакций и индивидуальных веществ
8. Термодинамические расчеты фазовых и химических равновесий.
9. Методы определения равновесных состояний в неорганических системах. Универсальный метод, основанный на достижений максимальной энтропий в изолированной преобразованной системе и вариационных принципах термодинамики.

**Рекомендуемая литература**

**Основная**

1. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А., Якушев А.м. Общая металлургия. – М.: ИКЦ «Академкнига». 2002. – 786с.

2. Арсентьев М.П., Яковлев В.В., Крашенинников М.Г. и др. Общая металлургия. – М: металлургия. 1986.-360 с.

3. Явойский В.И., Кряковский Ю.В., Григорьев ВП. и др. Металлургия стали. М. «Металлургия», 1983, 583 с. с илл.

4. Бигеев А.М, Бигеев В.А., Металлургия стали. Магнитогорск, МГТУ, 2000 – 542 с.

5. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали. – М.: Мир. 2003 – 528с.

6. Борнацкий И.И., Михневич В.Ф., Яргин С.А. Производство стали. М.: Металлургия.1991. – 400 с.

7. Соколов Г.А. Производство стали. М., «Металлургия», 1982, 496с. с илл.

8. Шишкин Ю.И., Торговец А.К., Григорова О.А. Теория и технология конвертерных процессов. Алматы. Гылым. 2006. – 192 с.

9. Борнацкий И.И.,. Михневич В.Ф,.Яргин С.А. Производство стали. М., “Металлургия”, 1991, 400 с.

10. Шишкин Ю.И., Лукин Г.П. Металлургические расчеты, Алматы РИК. 2002. – 115с.

11. Рысс М.А. Производство ферросплавов.-М:Металлургия. 1985. -344с.

12. Торговец А.К., Шишкин Ю.И. Артыкбаев О.А. Теория, технология и оборудование внепечной обработки металлов.-Алматы.: Гылым, 2004. – 273с.

13.Уткин Н.И. Производство цветных металлов.- М.: « Инжиниринг», 2002.-443с.

14. Поволоцкий Д.Я., Кудрин В.А., Вишкарев А.Ф. Внепечная обработка стали. М.: МИСиС, 1995. - 256 с.

15. Кудрин В.А. Внепечная обработка чугуна и стали. - М.: Металлургия. 1992.-236с.

16. Вегман Е.Ф., Жеребин Б.Н., Похвиснев А.Н. и др. Металлургия чугуна. М.:Академкнига, 2004.-77с.

17. Минеев Г.Г. Биометаллургия золота. М., «Металлургия» , 1989. -159с.

18. Худяков И.Ф., Дрошкевич А.П., Карелов С.В. Металлургия вторичных тяжелых цветных металлов, 1987.- 528с.

19. Лякишев Н.П., Шалимов А.Г. Развитие технологии непрерывной разливки стали. М.: Элиз, 2002. -208с.

**Дополнительная**

1. Ишмухамедов Н.К. Черная металлургия Казахстана. Алматы.: НИЦ. «Гылым», 2002.-50с.

2. Электрометаллургия стали и ферросплавов. Под редакцией ПоволоцкогоД.Я. М.: Металлургия, 1984.-438с.

3. Гасик М.И., Лякишев Н.П. Емлин Б.И. Теория и технология производства ферросплавов. –М.:Металлургия,1988.-784с.

4. Явойский В.И, Левин С.Л., Баптизманский В.И. и др. Металлургия стали.М.:Металлургия 1973.-816с. с илл.

5. Меджибожский М.Я. Основы термодинамики и кинетики сталеплавильных процессов. Киев, “Виша школа”, 1979, 276 с. с илл.

6. Линчевский Б.В., Соболевский А.Л., Кальменев А.А. Металлургия черных металлов. – М.: Металлургия, 1986. – 360с.